

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,
INFORMÁTICA Y MECÁNICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



**“ESTUDIO DE LA CARGABILIDAD EN LAS REDES DEL AMT QU04 CON LA
INCORPORACIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LA CIUDAD DEL CUSCO
PROYECTADO DESDE EL AÑO 2018 AL 2022”**

PRESENTADO POR:

Br. Diego Eduardo Vera López

Br. Glenhs Darío Puma Polanco

**TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRICISTA**

ASESORA: Ing. Mary Elisa Barrionuevo Prado

CUSCO-PERU

2019

PRESENTACION

Señor.

Decano de la facultad de Ingeniería: Eléctrica, Electrónica, Informática y Mecánica.

En cumplimiento con las disposiciones del Reglamento de Grados y Títulos Vigentes, con la finalidad de optar el título de Ingeniero Electricista, presentamos a vuestra consideración la tesis intitulada:

“ESTUDIO DE LA CARGABILIDAD EN LAS REDES DEL AMT QU04 CON LA INCORPORACIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LA CIUDAD DEL CUSCO PROYECTADO DESDE EL AÑO 2018 AL 2022”

Br. Glenhs Darío Puma Polanco

Br, Diego Eduardo Vera Lopez

DEDICATORIA

A mis padres, don Maximiliano Puma y doña Claudia Polanco, para quienes con la fe puesta en Dios, mucho esfuerzo, cariño y comprensión consolidaron mi formación desde pequeño y no podía ser menos porque de los buenos manantiales nacen los buenos ríos.

A Idalia quien es mi motivo de inspiración y mi apoyo para lograr mis propósitos.

Con todo mi amor, va por ustedes ¡olé!

Glenhs Dario.

Dedicado a mi familia, en especial a mis queridos padres José Roberto Vera Mendoza y Mitrud Boni López Aguilar que siempre me apoyaron incondicionalmente en mi formación y siempre estuvieron ahí cuando más los necesitaba, no hubiera podido haber hecho sin su ayuda queridos padres.

A mi querido abuelo Alejandro Vera Olivera mi modelo a seguir, una gran persona que dejo huella en este mundo, dejándome sabias enseñanzas.

Y dedicada a todas las personas que luchan el día a día por un mundo mejor, ¡EL CIELO ES EL LIMITE CAMPEON!

Diego Eduardo.

AGRADECIMIENTOS

De manera muy especial a Dios, por ser generoso de ponerme en el camino andado y de porvenir. Agradezco a mis hermanos Herles, Zahira y Sandra por su cariño y por ser ellos la fuerza y el motivo que me impulsan a seguir adelante (los quiero). A mis tíos Antonia y Mauricio por haberme acogido en su hogar tan familiar mil gracias. A mamá Olga y papá Santi por sus buenos consejos. A todos mis amigos gracias por haber compartido numerosos e inmemorables pasajes de convivencia.

Glenhs Dario.

Dios, te agradezco de manera muy especial, eres muy generoso conmigo y siempre me pones a prueba, aprendiendo de mis errores y sé que lo pones para que sea mejor persona.

A mis queridos hermanos Roberto y Carmina que llenan de amor y cariño mi vida. A mis queridos amigos que les considero mis hermanos que no somos de sangre pero si de corazón.

Diego Eduardo.

Agradecemos infinitamente a nuestros queridos amigos Paul Avalos, Alex Aima, Abel Coycosi, Carlos Montalvo, Kevin Quispe, Luiguy Candia, Cristhian Quillama, Hans Ramos, Marco Salazar, Jhon Cruz, Fransk Puma y Raúl Farfán que fueron participes para la culminación de la tesis.

INTRODUCCION

La presente tesis es una investigación que tiene por objetivo determinar el efecto que se manifestara sobre la condición operativa de cargabilidad en el alimentador de media tensión QU04 al incorporarse vehículos eléctricos como carga en la ciudad del Cusco proyectado desde el año 2018 al 2022.

Este trabajo presenta los siguientes capítulos:

En el capítulo I se desarrolla los aspectos generales relacionados con la investigación, el planteamiento y formulación del problema, objetivos, justificación del estudio, los alcances y limitaciones, hipótesis variable e indicadores y la metodología aplicada en esta investigación.

En el capítulo II se desarrolla los fundamentos teóricos, antecedentes de investigación, conceptos generales sobre el vehículo eléctrico, el sistema eléctrico, cargabilidad, factor de utilización, etc.

En el capítulo III se desarrolla la viabilidad del mercado, técnica, económica y el impacto ambiental de la incorporación de vehículos eléctricos en la ciudad del Cusco.

En el capítulo IV se realiza un diagnóstico de la situación actual y futura en el año 2022 del alimentador de media tensión QU04

Y por último en el capítulo V, se realiza el diagnóstico futuro en el año 2022 con la incorporación de vehículos eléctricos en el alimentador de media tensión QU04

Finalizando con las conclusiones y sugerencias.

RESUMEN

La contaminación ambiental producida por el uso de combustibles fósiles en el sector de transporte es un problema que debe ser mitigado, debido a ello el Perú pretende reducir hasta en un 30% la emisión de gases de efecto invernadero hasta el año 2030, compromiso realizado en la COP21, por ende el gobierno en 2018 fomenta la incorporación de vehículos eléctricos (VE) en el parque automotor con miras a que en el 2021 se masifique en todo el país. El VE cuenta con una batería de Ion Litio que requiere ser recargado, para ello debe ser conectado a una red eléctrica pudiendo ser esta en una vivienda o en un lugar público donde la recarga de baterías demanda una potencia aproximada de 7kW y 55kW respectivamente. A consecuencia de la incorporación de VE se incrementa la demanda de potencia en los sistemas de distribución generando la incertidumbre de si tienen la capacidad de abastecer tal demanda. El presente estudio, determina la viabilidad y envergadura de incorporación de VE mediante encuestas y utilizando herramientas estadísticas, también proyecta la demanda de potencia al 2022 en las redes del AMT QU04 en la ciudad del Cusco en tres casos de estudio, con tres escenarios de incorporación de VE y para tres tipos de potencia demandada en los que se analiza la condición operativa de cargabilidad mediante la simulación de flujo de potencia en el software de simulación DIgSILENT Power Factory. El estudio determina que es viable la incorporación de VE en la ciudad del Cusco obteniendo un total de 77 unidades para la zona de estudio y que la demanda de potencia de estos genera problemas de caídas de tensión, sobrecarga de líneas, sobrecarga de transformadores en forma significativa en el año 2022. El estudio plantea recomendaciones con el fin de garantizar la operación y disponibilidad de la capacidad de sistemas de distribución para abastecer la creciente demanda eléctrica.

Palabras clave: Cargabilidad, vehículo eléctrico, demanda de potencia, sistemas eléctricos de distribución, planeamiento.

ABSTRACT

The environmental pollution caused by the use of fossil fuels in the transport sector is a problem that must be mitigated, due to this, Peru aims to reduce the emission of greenhouse gases by up to 30% by 2030, a commitment made in the COP21, therefore the government in 2018 encourages the incorporation of electric vehicles (VE) in the vehicle fleet with a view to the mass in 2021 throughout the country. The VE has a Lithium Ion battery that needs to be recharged, for this it must be connected to an electrical network and it can be in a home or in a public place where the recharge of batteries demands a power of 7kW and 55kW respectively. As a result of the incorporation of VE, the demand for power in the distribution systems increases, generating the uncertainty of whether they have the capacity to supply such demand. The present study determines the feasibility and scope of incorporation of VE through surveys and using statistical tools, it also projects the power demand by 2022 in AMT networks QU04 in the city of Cusco in three case studies, with three incorporation scenarios of VE and for three types of demanded power in which the operating condition of chargeability is analyzed by simulating power flow in the DIGSILENT Power Factory simulation software. The study determines that the incorporation of VE in the city of Cusco is viable, obtaining a total of 77 units for the study area and that the power demand of these generates problems of voltage drops, overload of lines, overload of transformers in median measured in the year 2022. The study proposes recommendations in order to guarantee the operation and availability of the capacity of distribution systems to supply the growing electricity demand.

Keywords: Chargeability, electric vehicle, power demand, electrical distribution systems, planning.

GLOSARIO

AMT	Alimentador de Media Tensión
BT	Baja Tensión
CNE	Código Nacional de Electricidad
CO2	Dióxido de Carbono
COP21	La Conferencia de las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático 2015 que se Celebró en Paris Francia
ECA	Estándares de Calidad de Aire
EPA	Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos
GEI	Gases de Efecto Invernadero
MINAM	Ministerio del Ambiente
MT	Media Tensión
NO2	Dióxido de Nitrógeno
OMS	Organismo Mundial de la Salud
OSINERGMIN	Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería
QU04	Alimentador Número 04 de la Subestación de Transformación Quenqoro
SED	Subestación Eléctrica de Distribución
SET-R	Subestación Eléctrica de Transformación Reductora
SPAT	Sistema de Puesta Tierra
VAC	Valor Actual de Costos
REP	Red de Energía del Perú

INDICE GENERAL

PRESENTACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
INTRODUCCIÓN	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
GLOSARIO	viii
1. CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES	1
1.1. ÁMBITO GEOGRÁFICO.....	1
1.2. EL PROBLEMA.....	1
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	6
1.4. OBJETIVOS.....	7
1.5. HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	7
1.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	8
1.7. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	8
1.8. ALCANCES Y LIMITACIONES.....	9
1.9. METODOLOGÍA.....	10
2. CAPITULO II: EL MARCO TEÓRICO	14
2.1. ANTECEDENTES.....	14
2.2. EL VEHICULO ELÉCTRICO.....	17
2.3. EL SISTEMA ELÉCTRICO.....	32
3. CAPÍTULO III: VIABILIDAD DEL MERCADO, TÉCNICA, ECONÓMICA E IMPACTO AMBIENTAL DE LA INCORPORACIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	45
3.1. INTRODUCCIÓN.....	45
3.2. VIABILIDAD DEL MERCADO.....	56

3.3. VIABILIDAD TÉCNICA.....	58
3.4. VIABILIDAD ECONÓMICA.....	67
3.5. IMPACTO AMBIENTAL.....	74
4. CAPÍTULO IV: DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y FUTURA DEL AMT QU04.....	76
4.1. INTRODUCCIÓN.....	76
4.2. CARACTERIZACIÓN DEL AMT QU04.....	76
4.3. DIAGNOSTICO ACTUAL DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL AMT QU04.....	83
4.4. DIAGNÓSTICO DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL AMT QU04 EN EL AÑO 2022.....	91
5. CAPÍTULO V: SIMULACIÓN Y CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN CON LA INCORPORACIÓN DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN EL AMT QU04 2022.....	109
5.1. INTRODUCCIÓN.....	109
5.2. DEMANDA DE POTENCIA DEBIDO A LA INCORPORACIÓN DE VE	109
• Escenario 1.....	113
• Escenario 2.....	114
• Escenario 3.....	115
5.3. SITUACIÓN FUTURA DE LAS SED'S.....	119
5.4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DE FLUJO DE POTENCIA CON LA INCORPORACIÓN DE VE.....	120
CONCLUSIONES.....	143
SUGERENCIAS.....	146
BIBLIOGRAFIA.....	147
RELACIÓN DE ANEXOS.....	149

INDICE DE FIGURA

Figura 1-1: Ámbito Geográfico De La Zona De Estudio Involucrada.....	1
Figura 1-2: Evolución Anual De La Adquisición De Vehículos En La Región Del Cusco. 2	2
Figura 1-3: Muestra De Concentración De NO ₂ De La Plaza De Armas De San Jerónimo 2	2
Figura 1-4: Concentración De CO ₂ De La Plaza De Armas De La Ciudad Del Cusco	3
Figura 1-5: Demanda Histórica Del AMT QU04	5
Figura 2-1: Presentación del carro de golf eléctrico (UNSAAC)	15
Figura 2-2: Componentes Del Vehículo Eléctrico.	20
Figura 2-3: Conector Tipo SAE J1772.....	21
Figura 2-4: Conector Mennekes (Tipo 2).....	21
Figura 2-5: Conector ChadeMo.	22
Figura 2-6: Controlador y Motor eléctrico.	24
Figura 2-7: Comparación de los ciclos NEDC y WLTP	27
Figura 2-8: Nissan Leaf 2018.....	28
Figura 2-9: Sistema de carga normal	30
Figura 2-10: Sistema De Carga Rápido.	31
Figura 2-11: Descripción Grafica De Un Sistema Eléctrico.....	32
Figura 2-12: Sistema De Distribución.....	33
Figura 2-13: Configuración Anillo Abierto.	35
Figura 2-14: Diagrama de Carga de un día de un Sistema Eléctrico De Distribución.....	40
Figura 3-1. Contaminación en la ciudad del Cusco	49
Figura 3-2. Conocimiento sobre el Vehículo Eléctrico.....	50
Figura 3-3: Adquisición de VE con exoneración y sin exoneración.....	51
Figura 3-4: Impedimento Para No Adquirir Un Vehículo Eléctrico	51
Figura 3-5. Instalación Eléctrica Para Recarga VE	52

Figura 3-6: Instalación eléctrica para recarga de VE y Sistema de puesta a tierra	53
Figura 3-7. Grado De Interés En La Adquisición De Los Vehículos Eléctricos	54
Figura 3-8: Recomendación VE.....	54
Figura 3-9: Circuito independiente de recarga en vivienda residencial	60
Figura 3-10: Instalación eléctrica para recarga de VE	60
Figura 3-11: Comparación de costos e un VE y VCI.....	72
Figura 4-1: Diagrama unifilar de la SET Quencoro.....	77
Figura 4-2.Topología de distribución del AMT QU04	78
Figura 4-3: Modelo de caracterización del AMT QU04	79
Figura 4-4: Número De SED´s Por Ramal Del AMT QU04	81
Figura 4-5: Número De Transformadores Según Su Potencia Nominal.....	81
Figura 4-6: Distribución De Clientes En Las SED´s	82
Figura 4-7: Cargabilidad de Transformadores Periodo Actual 2017	87
Figura 4-8: Caída de Tensión Lado Primario de Subestación.....	88
Figura 4-9: Sobrecarga de tramos de líneas de MT del AMT QU04.....	89
Figura 4-10: Demanda histórica de potencia en kW desde el 2015 hasta el 2017	91
Figura 4-11: Crecimiento de la demanda de potencia del AMT QU04	95
Figura 4-12: Cargabilidad de Transformadores – Conservador.....	96
Figura 4-13: Caída de Tensión en SED.s – Conservador.....	97
Figura 4-14: Sobrecarga de tramos de líneas de MT del AMT QU04 -Conservador	98
Figura 4-15: Cargabilidad de Transformadores – Esperado	100
Figura 4-16: Caída de Tensión en SED`s – Esperado.....	101
Figura 4-17: Sobrecarga de tramos de líneas de MT del AMT QU04 – Esperado	102
Figura 4-18: Cargabilidad de Transformadores – Optimista	104
Figura 4-19: Caída de Tensión SED`s – Optimista.....	105

Figura 4-20: Sobrecarga de tramos de líneas de MT del AMT QU04 - Optimista.....	106
Figura 5-1: Posibles puntos de incorporación de VE en las SED's del AMT QU04.....	110
Figura 5-2: Ubicación de puntos de recarga rápida para VE	117
Figura 5-3: Imagen y Especificaciones de Equipo de Recarga Rápida	117
Figura 5-4 Sobrecarga de transformadores en las SED's con VE conservador	122
Figura 5-5: Caída de tensión SED's con VE conservador	123
Figura 5-6: Cargabilidad Tramos de MT con VE conservador.....	124
Figura 5-7: Sobrecarga de transformadores en las SED's con VE esperado	127
Figura 5-8: Caída de tensión SED's con VE esperado	129
Figura 5-9: Cargabilidad Tramos de MT con VE conservador.....	130
Figura 5-10: Sobrecarga de transformadores en las SED's con VE optimista	132
Figura 5-11 Caída de tensión SED's con VE optimista	134
Figura 5-12: Cargabilidad Tramos de MT con VE optimista	135
Figura 5-13: Diagramas de Cargas SED's.....	138
Figura 5-14: Diagrama de Carga Característico de las SED's del AMT QU04	139

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Datos Generales Del AMT QU04	5
Tabla 1-2: Variable Independiente.....	8
Tabla 1-3: Variable Dependiente	8
Tabla 1-4: Matriz de consistencia	13
Tabla 2-1: Características del carro de golf electrico.....	14
Tabla 2-2: Tipos De Motores Eléctricos Utilizados En Vehículos Eléctricos	25
Tabla 2-3: Principales Características Del VE.....	28
Tabla 2-4: Características de los Conductores Empleados en las Redes Primarias	35
Tabla 2-5: Características de Conductores Usados en las Redes Secundarias.....	37
Tabla 2-6: Porcentaje De Tolerancia Admitida De Variación De Tensión.....	41
Tabla 3-1: Perfil de personas encuestadas	48
Tabla 3-2: Principales características del VE y VCI.....	55
Tabla 3-3: Comparación de dimensiones y pesos del VE y VCI.....	62
Tabla 3-4: Tabla comparativa del motor del VE y VCI.....	63
Tabla 3-5: Tipos de transmisión.....	63
Tabla 3-6: Comparación de las características de la fuente de energía del VE y VCI.....	64
Tabla 3-7: Comparación del rendimiento de la autonomía del VE y VCI.....	65
Tabla 3-8: Mantenimiento necesario del VE y VCI.....	66
Tabla 3-9: Características necesarias del VE y VCI	67
Tabla 3-10: Costo de Operación de un VE y VCI en 270 Km.....	68
Tabla 3-11: Costo de la unidad de un VE y VCI	69
Tabla 3-12: Actividades de mantenimiento de los VCI	70
Tabla 3-13: Actividades de mantenimiento en los VE.....	70
Tabla 3-14: Comparación del costo total de un VE y VCI	71

Tabla 3-15: Costo de operación y mantenimiento del VE y VCI	73
Tabla 3-16: Tabla comparativa de emisión de CO ₂	74
Tabla 4-1: Características de los transformadores de potencia de la SET Quencoro	76
Tabla 4-2: Ramales y numero de SED`s que presenta el AMT QU04	79
Tabla 4-3: Demanda de Potencia Actual de Clientes Menores	84
Tabla 4-4: Demanda de Potencia de Clientes Mayores	85
Tabla 4-5: Sobrecarga de Transformadores	86
Tabla 4-6 Caída de tensión en el lado primario de las SED`s	87
Tabla 4-7: Sobrecarga de tramos de líneas en MT del AMT QU04	88
Tabla 4-8: Resumen de tasa de crecimiento del método de tendencias de serie	92
Tabla 4-9: Combinaciones para el ajuste óptimo de las curvas	93
Tabla 4-10: Sobrecarga de Transformadores- Conservador	96
Tabla 4-11: Caída de tensión en el lado primario de las SED`s – Conservador	97
Tabla 4-12: Sobrecarga de tramos de líneas en MT del AMT QU04 – Conservador	98
Tabla 4-13: Sobrecarga de Transformadores- Esperado	100
Tabla 4-14: Caída de tensión en el lado primario de las SED`s – Esperado	101
Tabla 4-15: Sobrecarga de tramos de líneas en MT del AMT QU04 – Esperado	102
Tabla 4-16: Sobrecarga de Transformadores – Optimista	104
Tabla 4-17: Caída de tensión en el lado primario de las SED`s – Optimista	105
Tabla 4-18: Sobrecarga de tramos de líneas en MT del AMT QU04 – Optimista	106
Tabla 5-1: SED`s Seleccionadas para la incorporación de recarga normal de VE	111
Tabla 5-2: Casos de estudio y cantidad de vehículos eléctricos incorporados	112
Tabla 5-3. Incorporación al 30% de VE 2022	113
Tabla 5-4: Incorporación al 60% de VE 2022	114
Tabla 5-5: Incorporación al 90% de VE 2022	115

Tabla 5-6: Resumen de Potencia Demandada en las SED's por los VE.....	116
Tabla 5-7: Cantidad y Demanda de Potencia de los Equipos de Recarga Rápida	118
Tabla 5-8: Redimensionamiento de la capacidad nominal de SED's año 2022	119
Tabla 5-9: Sobrecarga de transformadores en las SED's con VE conservador	121
Tabla 5-10: Caída de tensión SED's con VE conservador	123
Tabla 5-11: Cargabilidad Tramos de MT con VE conservador.....	124
Tabla 5-12: Sobrecarga de transformadores en las SED's con VE esperado	127
Tabla 5-13: Caída de tensión SED's con VE Esperado	128
Tabla 5-14: Cargabilidad Tramos de MT con VE esperado	129
Tabla 5-15: Sobrecarga de transformadores en las SED's con VE optimista.....	132
Tabla 5-16: Caída de tensión SED's con VE Optimista	133
Tabla 5-17: Cargabilidad Tramos de MT con VE optimista.....	134

INDICE DE TABLAS

PE-01: Simulacion de flujo de potencia “Demanda Base, Media y Punta 2017”	90
PE-02: Simulacion de flujo de potencia “Conservador Base, Media y Punta 2022”	99
PE-03: Simulacion de flujo de potencia “Esperado Base, Media y Punta 2022”	103
PE-04: Simulacion de flujo de potencia “Optimista Base, Media y Punta 2022”	107
PE-05: Simulacion de flujo de potencia “Conservador Base, Media y Punta 2022 con VE”	126
PE-06: Simulacion de flujo de potencia “Esperado Base, Media y Punta 2022 con VE”	131
PE-07: Simulacion de flujo de potencia “Optimista Base, Media y Punta 2022 con VE”	136

CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES

1.1. ÁMBITO GEOGRÁFICO

El ámbito geográfico que involucra el presente trabajo comprende el recorrido de las redes eléctricas de media tensión del alimentador Quencoro 04 -AMT QU04 de la subestación eléctrica de transformación Quencoro, redes que se distribuyen por el distrito de San Jerónimo y parte del distrito de San Sebastián.



Figura 1-1: Ámbito Geográfico De La Zona De Estudio Involucrada.
Fuente Elaboración Propia

1.2. EL PROBLEMA

1.2.1. Planteamiento del problema.

El parque automotor del departamento del Cusco en los últimos años ha evolucionado considerablemente tal es el caso que solo en el año 2017 se adquirieron 14,627 unidades vehiculares como se puede observar en la Figura 1-2.

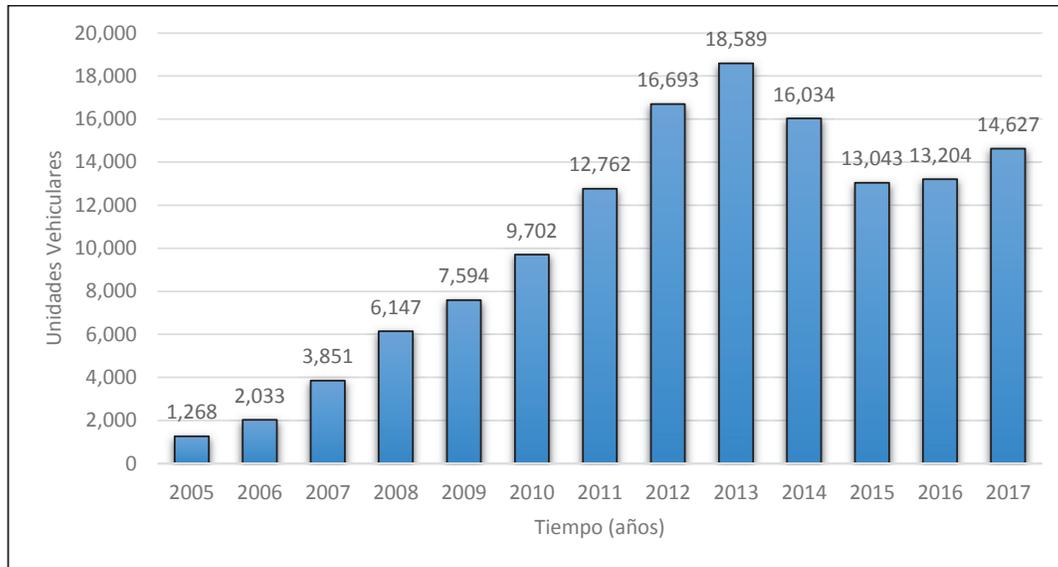


Figura 1-2: Evolución Anual De La Adquisición De Vehículos En La Región Del Cusco.
Fuente De Elaboración (Superintendencia Nacional De Registros Públicos, 2018)

Estos valores sustentan que los vehículos de combustión interna y otros focos que emiten Gases de Efecto Invernadero – GEI están llevando consigo en un futuro no muy lejano al rebaso de los Estándares de Calidad de Aire – ECA, poniendo en riesgo la salud de las personas, así como la contribución al calentamiento global.

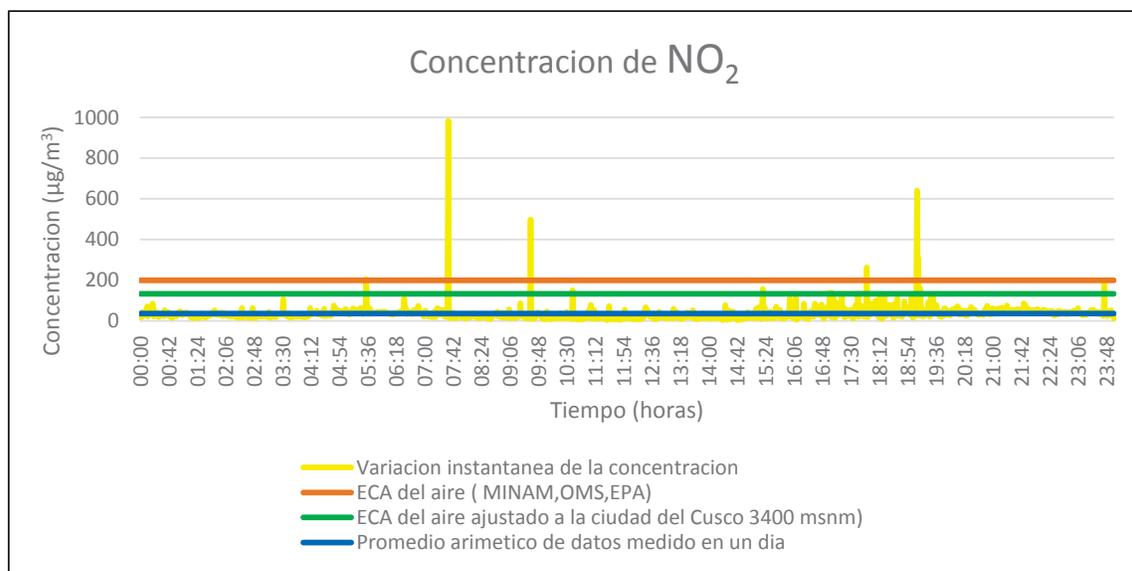


Figura 1-3: Muestra De Concentración De NO_2 De La Plaza De Armas De San Jerónimo
Fuente SHELTER-UNSAAC

Nota: El grafico muestra los datos recolectados el día 04 de noviembre del 2016

La Figura 1-3 y Figura 1-4, son una muestra que corrobora la anterior afirmación, recuperado del estudio de investigación “Energía Limpia y Cero Emisión” del autor Mg. Julio Warthon de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, en el cual se analiza y evalúa los ECA mediante una cabina móvil de monitoreo ambiental (SHELTER) y propone como alternativa de solución el uso de energía eléctrica como fuente de potencia para el transporte urbano.

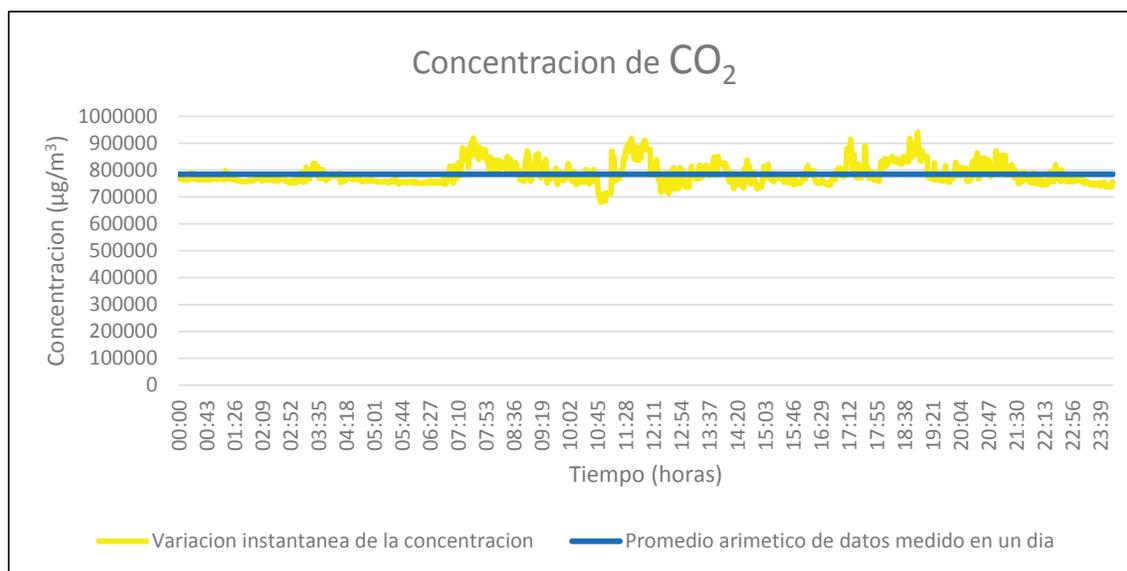


Figura 1-4: Concentración De CO₂ De La Plaza De Armas De La Ciudad Del Cusco
Fuente SHELTER-UNSAAC

Nota: El gráfico muestra los datos recolectados el día 04 de noviembre del 2016

En las figuras 1-3 y 1-4 se muestran la concentración de NO₂ y CO₂ que son gases principales causantes de la contaminación atmosférica a nivel mundial y que a su vez son emitidos en mayoría por los vehículos de combustión interna, para el caso del NO₂ podemos observar que el promedio aritmético de datos es menor a los ECA ajustado a la ciudad del Cusco (134 µg/m³)¹, sin embargo los valores instantáneos han superado los ECA en varios puntos, esto implica que los transeúntes respiran aire contaminado en ciertas horas del día en el sector de la Plaza de Armas de San Jerónimo.

¹ Ajuste de Valor ECA en función de la altitud (Ascarza, 2017) Pg. 183

Siendo la energía eléctrica una alternativa para mitigar los efectos de contaminación en el sector transporte, se proyecta la incorporación de vehículos eléctricos, como lo ha anunciado el Viceministro Raúl García, “El Gobierno evalúa implementar un programa que otorgue un subsidio económico para fomentar la compra de vehículos eléctricos” además se espera que para el año 2021 se masifique el uso de estos. Dicho plan está enmarcado dentro del compromiso de la COP 21 (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático 2015 Paris) en el cual el gobierno peruano tiene como meta reducir hasta un 30% los GEI al 2030.

La incorporación de vehículos eléctricos en el sistema eléctrico peruano generara una demanda importante de energía debido a la recarga masiva de vehículos que utilizan como combustible primario la energía eléctrica, teniendo también en cuenta que una de las principales necesidades para la incorporación de vehículos eléctricos es la infraestructura necesaria para recargar baterías.

La ciudad del Cusco situada a 3400 msnm es una de las más importantes del Perú, que no debe ser ajena a los planes nacionales y menos con la contribución del cuidado del medio ambiente, impulsado por este propósito se generan algunas incógnitas sobre la incorporación de vehículos eléctricos, como: ¿está preparado la ciudad del Cusco para ello? ¿Qué va a pasar con la demanda de energía en las redes primarias de distribución?, y otras.

El Alimentador de Media Tensión – AMT QU04 de la subestación eléctrica de Quencoro, que distribuye energía eléctrica en el distrito de San Jerónimo y parte del distrito de San Sebastián, el cual se elige como objeto de estudio por tener las siguientes características:

- La expansión poblacional.
- La concentración de carga por existir condominios residenciales.
- Estatus socioeconómico de sus habitantes.
- Distancias largas con respecto al centro de trabajo de la mayoría de sus habitantes.

Los datos de infraestructura eléctrica y de la demanda histórica del AMT QU04 se muestran a continuación:

Tabla 1-1:
Datos Generales Del AMT QU04

Datos generales del AMT QU04			
Subsistema	Numero de SED	83	Unid.
de	Numero de Nodos en MT	269	Unid.
Distribución	Número de Tramos en MT	174	Unid.
Primaria	Longitud Total de Redes Primarias	28,788	m
Subsistema	Numero de Nodos en BT	2880	Unid.
de	Número de Tramos en BT	1283	Unid.
Distribución	Longitud Total de Redes Secundarias	82 408	m
Secundaria			

Fuente de elaboración SID - ELSE (Sistema Integrado de Distribución)

En la tabla 1-1, se puede observar las características principales del AMT QU04 el cual tiene una de las trayectorias más largas además de poseer gran cantidad de SED's en su mayoría clientes urbano residenciales motivo por el cual es necesario su estudio de cargabilidad.



Figura 1-5: Demanda Histórica Del AMT QU04

Fuente: Electro Sur Este S.A.A.

En la figura 1-5 se puede observar que la máxima demanda del AMT QU04 a la fecha tuvo lugar en el año 2017 con una máxima potencia de 5049 kW y en el año 2018 se obtuvo un valor

de 4134 kW, este valor es menor al del 2017 debido principalmente a que los datos registrados son hasta el mes de abril del 2018 esperando que en los próximos meses supere este valor.

La masificación de vehículos eléctricos generara una consecuencia desconocida sobre los sistemas eléctricos, puesto que aún se desconocen los efectos que traerá, específicamente en las redes del AMT QU04 de la ciudad del Cusco, se requiere determinar el efecto respecto a las condiciones operativas de cargabilidad y la medida en que se vería afectado al estar operando en diferentes casos de estudio y escenarios que se plantea, proyectado desde el año 2018 al 2022.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.3.1. Problema principal

¿La incorporación de vehículos eléctricos en el parque automotor tendrá un efecto significativo respecto a la condición operativa de cargabilidad en el AMT QU04 de la ciudad del Cusco proyectado desde el año 2018 al 2022?

1.3.2. Problemas específicos

- a) ¿Es técnica y económicamente viable la adquisición de vehículos eléctricos en la ciudad del Cusco?
- b) ¿En qué medida variara la condición operativa de cargabilidad en el AMT QU04 desde el año 2018 hacia el 2022 en la ciudad del Cusco?
- c) ¿Cuán significativa será la variación de la medida de la condición operativa de cargabilidad en el AMT QU04 en el año 2022 al incorporarse vehículos eléctricos como carga en la ciudad del Cusco?

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Determinar el efecto que se manifestara sobre la condición operativa de cargabilidad en el AMT QU04 al incorporarse vehículos eléctricos como carga en la ciudad del Cusco proyectado desde el año 2018 al 2022.

1.4.2. Objetivos específicos

- a) Analizar la viabilidad técnica y económica de la adquisición de vehículos eléctricos en la ciudad del Cusco.
- b) Diagnosticar la medida en que variara la condición operativa de cargabilidad en el AMT QU04 desde el año 2018 hacia el año 2022 en la ciudad del Cusco.
- c) Determinar la variación de la medida de la condición operativa de cargabilidad en el AMT QU04 en el año 2022 al incorporarse los vehículos eléctricos como carga en la ciudad del Cusco.

1.5. HIPÓTESIS Y VARIABLES

1.5.1. Hipótesis general

El efecto de la incorporación de los vehículos eléctricos afectara significativamente a la condición operativa de cargabilidad en el AMT QU04 proyectado hacia el 2022.

1.5.2. Hipótesis específicas

- a) La adquisición de vehículos eléctricos en la ciudad del Cusco es técnica y económicamente viable debido a la eficiencia y a los bajos costos de operación del vehículo eléctrico.

- b) La condición operativa de cargabilidad tendrá un incremento considerable debido a la expansión poblacional en el AMT QU04 en el año 2022 en la ciudad del Cusco.
- c) La condición operativa de cargabilidad tendrá un incremento muy alto en el AMT QU04, por lo que este trabajara en un estado de sobrecarga, debido a la incorporación de los vehículos eléctricos.

1.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

Tabla 1-2:

Variable Independiente.

Variable Independiente	Dimensiones	Indicador	Unidad
Vehículo eléctrico	Demanda de potencia	Potencia Instalada	kW

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1-3:

Variable Dependiente

Variable dependiente	Dimensiones	Indicador	Unidad
	Caída de tensión en puntos de conexión a SED	Variación de tensión	% ΔV
Condición operativa de cargabilidad	Factor de utilización de transformadores de SED	Cargabilidad de Transformadores	%
	Factor de utilización de conductores de MT	Cargabilidad de Redes de MT	%

Fuente: Elaboración propia

1.7. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

A nivel mundial el uso de vehículos eléctricos ha demostrado ser una importante alternativa de movilidad sostenible para suplir los altos costos y la futura escases de combustibles fósiles contribuyendo así con la protección del medio ambiente.

Por otro lado el interés de varias entidades internacionales, con el objetivo de contribuir con la eficiencia energética, la reducción de emisiones de CO₂ y la independencia del petróleo, han desarrollado diversas políticas de promoción del vehículo eléctrico incentivando de esta manera tanto a fabricantes como consumidores al uso de este tipo de vehículos, estimando un crecimiento importante de estos a nivel mundial.

Para que la incorporación del vehículo eléctrico sea beneficioso es importante la aplicación de un sistema flexible de recarga de los vehículos eléctricos de manera que no se altere negativamente el pico de la curva de demanda de electricidad y de esta manera aportando la eficiencia energética del país.

La presente investigación estudia y determina los requerimientos de energía eléctrica debido a la incorporación de vehículos eléctricos y los principales aspectos técnicos y económicos en el comportamiento del sistema eléctrico.

Así mismo al concluirse este trabajo podrán mostrarse resultados que sirvan de base para nuevas investigaciones de demanda de energía el cual tendría como beneficiarios a gran parte de la población cusqueña.

1.8. ALCANCES Y LIMITACIONES.

1.8.1. Alcances.

La presente tesis de investigación tiene como fecha de inicio el mes de abril del 2018 puesto que se recolectaron los datos desde esta fecha y se realizó las proyecciones correspondientes para el año 2022 donde la incorporación de los vehículos eléctricos será en gran medida.

El estudio comprende el análisis eléctrico de la condición operativa de cargabilidad en las redes primarias AMT QU04 proyectado al año 2022 con la incorporación de los vehículos eléctricos.

Así mismo el trabajo realiza un diagnóstico de las consecuencias que se puedan generar en las redes de distribución al implementarse vehículos como carga eléctrica, además se realizan sugerencias técnicas que puedan aplicarse como solución a los consecuencias provocadas.

1.8.2. Limitaciones

- Por la complejidad del presente estudio, esta se realiza únicamente en las redes del alimentador QU04 de la ciudad del Cusco.
- Debido a la complejidad del estudio no se considera el estudio de armónicos en dicho alimentador.
- El estudio realizado no contempla soluciones a los problemas encontrados sino más bien sugerencias de solución.
- Información histórica limitada de la demanda eléctrica en las subestaciones de distribución del AMT QU04.
- Falta de datos disponibles y confiables sobre la cantidad de vehículos convencionales que son de propiedad de la zona que cubre el AMT QU04.

1.9. METODOLOGÍA

1.9.1. Características de la investigación

1.9.1.1. *Tipo de investigación*

La presente es una investigación del tipo **aplicada** (Sampieri, 2014 6ta edición), ya que busca resolver algunas interrogantes y problemas sobre el efecto de la incorporación de los vehículos eléctricos en las redes de distribución del AMT QU04. Así mismo se busca identificar la viabilidad técnica y económica que tendría la adquisición de estos vehículos.

Esta investigación además es de carácter **cuantitativo** (Sampieri, 2014 6ta edición) ya que busca medir y cuantificar las variables a través de herramientas estadísticas.

1.9.1.2. Nivel de investigación

La presente investigación tiene el nivel **descriptivo correlacional** (Sampieri, 2014 6ta edición) , ya que cuenta con uno de sus objetivos el de realizar un diagnóstico de las redes de distribución del AMT QU04 proyectadas al 2022, también se describirán las variables y el efecto que crearán la incorporación de los vehículos eléctricos en la ciudad del Cusco.

1.9.1.3. Diseño de investigación

El diseño de la investigación que se utiliza es **experimental** (Sampieri, 2014 6ta edición), porque se modifica la variable independiente en función del tiempo.

1.9.2. Población

La población del proyecto de investigación comprende las redes del AMT QU04 de la subestación eléctrica de Quenqoro, que se distribuyen por el distrito de San Jerónimo y parte del distrito de San Sebastián.

1.9.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

1.9.3.1. Técnicas de recolección de datos

- Encuestas.
- Datos estadísticos (recolectado por otros autores).
- Documentos
- Biblioteca

1.9.3.2. Instrumentos de recolección de datos

- Cuestionarios
- Base de datos
- Periódicos y artículos
- Libros y revistas

- Software DigSILENT Power Factory 15.1- Software que permitirá realizar las simulaciones en cuanto al incremento de la demanda debido a la incorporación de vehículos eléctricos en el AMT QU4.
- Software SPSS-Software que permite el análisis de datos estadísticos que se emplea en la recolección y análisis de las encuestas realizadas.
- Software de Microsoft como: Word, Excel y Power Point que serán herramientas de mucha ayuda en la utilización y aplicación de los conocimientos matemáticos.

Tabla 1-4:
Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA		METODOLOGÍA		CONCLUSIONES	
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS GENERAL:	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:	TIPO DE INVESTIGACIÓN:	CONCLUSIONES
<p>PROBLEMA PRINCIPAL:</p> <p>¿La incorporación de vehículos eléctricos en el parque automotor tendrá un efecto significativo respecto a la condición operativa de cargabilidad en el AMT QU04 de la ciudad del Cusco proyectado desde el año 2018 al 2022?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</p> <p>a) ¿Es técnica y económicamente viable la adquisición de vehículos eléctricos en la ciudad del Cusco?</p> <p>b) ¿En qué medida variara la condición operativa de cargabilidad en el AMT QU04 desde el año 2018 hacia el 2022 en la ciudad del Cusco?</p> <p>c) ¿Cuán significativa será la variación de la medida de la condición operativa de cargabilidad en el AMT QU04 en el año 2022 al incorporarse vehículos eléctricos como carga en la ciudad del Cusco?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL:</p> <p>Determinar el efecto que se manifestara sobre la condición operativa de cargabilidad en el AMT QU04 al incorporar vehículos eléctricos como carga en la ciudad del Cusco proyectado desde el año 2018 al 2022.</p> <p>OBJETIVO ESPECÍFICOS:</p> <p>a) Analizar la viabilidad técnica y económica de la adquisición de vehículos eléctricos en la ciudad del Cusco.</p> <p>b) Diagnosticar la medida en que variara la condición operativa de cargabilidad en el AMT QU04 desde el año 2018 hacia el 2022 en la ciudad del Cusco.</p> <p>c) Determinar la variación de la medida de la condición operativa de cargabilidad en el AMT QU04 en el año 2022 al incorporarse los vehículos eléctricos como carga en la ciudad del Cusco.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL:</p> <p>El efecto de la incorporación de los vehículos eléctricos afectara significativamente a la condición operativa de cargabilidad en el AMT QU04 proyectado hacia el 2022.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:</p> <p>a) La adquisición de vehículos eléctricos en la ciudad del Cusco es técnica y económicamente viable debido a la eficiencia y a los bajos costos de operación del vehículo eléctrico.</p> <p>b) La condición operativa de cargabilidad tendrá un incremento considerable debido a la expansión poblacional en el AMT QU04 en el año 2022 en la ciudad del Cusco.</p> <p>c) La condición operativa de cargabilidad tendrá un incremento muy alto en el AMT QU04, por lo que este trabajara en un estado de sobrecarga, debido a la incorporación de los vehículos eléctricos.</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</p> <p>Aplicada, cuantitativo</p> <p>NIVEL DE INVESTIGACIÓN:</p> <p>Descriptivo Correlacional</p> <p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:</p> <p>Experimental</p> <p>POBLACIÓN:</p> <p>AMT QU04 de la subestación eléctrica de Quenqoro.</p> <p>VARIABLES</p> <p>-Variable independiente Vehículo eléctrico</p> <p>-Variable dependiente Condición operativa de cargabilidad</p> <p>ESTRUCTURA DE LA INVESTIGACIÓN</p>	<p>Conclusión General</p> <p>I. La incorporación de vehículos eléctricos en la ciudad del Cusco causa un efecto significativo en la condición operativa de cargabilidad del AMT QU04 en el año 2022 porque la demanda de potencia ocasionada por la recarga de baterías en periodo de máxima demanda hará que algunas redes y subestaciones operen en estado de sobrecarga, además que la variación de tensión en puntos de conexión a la subestación viole el límite permitido por la NTCSE.</p> <p>Conclusiones Específicas</p> <p>I.1. La adquisición de VE en la ciudad del Cusco es viable porque de acuerdo a los cálculos y análisis realizados se determinó que técnicamente un VE puede ocupar el lugar de un VCI tanto por características físicas y de operación, se determinó también que económicamente es más conveniente adquirir un VE debido principalmente a los costos de operación y de mantenimiento. Se calcula que para el año 2022 se tendrá un mínimo de 77 VE propiedad de clientes que pertenecen al AMT QU04</p> <p>I.2. La variación de la condición operativa de cargabilidad en el AMT QU04 en las proyecciones realizadas desde el año 2018 hacia el año 2022, se demostró que habrá un incremento considerable en las condiciones de cargabilidad debido principalmente a la expansión poblacional en el distrito de San Jerónimo, trayendo consigo mayor demanda de potencia en el AMT QU04</p> <p>I.3. Según el análisis demostrado la incorporación de VE afectara significativamente en la condición operativa de cargabilidad, en horas de potencia punta tanto en las SED's y los tramos de MT, ya que presentaran inconvenientes de sobrecarga. Con respecto a la calidad de energía de igual forma serán afectadas significativamente en horas de potencia punta ya que se demostró que hay un aumento de SED's que sobrepasan los valores permitidos de caída de tensión</p> <p>SUGERENCIAS</p> <p>Para incentivar los vehículos eléctricos como una fuente alternativa de movilidad, el estado peruano y las instituciones pertinentes deberán realizar campañas de información sobre los vehículos eléctricos, sobre las diferentes formas de recarga y los beneficios de utilizar esta tecnología de vehículo. Promover planes de instalaciones de puntos de recarga tanto en viviendas, como en lugares públicos. Otorgar bonos y exonerar algunos impuestos para incentivar la adquisición de vehículos eléctricos.</p>	

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO II: EL MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. Estudio de investigación “Energía limpia y cero emisiones”

En la Universidad Nacional De San Antonio Abad Del Cusco, Warthon Ascarza Julio (2017), realizo un estudio que consiste en la evaluación de la calidad ambiental del aire en la Universidad Nacional De San Antonio Abad Del Cusco mediante analizadores de gases. Luego se ha diseñado y construido un SHELTER de monitoreo ambiental que es una cabina o laboratorio móvil, con la finalidad de verificar los niveles de contaminación atmosférica que hay en los diferentes lugares de la ciudad del Cusco.

Los resultados parciales nos indican que si existe contaminación de la atmosfera por los GEI y que esta próximo al rebaso de los ECA.

Una posible alternativa de solución que plantea, es el uso de energía eléctrica como fuente de potencia para el transporte urbano. Su propuesta es emplear energía limpia o energía renovable en el transporte urbano de pasajeros, para este propósito se construyó prototipos de vehículos eléctricos, asimismo se ha adaptado un vehículo de HATCHBACK y se ha acondicionado un vehículo eléctrico o carro de golf.

Los resultados de la investigación indican que se tiene que considerar varios aspectos para lograr la sustitución de petróleo y gasolina por energía eléctrica en el transporte urbano masivo.

Tabla 2-1:
Características del carro de golf eléctrico

Dimensiones geométricas	Carro de Golf eléctrico
Longitud total	276 cm
Ancho total	123 cm
Altura total sin techo	133 cm
Altura total con puntales y techo	208 cm
Distancia entre ejes	166 cm
Distancia al suelo	14 cm

Potencia y sistema de transmisión	Carro de Golf eléctrico
Fuente de alimentación	48V CC
Tipo de motor	Excitación derivada
Potencia (kW)	2.2kW (3.0HP) continua
Sistema eléctrico	48 V
Baterías (cantidad, tipo)	Seis, 8V, ciclo profundo

Fuente: (Ascarza, 2017)



Figura 2-1: Presentación del carro de golf eléctrico (UNSAAC)

Fuente: (Ascarza, 2017)

2.1.2. Estudio de investigación “Propuesta de las características técnicas de un vehículo eléctrico para uso privado en Lima Metropolitana”

En la Universidad Católica del Perú, Zuñiga Larco Victor (2014), realizó un estudio que tiene como objetivo definir el tipo de vehículo eléctrico adecuado para los requerimientos de un usuario privado típico de Lima Metropolitana y determinar las principales características de los sistemas técnicos que debe utilizar el mismo. La tesis consta de tres partes. En la primera parte se realiza una descripción de los tipos de vehículos híbridos y vehículos eléctricos. Se da a conocer los componentes que caracterizan a estos vehículos y se definen los componentes principales; rectificador y convertidor AC/DC, sistema de almacenamiento, inversor DC/AC, sistema de propulsión y sistema de transmisión.

En la segunda parte da a conocer los vehículos ligeros más vendidos y en consecuencia los más utilizados en Lima Metropolitana y en la tercera parte se definen las características técnicas del vehículo eléctrico para uso en Lima Metropolitana.

Los resultados de la investigación indican que el vehículo eléctrico y las características técnicas del mismo, cumplen los requerimientos para ciclos de conducción en Lima Metropolitana, pero no son suficientes para que el vehículo sea utilizado en autopistas, como Panamericana Sur o Norte, para efectuar viajes de largo recorrido. Para recorridos largos, se aconseja el uso de vehículos híbridos eléctricos, los cuales brindan una mayor autonomía, a costa de uso de combustibles fósiles.

2.1.3. Estudio de investigación “Influencia del vehículo eléctrico sobre la fiabilidad de los sistemas eléctricos”

En la Universidad Carlos III de Madrid (España), Ariaz Pérez David (2015), realizó un estudio que tiene el objetivo principal de conocer mejor la relación del uso del vehículo eléctrico y su grado de penetración, con las posibles consecuencias que puedan producirse en la red eléctrica.

El estudio se enfocó principalmente en las consecuencias sobre la fiabilidad del sistema y tratará de analizar su variación por medio del uso de diferentes estrategias de carga para distintos tamaños de flota de vehículos eléctricos. De esta relación se pretenden extraer conclusiones sobre los beneficios y las desventajas de cada estrategia. Con este fin se creó modelos de sistemas eléctricos basados en el método estadístico numérico de Monte Carlo. Estos modelos serán programados para ser representativos de sistemas mayores y se simulará su funcionamiento durante un número suficiente de años para obtener los resultados relevantes de los índices de fiabilidad en cada caso.

Una vez realizado un análisis exhaustivo de los resultados de las simulaciones de todas las combinaciones posibles de los sistemas y las estrategias de carga, se piensa que los objetivos propuestos en la introducción de este trabajo han sido satisfechos.

Los datos procedentes de estas simulaciones proveen información relevante para comprender mejor el funcionamiento de la red eléctrica con diferentes estrategias y niveles de penetración de vehículo eléctrico, además de para ayudar a predecir situaciones futuras.

2.2. EL VEHICULÓ ELÉCTRICO

La historia del vehículo eléctrico comienza a mediados del siglo XIX. Fue uno de los primeros automóviles que se desarrollaron, la invención del primer modelo es atribuida a varias personas. Hacia finales del siglo XIX, un mercado incipiente comenzó a desarrollarse en algunos países de Europa y Estados Unidos, y se mantuvo durante las dos primeras décadas del siglo XX. Sin embargo, su alto costo, su baja velocidad máxima, y el corto alcance de los vehículos eléctricos con batería, en comparación con los vehículos con motor de combustión interna, produjo un declive a nivel mundial en su uso, a pesar de que los vehículos eléctricos se siguieron utilizando en forma de trenes eléctricos y otros usos aislados.

En el comienzo del siglo XXI, el interés por los vehículos eléctricos y otros vehículos de combustible alternativo ha aumentado debido a la creciente preocupación por los problemas asociados con el uso de hidrocarburos en vehículos (que incluyen los daños al ambiente causados por sus emisiones) y la sostenibilidad de la actual infraestructura de transporte basada en hidrocarburos, así como a las mejoras en la tecnología de vehículos eléctricos. Desde 2010, las ventas combinadas de todos los coches eléctricos y furgonetas ha alcanzado el millón de unidades vendidas a nivel mundial en septiembre de 2016. (Wikipedia, 2018).

2.2.1. Características.

Antes de explicar sus características, primero se debe de tener claro que el vehículo eléctrico se alimenta de una batería principal incorporada a él y que esta, se carga mediante una conexión al sistema eléctrico, lo cual le suministra la energía necesaria para que el vehículo se ponga en marcha. Dependiendo del tipo de batería que se tenga dependerá el recorrido del vehículo que pueda alcanzar.

➤ **Ventajas:**

- Los vehículos eléctricos producen menos contaminación ya que no emiten gases nocivos como si los vehículos con motor de combustión interna.
- Producen menos contaminación acústica ya que utiliza un motor eléctrico que produce menor ruido que el vehículo convencional.
- Los coches eléctricos tienen una eficiencia cercana al 90% que comparada con el simple 30% de los tradicionales, es realmente abrumadora. Esto quiere decir que el vehículo consumirá menos o mejor dicho, consumirá mejor y necesitará menos energía para realizar el mismo esfuerzo (APER, 2017).
- Motor igual de potente y más barato, si nos ponemos a analizar y comparar motores eléctricos y de combustión interna de la misma potencia, seguramente nos sorprendamos al saber que los primeros son más baratos, más compactos e incluso más fiables, puesto que no necesitan muchos complementos. En el caso del motor tradicional, cualquier falla en el sistema de refrigeración, del aceite o alguno de sus componentes puede dejar inutilizado el motor. El eléctrico carece de estos componentes, por lo que puede ser una alternativa mejor y más barata de producir y mantener. (Todo Coches, 2015)
- El coche eléctrico no necesita caja de cambio mecánica, puesto que su motor solo entenderá de una marcha continua, hasta una velocidad límite, que puede variar

mucho según el modelo, por supuesto. Solo necesitara un simple mecanismo para poder diferenciar cuando estamos dando marcha atrás.

➤ **Desventajas:**

- Poca autonomía: las baterías que hacen funcionar a los motores eléctricos son pequeñas es decir no pueden asumir una gran cantidad de electricidad. Solo lo suficiente para mover el vehículo durante unos kilómetros, generalmente 100 a 150 km por recarga completa. (Todo Coches, 2015). Pero actualmente esta desventaja poco a poco está desapareciendo ya que hay empresas como Tesla Motors que está diseñando vehículos eléctricos que sobrepasan estas distancias, pueden llegar a un promedio de 600 km que depende mucho a la velocidad promedio que está en marcha, temperatura, aire acondicionado y el tipo de tracción que utiliza.
- Puntos de recarga rápida inexistente para vehículos eléctricos, este sería una gran desventaja por lo que hay ciudades que no tienen puntos de recarga rápida ya que si estamos en un viaje de recorrido largo tendríamos que conectarlo a una red Convencional y esperar entre 7 u 8 horas para que este cargado al máximo.
- Alto precio de las baterías y por resultante los vehículos eléctricos, los coches eléctricos han tenido un precio bastante alto en estos últimos años, aunque últimamente se está rebajando bastante con el avance de la tecnología. La batería es uno de los elementos fundamentales del vehículo eléctrico y su precio es bastante alto, teniendo en cuenta que su vida útil no supera los 7 años en el mejor de los casos. Por eso algunas marcas como Renault han decidido abaratar el precio del coche y venderlo “sin batería” o mejor dicho, con la batería alquilada por el cliente a cambio de una cuota mensual. Esto permitirá que el comprador tenga siempre una batería en perfecto estado aun dentro de 10 años. (Todo Coches, 2015). Pero con los últimos

avances de la tecnología la Marca Tesla Motors asegura que las baterías de sus vehículos deberán durar entre 10 a 15 años. (Electricos, Foro Coches, 2017)

2.2.2. Componentes.

Los vehículos eléctricos están impulsados exclusivamente por uno o en algunos casos por dos motores eléctricos. La fuente de energía proviene de la Electricidad almacenada en la batería que se debe cargar a través de una red eléctrica.

Los componentes más importantes de un vehículo eléctrico se aprecian en la Figura 2-2.

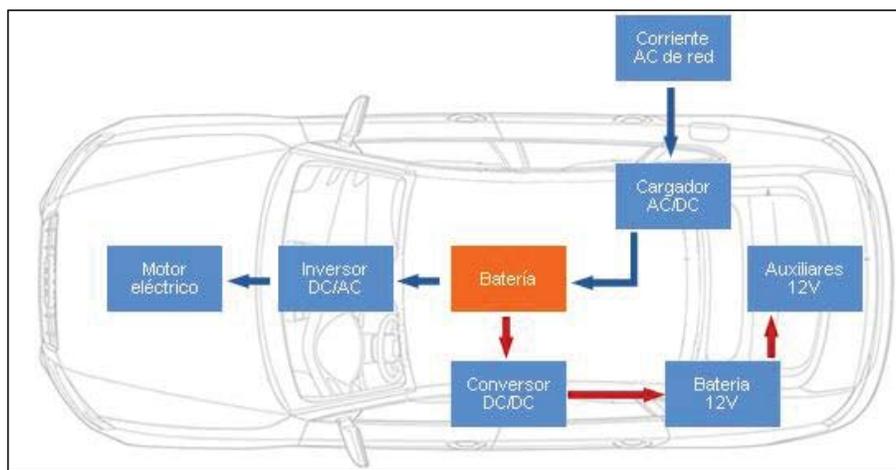


Figura 2-2: Componentes Del Vehículo Eléctrico.

Figura recolectada de: <https://www.ecoticias.com/motor/67802/Componentes-principales-coche-electrico>

➤ Puerto de carga.

Es la parte donde se conecta el vehículo con la red de distribución para suministrar energía eléctrica del exterior.

Actualmente los voltajes más usados son 110-220 voltios, el tipo de conector utilizado para los vehículos eléctricos entre los más utilizados tenemos:

- **Conector tipo SAE j1772 (Tipo 1):** Tiene un total de 5 bornes, 2 de ellos de corriente, otros 2 complementarios y el último es de tierra. Este tipo de conector tiene 2 niveles, uno de ellos hasta 16A (carga lenta) y el otro hasta 80A (carga rápida)



Figura 2-3: Conector Tipo SAE J1772
Fuente: <https://www.motorpasion.com>

- **Conector Mennekes (Tipo 2):** Se trata de un conector de siete bornes también con opción de 2 tipos de corriente: monofásica a 16 A para recarga lenta y trifásica a 63 A para recarga rápida. Es uno de los más comunes en lo que respecta a vehículos eléctricos.



Figura 2-4: Conector Mennekes (Tipo 2).
Fuente <https://www.motorpasion.com>

- **Conector ChadeMo:** Este tipo de conector permite una recarga rápida con corriente continua y admite hasta 200 A. Sus 10 bornes lo convierten en el de mayor diámetro existente en el mercado, pero no por ello deja de ser el estándar Japonés por excelencia.



Figura 2-5: Conector ChadeMo.

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/CHAdEMO>

➤ **Cargador.**

El cargador es aquel elemento que absorbe la electricidad en corriente alterna directamente desde la red y la transforma en corriente continua, para así poder cargar la batería principal.

➤ **Batería Principal.**

Es un dispositivo que consiste en una o más celdas electroquímicas que tiene la capacidad de convertir la energía química almacenada en corriente eléctrica.

Esta batería principal es el medio por el cual se alimenta todo el coche eléctrico, las baterías de Ion-Litio, actualmente son las más utilizadas ya que tienen alta eficiencia, ausencia de mantenimiento y facilidad a la hora de reciclar los desechos de Ion-Litio.

➤ **Inversor.**

Los inversores u onduladores son los encargados de transformar o cambiar un voltaje de entrada de corriente continua a un voltaje de salida en corriente alterna. De esta manera se puede alimentar el motor en corriente alterna del coche eléctrico.

Dependerá mucho del diseño del motor eléctrico, ya que en los vehículos que tienen un motor eléctrico de corriente continua, la batería principal iría directamente conectada al motor sin utilizar este dispositivo eléctrico.

Actualmente ese dispositivo va acoplado al motor eléctrico.

➤ **Transformador.**

Es un dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna manteniendo la potencia.

Entre las baterías y el motor existe diferencia de voltaje importante dada las características de cada uno. Así, los motores de tracción de los coches eléctricos suelen trabajar a unos 600 V, mientras que las baterías las hacen a unos 200 V por ello se necesita aparte de un sistema que rectifique y cambie frecuencias, el transformador que ajuste las tensiones.

➤ **Controlador.**

Dispositivo electrónico que tiene la capacidad de absorber la energía de las baterías y mandar la energía necesaria al motor. Dicho controlador puede enviar numerosos niveles de potencia con los que el conductor podrá ir regulando la velocidad.

Es un sistema computarizado que recibe las órdenes del conductor cuando este acelera o frena.

El desarrollo de los sistemas electrónicos de control computarizado de las últimas décadas ha hecho posible que el vehículo eléctrico tenga la manejabilidad, seguridad y autonomía que está demostrando actualmente.

También en el controlador encontramos rectificadores que son los encargados de funcionar cuando el motor recupera la energía del frenado, procedente de las llantas, por el cual necesitamos rectificadores para convertir la corriente alterna en corriente continua para poder almacenar en las baterías.

En la figura 2-6 se puede observar el controlador acoplado al motor.



Figura 2-6: Controlador y Motor eléctrico.

Fuente de elaboración <https://corrienteelectrica.renault.es/partes-motor-electrico>

➤ **Motor Eléctrico.**

El motor eléctrico es una máquina eléctrica rotatoria que convierte la energía eléctrica en energía mecánica por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas. Los motores eléctricos ofrecen muchas ventajas frente a los de combustión, empezando por un menor tamaño y además de una mayor sencillez técnica.

La máquina eléctrica tiene una gran ventaja de ser una máquina reversible, es decir funciona como motor (transforma la energía eléctrica en mecánica) o como generador (transforma la energía mecánica en eléctrica), consumiendo o recuperando energía en el frenado respectivamente.

El motor de un vehículo eléctrico puede ser un motor de corriente alterna o de corriente continua. La diferencia entre estos 2 tipos, es la forma de alimentación.

Los motores más utilizados son de corriente alterna ya que son más eficientes que los motores de corriente continua.

Las diferentes marcas de vehículos usan los motores de corriente alterna asíncronos y síncronos, como se muestra en la tabla 2-2.

Tabla 2-2:
Tipos De Motores Eléctricos Utilizados En Vehículos Eléctricos

Modelo	Motor	Potencia
Nissan Leaf	M. Síncrono	110kW
Toyota Prius Hibrido	M. Síncrono	61kW
Chevrolet Volt Hibrido	M. Síncrono	111kW
Tesla Model S	M. Asíncrono	235-568kW
BMW I3	M. Síncrono	130kW
Hyunday Ioniq Hibrido	M. Síncrono	32kW
Smart Forfour Ed	M. Síncrono	60kW

Fuente: Wikipedia 2018

➤ **Conversor.**

Es un dispositivo eléctrico que transforma la alta tensión de corriente continua que aporta la batería principal, en baja tensión de corriente continua.

Este dispositivo se utiliza para suministrar o alimentar las baterías auxiliares de 12 V.

➤ **Batería Auxiliar 12 V.**

Esta batería es la que alimentan los componentes auxiliares del vehículo eléctrico tales como el alumbrado, parabrisas, sistema de audio, etc.

2.2.3. Funcionamiento.

Los vehículos eléctricos funcionan de una manera análoga a los vehículos convencionales que tenemos hoy en día, la diferencia es que son impulsados con electricidad almacenada en una o varias baterías, que suelen ser de Ion-Litio (un material que puede guardar mucha energía).

La Electricidad fluye primeramente al inversor el cual transforma un voltaje de entrada de corriente continua en otro voltaje de corriente alterna, este proceso existe siempre y cuando el motor sea de corriente alterna.

Posteriormente pasa por el controlador que es el dispositivo responsable en recibir las órdenes del conductor cuando este acelera o frena, el cual absorbe la energía y se las manda al motor.

El motor eléctrico transforma la energía eléctrica en energía mecánica, al contrario que en motores a combustión interna, el motor eléctrico no se nutre de la energía liberada por una explosión, si no por las interacciones electromagnéticas que son producidas en su interior por elementos conductores que se mueven y producen energía cuando están dentro de un campo magnético alimentado con la corriente eléctrica, la rotación generada se transmite a las ruedas, lo cual pone en movimiento el vehículo eléctrico. Por tanto un mayor abuso de velocidad conllevara un mayor gasto de batería y viceversa.

2.2.4. Ciclo de autonomía del VE

Existen diferentes pruebas que se realizan para verificar la autonomía de los VE:

- Ciclo NEDC(New European Driving Cycle)

El nuevo ciclo de conducción europeo es una prueba diseñada para evaluar objetivamente el impacto medioambiental de los automóviles. Está orientada a informar a los consumidores. Las pruebas se basan en la legislación europea de emisiones (Wikipedia, 2018).

A parte de evaluar objetivamente el impacto medioambiental de los automóviles también informan a los consumidores datos con respecto al consumo de combustible y la autonomía.

Actualmente el ciclo NEDC está siendo muy criticado ya que los resultados que se informan no se acercan a la realidad.

➤ Ciclo WLTP (Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicles Test Procedures)

Procedimiento mundialmente armonizado para pruebas de vehículos ligeros es una nueva prueba de consumo que determina los niveles de contaminantes y emisiones de CO₂, consumo de combustible y autonomía de vehículos eléctricos.

A diferencia del ciclo NEDC, el WLTP utiliza perfiles reales. Se basa en la experiencia real y hábitos diarios de los conductores.

En la figura 2-7, se puede observar la diferencia que existe entre estas 2 pruebas:

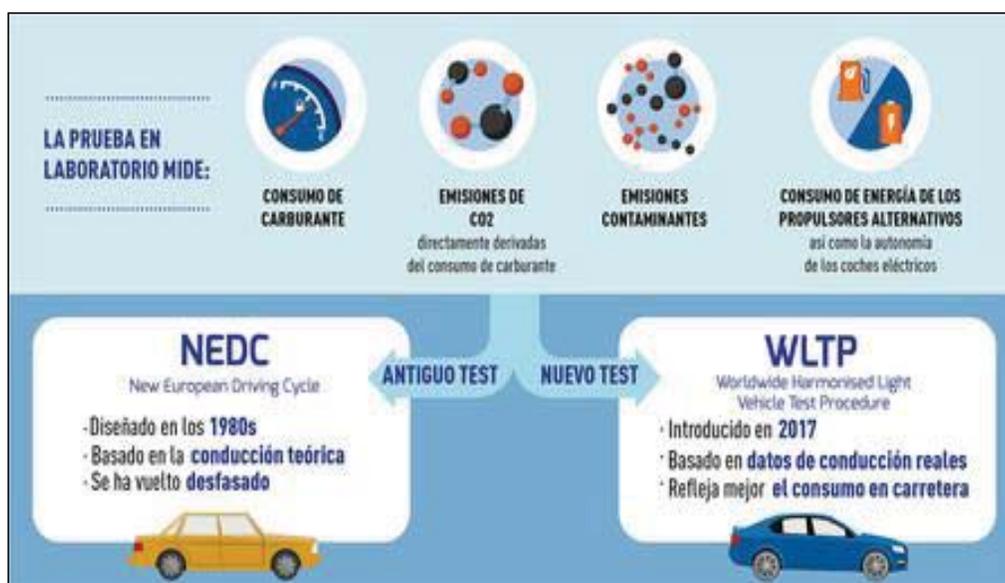


Figura 2-7: Comparación de los ciclos NEDC y WLTP

Fuente de elaboración: <https://www.motorpasion.com>

2.2.5. Nissan Leaf 2018.

El Nissan Leaf es un vehículo eléctrico que se caracteriza por ser el modelo más exitoso de la marca y el más vendido del mundo dentro de los eléctricos. Por este motivo para el análisis de la viabilidad técnica y económica utilizaremos este modelo.



Figura 2-8: Nissan Leaf 2018.
Fuente: Nissan

Tabla 2-3:
Principales Características Del VE

Característica	VE (Nissan Leaf 2018)	Unidades
Distancia entre ejes	2.70	Metros
Longitud total	4.49	Metros
Ancho total	1.79	Metros
Altura total	1.53	Metros
Aerodinámica	0.28	Adimensional
Número de plazas	05	Asientos
Peso de acera	1559.18	Kg
Peso bruto	1795.00	Kg
Motor	Motor eléctrico síncrono AC	
Potencia	147/3283-9795	HP/rpm
Par	320/0-3283	Nm/rpm
Transmisión	Engranaje de reducción de velocidad única	
Emisiones	Cero emisión	
Transmisión	Engranaje de reducción de velocidad única	
Combustible	Corriente eléctrica	
Almacenamiento	Baterías de Ion Litio	

Característica	VE (Nissan Leaf 2018)	Unidades
Capacidad	40	kW.h
Autonomía	NEDC 380	km
	WLTP 285	km
Consumo	7.5	km/kWh
Tiempo de recarga	Rápida 40	Minutos
	Normal 6 -12	Horas
	Lenta 21	Horas

Fuente Nissan

2.2.6. Sistema De Recarga.

Como cualquier sistema de transporte, el vehículo eléctrico requiere de la existencia de una infraestructura que le permite tener acceso a la fuente de energía que alimenta el motor, en este caso, la electricidad.

Uno de los principales retos del vehículo eléctrico es crear una infraestructura de recarga accesible, fiable y cómoda para el ciudadano.

En el manual del vehículo eléctrico Nissan Leaf 2018 encontramos hasta 3 tipos de recarga usados, desde el tipo lenta, ideal para recargar en un garaje privado durante la noche, hasta el rápido. Los 3 sistemas de recarga son:

➤ Sistema de Carga lenta.

Este tipo de sistema se utiliza para algunos países, ya que este sistema solo es necesario de una instalación de corriente alterna monofásica de un voltaje de 110-120 voltios y una potencia promedio de 1.76 kW.

En promedio, un vehículo eléctrico, conectado puede tardar 21 horas en cargarse totalmente, esto tiempo prolongado se debe principalmente a la capacidad alta de la batería

eléctrica de 40 kWh. Este tipo de carga, se acostumbra a llevarse a cabo en las noches, debido al largo tiempo que supone la recarga completa.

➤ **Sistema de carga normal.**

Este sistema ofrece para una tensión nominal de 220-230v, una corriente de 16 A y con una potencia de 3.5kW lo que permite que el vehículo eléctrico puede cargarse totalmente entre 10 a 12 horas.

Este tipo de sistema se lo puede tener en nuestra casa, ya que solo es necesario de una instalación de corriente alterna monofásica convencional. El sistema de carga normal se acostumbra a llevarse a cabo en la noche.



Figura 2-9: Sistema de carga normal

Fuente: https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2018-03-03/saltaran-plomos-coche-electrico-electricidad_1529657/

Si se desea disminuir el tiempo de recarga en las viviendas, para mejorar la gestión y control se puede instalar un Wall-box como se aprecia en la figura 2-9 que es un dispositivo que proporciona corriente eléctrica al vehículo enchufado mediante un cable que posibilita recargarlo a una tensión de 220-230 V, a una corriente de 32 A y resultándonos una potencia de 7kW, lo que permite que el vehículo eléctrico pueda cargarse totalmente entre 6 a 7 horas.

➤ **Sistema de carga rápida.**

Este tipo de sistema es adoptado por las estaciones de servicio (electrolineras), pero a su vez presenta tres posibles obstáculos para su incorporación: la capacidad de la batería para absorber la carga en un tiempo corto, la capacidad del sistema de suministro y la dificultad de asegurar una eficiente conexión entre la red y la batería.

La carga rápida requiere mayor potencia que la carga lenta y media. Por lo tanto, es probable que requiera una ampliación de la red eléctrica existente. Así mismo al tener una mayor potencia e intensidad requiere de más control y medidas de protección, lo cual incide en un aumento de los costos de las infraestructuras de suministro. (ChaDeMo,2014)

Este tipo de carga está en desarrollo, sin embargo países como Japón y Dinamarca tienen una amplia red de recarga rápida, esto debido a la urbanización de las ciudades de éste país, donde la gente habita en edificios multifamiliares que no ofrecen garajes o espacios de recarga nocturna para los dueños de VE. Entre las empresas encargadas de incorporar infraestructuras para este tipo de carga están ChaDeMo y Better Place, las cuales han instalado varios puntos en Japón, Europa, Estados Unidos y Sudamérica.



Figura 2-10: Sistema De Carga Rápido.

Fuente: <https://noticias.coches.com/noticias-motor/proyecto-sirve-electrolineras/188471>

La carga Rápida se caracteriza por realizarse con corriente continua, para esto, los vehículos tienen los inversores incluidos. El objetivo es poder recargar el 100 % de la batería del vehículo en 40 minutos aproximadamente.

2.3. EL SISTEMA ELÉCTRICO

El sistema eléctrico comprende el conjunto de medios y elementos útiles para la generación, el transporte y la distribución de la energía eléctrica. Este conjunto está dotado de mecanismos de control, seguridad y protección. (Wikipedia, 2017)

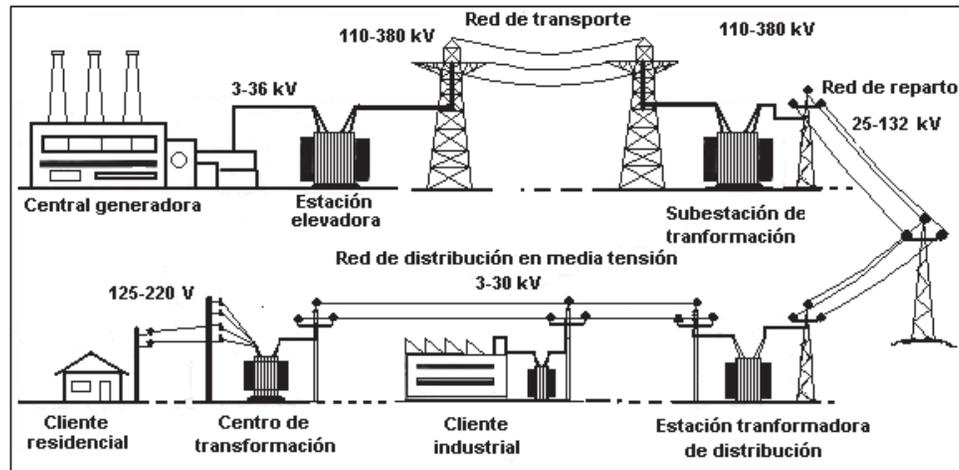


Figura 2-11: Descripción Grafica De Un Sistema Eléctrico.

Fuente Wikipedia 2018

El Sistema Eléctrico Interconectado Nacional – SEIN está compuesto principalmente por tres segmentos, que son; los sistemas de generación, los sistemas de transmisión y los sistemas de distribución, todos estos en conjunto operan en coordinación con el Comité de Operaciones Económicas del Sistema – COES. Cada uno posee un manejo individual administrado por diferentes empresas. Las que están normadas, supervisadas, fiscalizadas y reguladas por el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería – OSINERGMIN.

El estudio está comprendido solamente dentro del sistema de distribución por ello se obvia el desarrollo de los segmentos de generación y transmisión y se dará mayor énfasis al sistema de distribución.

2.3.1. Sistema Eléctrico De Distribución

Para (Juárez Cervantes, 1995, pág. 5) que cita a (Espinosa Lara, 1990) Un Sistema de Distribución de energía eléctrica es, “Es el medio para distribuir la energía eléctrica desde los

bloques de suministro hasta los puntos de utilización. Pueden variar desde una simple línea que conecte un generador con un solo consumidor, hasta una red automática que alimente la zona más importante de la ciudad”

Según la normativa peruana (Norma Técnica E.C.0.10, Redes de Distribución de Energía Eléctrica), es el, “Conjunto de instalaciones para la entrega de energía eléctrica a los diferentes usuarios”.

Un sistema de distribución está considerado a partir de la barra del secundario del transformador de potencia de una Subestación de Transformación Reductora – SET-R, normalmente hasta los 33kV, nivel hasta el cual se considera de Media Tensión.

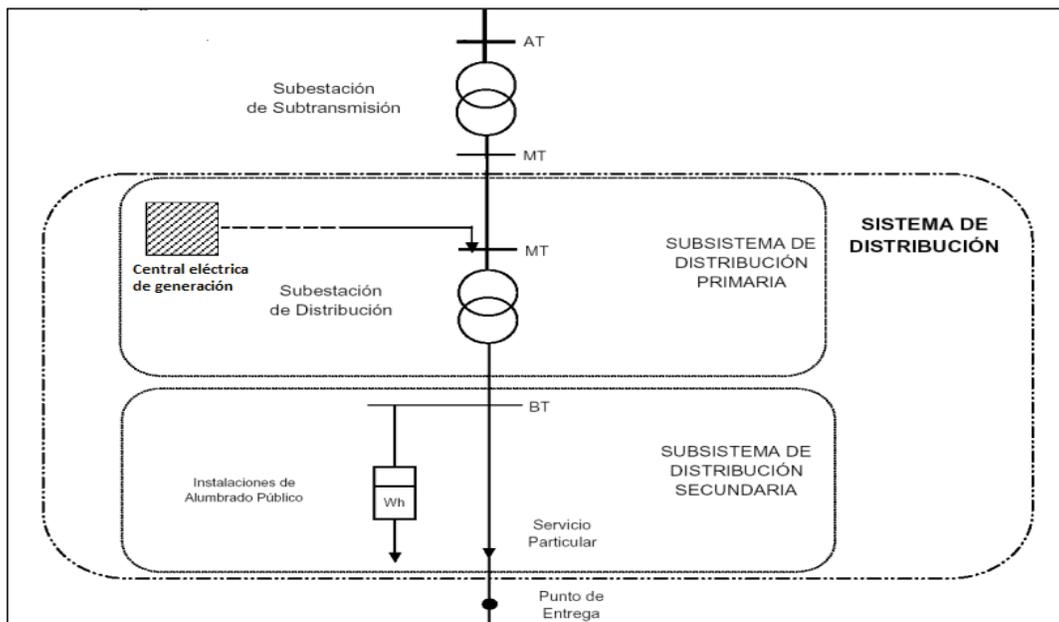


Figura 2-12: Sistema De Distribución.

Fuente Norma Técnica E.C.0.10, Redes de Distribución de Energía Eléctrica

La norma técnica EC.0.10 considera que el sistema de distribución está dividido en dos subsistemas de distribución que son el Subsistema de distribución primaria y Subsistema de distribución secundaria.

2.3.1.1. *Subsistema de Distribución Primaria*

Este sistema eléctrico comprende los elementos que hacen posible el transporte de la energía eléctrica desde la barra del secundario de la SET-R, hasta la barra del secundario del transformador de distribución – SED del subsistema de distribución secundaria y/o los puntos de entrega a usuarios mayores utilizando como medio de transporte las redes de Media Tensión – MT.

El subsistema de distribución primaria tiene dos componentes principales que son las redes de distribución primaria y las SEDs.

- **Redes De Distribución Primaria.**

Comprende al tendido eléctrico a partir de la barra secundaria de la SET-R hasta el ingreso de las SEDs. Su función es de transportar energía eléctrica en el trayecto descrito. Está compuesto por los siguientes elementos.

- **Conductor Eléctrico O Cable.** Un conductor eléctrico es un elemento de un sistema constituido de un material de alta conductividad eléctrica que puede ser utilizado para el transporte de energía eléctrica (VIKON, 2012). Los conductores usados en la red de distribución primaria se muestran en la Tabla 2-4.
- **Soporte.** Comprende la estructura que hace posible el soporte y tendido de los conductores. Consta de postes, crucetas, aisladores, accesorios de armado, entre otros elementos.

Tabla 2-4:
Características de los Conductores Empleados en las Redes Primarias de Estudio

Conductor	Descripción	Tipo	Sección de conductor (mm ²)
AAAC	Cable de aleación de aluminio	Aéreo	185, 120, 70, 50, 35, 25
ACSR	Cable de aluminio desnudo con alma de acero	Aéreo	120
NA2XS2Y	Cable unipolar de aluminio con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) y revestimiento exterior de polietileno (PE)	Aéreo - Subterráneo	70, 35, 10

Fuente ELSE

○ **Red De Distribución Anillo Abierto.**

Este tipo de configuración de red tiene la característica de poder ser alimentado por dos caminos distintos, tienen en común un enlace normalmente abierto, solo uno de estos tiene alimentación efectiva y en caso de emergencia o de falla se opta por cerrar el enlace. De manera que permite energizar parte o total de la red aislando la falla, dependiendo de la emergencia.

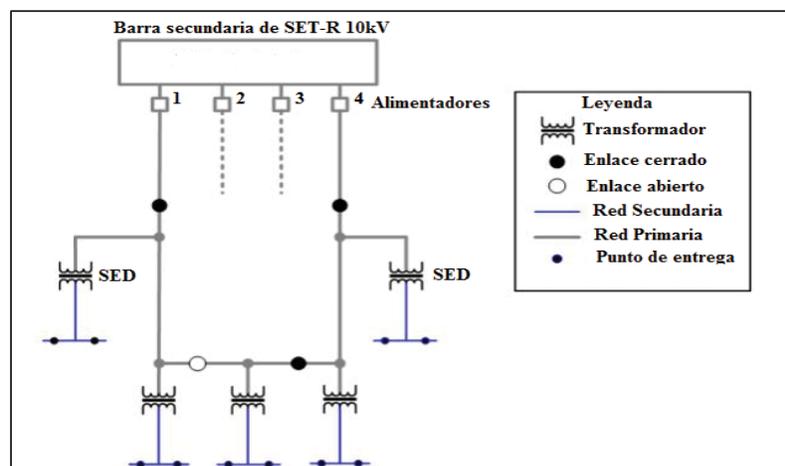


Figura 2-13. Configuración Anillo Abierto.

Fuente <http://3.bp.blogspot.com>

➤ **Subestación de Distribución.**

Conjunto de instalaciones para transformación y/o seccionamiento de la energía eléctrica que la recibe de una red de distribución primaria y la entrega a un subsistema de distribución secundaria, a las instalaciones de alumbrado público, a otra red de distribución primaria o a usuarios. (Norma Técnica E.C.0.10, Redes de Distribución de Energía Eléctrica).

- **Transformador. (Chapman J., 2012)** "Es un dispositivo que cambia potencia eléctrica alterna de un nivel de voltaje a potencia eléctrica alterna a otro nivel de voltaje mediante la acción de un campo magnético".
- **Tablero de distribución.** Es un componente conformado por los sistemas de medición, protección de las redes secundarias de distribución, tanto, como del transformador de la SED.

2.3.1.2. *Subsistema de Distribución Secundaria.*

Este sistema conduce la energía eléctrica en redes de Baja Tensión – BT desde la barra del secundario de la SED hasta los puntos de entrega de utilización por los usuarios finales, comprende el tablero de la SED, líneas de BT aéreas o subterráneas. Esta compuesto por los siguientes elementos.

- **Conductor.** Los conductores empleados en las redes de distribución secundaria son los mostrados en la Tabla 2-5.
- **Soportes.** Se emplean postes de concreto armado para el soporte y transporte de los conductores.

*Tabla 2-5:
Características de Conductores Usados en las Redes Secundarias de Estudio*

Conductor	Descripción	Tipo	Sección de conductor (mm ²)
AUTO_AL	Cable auto portante de aluminio	Aéreo	120, 70, 50, 35, 25, 16
CPI	Conductor cableado concéntrico de cobre electrolítico temple duro con protección exterior polietileno LDPE	Aéreo	120, 50, 35, 25, 16
NKY	Cable de cobre con aislamiento de papel impregnado en aceite con envoltura de plomo y forro externo de termoplástico	Subterráneo	70, 50, 25
NYY	Cable de cobre con aislamiento termoplástico y forro exterior termoplástico	Subterráneo	50, 35, 25

Fuente: ELSE

2.3.2. La Carga en los Sistemas de Distribución.

Se define la carga como una característica del sistema de distribución, que transforma la energía eléctrica en otro tipo de energía útil, por ejemplo, un suministro de energía que convierte la energía eléctrica en diferentes tipos de energía, energía lumínica, energía mecánica, térmica, y otros.

La carga, es el parámetro más importante de un sistema eléctrico de distribución, que permite resolver problemas complejos relacionados a la operación técnica y económica.

2.3.2.1. Factores Aplicados a la Carga.

Definiciones

- **Carga Instalada:** (Juárez Cervantes, 1995) “Es la suma de las potencias nominales individuales de todos los elementos consumidores de energía de la instalación eléctrica en cuestión. Se designa por C”.

$$C = \sum_{i=1}^{i=n} P_i \text{ (Ecuación 2-1)}$$

Donde:

C: Carga instalada

P: Potencia instalada de un elemento

- **Demanda:** (Juárez Cervantes, 1995) “La demanda de una instalación eléctrica es la carga media medida en las terminales receptoras, durante un periodo de tiempo determinado. Este periodo se conoce como intervalo de demanda. El intervalo de demanda puede ser de 10 a 30 minutos o más, dependiendo del objetivo que se persiga”.
- **Demanda Máxima:** (Juárez Cervantes, 1995) “La demanda pico de una carga es la demanda instantánea mayor de dicha carga en un periodo de tiempo determinado”.
- **Factor de Utilización:** (Juárez Cervantes, 1995) “El factor de utilización en un intervalo de tiempo (t) es la relación entre la demanda máxima y la capacidad nominal del elemento en cuestión”. Este factor representa la fracción de la capacidad del sistema que se está utilizando en un periodo de carga dado.

$$F_u = \frac{\text{Carga maxima}}{\text{Capacidad Nominal}} \text{ (Ecuación 2-2)}$$

El factor de utilización considerado en este estudio como “cargabilidad” se puede aplicar a transformadores, alimentadores, subestaciones de distribución, etc.

2.3.2.2. Tipos de Carga

(Juárez Cervantes, 1995) Clasifica la carga de un sistema de distribución en tres principales categorías que son: por sensibilidad respecto a la interrupción, por tipo de usuario y por tipo de tarifa contratado. En caso del estudio solo se considera la clasificación por tipo de usuario debido a que la carga se caracteriza en base a la energía consumida por los usuarios siguientes.

- **Residencial (Cliente menor):** Este tipo de usuario se alimenta normalmente a baja tensión y poca potencia, los suministros pueden ser monofásicos o trifásicos, los puntos finales de transformación de la energía eléctrica son los equipos de iluminación, artefactos electrodomésticos y pequeños motores.
- **Comercial (Cliente menor):** Este tipo de usuario utiliza energía eléctrica en baja tensión y a una potencia mediana los suministros son normalmente trifásicos, se considera los hoteles, talleres, aserraderos y otros, donde el punto final de transformación de energía son motores, hornos, y otros de mediana potencia.
- **Industrial (Cliente Mayor):** Este tipo de usuario también conocido como cliente mayor utiliza energía eléctrica en grandes potencias y su entrega puede hacerse efectivo en redes de media tensión, se consideran pequeñas fábricas, el punto final de utilización de energía son motores, hornos, y otros a nivel industrial.

2.3.2.3. *Comportamiento de la Carga en Sistemas Eléctricos de Distribución*

(Juárez Cervantes, 1995) “La continuidad del servicio se facilita en gran medida cuando se conoce el carácter de la modificación de las cargas eléctricas. Esto permite que se arranquen o interrumpan unidades del sistema, así como realizar las maniobras necesarias para modificar la red, de modo que se obtenga la máxima economía”

2.3.2.4. *Diagramas de Cargas.*

Se conoce así a la variación de la potencia consumida en función del tiempo, como se muestra en la Figura 2-14, son muy útiles en vista de que permite caracterizar el sistema, además de operar en tiempo real según las variaciones que se presentan como en casos de compensación de energía reactiva y la planificación futura de la operación, infraestructura y economía del sistema de distribución.

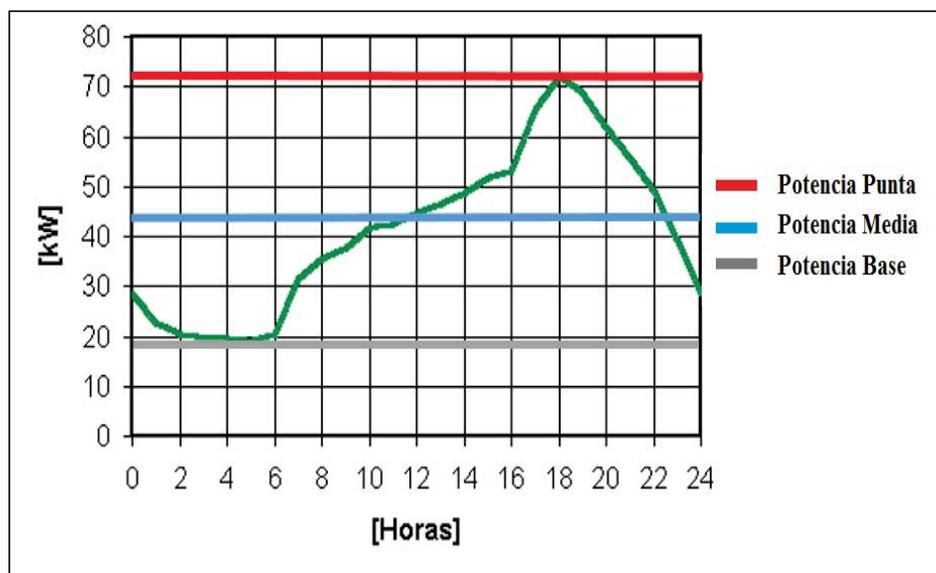


Figura 2-14: Diagrama de Carga de un día de un Sistema Eléctrico De Distribución

Fuente: Tomada de Distribución de la energía eléctrica. Catedra.ing.unlp.edu.ar

2.3.3. Límites de Operación en los Sistemas Eléctricos de Distribución

El sector eléctrico del Perú cuenta con una norma denominada “Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE)” (Decreto supremo N° 020-97- EM), así como la Base Metodológica para la Aplicación de la NTCSE (Resolución N° 616-2008- OS/CD)

Además, las empresas de distribución eléctrica como es el caso de Electro Sur Este S.A.A. tienen indicadores de calidad internos que afecta su economía, planificación y buen servicio a sus usuarios. Por ello se considera en el estudio las variables demanda, cargabilidad, niveles de tensión y sobrecarga del transformador para la operación de los sistemas eléctricos de distribución.

2.3.3.1. Variación de Tensión.

La NTCSE en su título quinto contempla la calidad de producto y en numeral 5.1.2. Establece la tolerancia admitida sobre la tensión nominal de los puntos de entrega, en todas las etapas y todos los niveles de tensión.

Tabla 2-6:
Porcentaje De Tolerancia Admitida De Variación De Tensión.

Sector Típico	Tolerancia
Urbano	±5%
Urbano-Rurales y/o Rurales	±7.5%

Fuente: Elaboración propia

Además, se considera tensión de mala calidad, si la tensión supera la variación admitida en un tiempo superior al cinco por ciento del periodo de medición.

La NTCSE en su numeral 5.1.4. Indica que las mediciones se deben realizar con equipos debidamente certificados y que las muestras mensuales debe garantizar una medición por cada doce (12) en los puntos de entrega de Clientes en MT para el caso de estudio y una (1) por cada tres mil puntos de entrega de Clientes de BT con un mínimo de doce.

➤ **Calculo de variación de tensión.**

La variación de voltaje en las redes de distribución, se debe al consumo por la impedancia de los conductores. Esta dada por la ecuación 2-3 (Juárez Cervantes, 1995)(Pg.55).

$$\Delta V = \sqrt{3} * \sum_1^n (I_{na} * R + I_{nr} * X) L_n \quad (\text{Ecuación 2-3})$$

Donde:

ΔV : Caída de tensión

I_{na} y I_{nr} : Componente activa y reactiva de la corriente en el tramo n

L_n : Longitud del tramo n dado en km.

2.3.3.2. Cargabilidad.

Lo define (Taday Alvarez, 2016) como “La cargabilidad es la cantidad máxima de potencia eléctrica que se puede enviar a través de una o de un conjunto de líneas, manteniendo las condiciones operativas del sistema” (p.38).

➤ **Cargabilidad de Transformadores.**

La cargabilidad de los transformadores de distribución está relacionada bajo dos aspectos, uno desde el punto de vista térmico y otro por lo económico. El criterio de cargabilidad térmica está ligado con las características dieléctricas de los aislantes, pérdida de vida útil, etc. EL segundo aspecto está asociado con parámetros económicos (inversión y pérdidas) que inciden en la selección de los transformadores, dependiendo de la carga, aspectos que son tratados ampliamente en modelos de manejo de carga en transformadores. (Freire, 2012, pág. 30).

○ **Criterio para determinar la cargabilidad en transformadores**

Para el control y análisis del factor de utilización o cargabilidad en los transformadores se emplea el criterio utilizado por OSINERGMIN en el informe técnico “Evaluación de la utilización de la capacidad de las instalaciones del SEIN” del año 2018. Que es:

$$\text{Factor de utilizacion} = \frac{\text{Maxima carga registrada (kVA)}}{\text{Capacidad Nominal (kVA)}} \dots\dots\dots(\text{Ecuacion 2-4})$$

En el estudio se considera tres grados de cargabilidad en intervalos que son:

- **0%-75%:** Estado de cargabilidad normal, operación de transformador fuera de sobrecarga
- **75%-100%:** Estado de cargabilidad de advertencia, operación de transformador próximo a sobrecarga.
- **>100%:** Estado de cargabilidad alto, operación de transformador en sobrecarga.

➤ **Cargabilidad de conductores**

El dimensionamiento del conductor se realiza en la etapa de diseño y su control durante el período de vida útil del mismo, en estas dos etapas es importante considerar sus condiciones de cargabilidad, con el fin de obtener condiciones adecuadas de operación dentro de parámetros técnico económicos razonables. (Rivera, 2013, pág. 50).

La cargabilidad es la capacidad de conducción del conductor y usualmente se establece igual al límite térmico. La carga es el nivel de corriente que tiene en un momento dado. El conductor puede ser cargado hasta un límite en condiciones normales y otro superior para a condiciones críticas o de emergencia. (Bassantes Fernández & Chuquitarco Iza, 2017, pág. 19 y 20).

○ **Criterio para determinar la cargabilidad en redes de MT.**

Para el control y análisis del factor de utilización o cargabilidad en las líneas de la red primaria se emplea el criterio utilizado por OSINERGMIN en su informe técnico “Evaluación de la utilización de la capacidad de las instalaciones del SEIN” del año 2018. Que se calcula como sigue:

$$\text{Factor de utilización} = \frac{\text{Maxima corriente registrada (A)}}{\text{Corriente Nominal (A)}} \dots\dots\dots(2-5)$$

En el estudio se considera tres grados de cargabilidad en intervalos que son:

- **0%-75%:** Estado de cargabilidad normal, operación de conductor fuera de sobrecarga
- **75%-100%:** Estado de cargabilidad de advertencia, operación de conductor próximo a sobrecarga.
- **>100%:** Estado de cargabilidad alto, operación de conductor en sobrecarga.

CAPÍTULO III:

VIABILIDAD DEL MERCADO, TÉCNICA, ECONÓMICA E IMPACTO AMBIENTAL DE LA INCORPORACIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

3.1. INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se tiene como objetivo determinar la viabilidad de la incorporación de VE y el impacto ambiental ocasionado por estos dentro de la zona de estudio, para tal fin se analizan cuatro segmentos. Primero la viabilidad del mercado en el que se estima el grado de aceptación de la incorporación de vehículos eléctricos. Segundo la viabilidad técnica en el que se analiza las ventajas técnicas de operación del vehículo eléctrico, además de la infraestructura requerida para la recarga de baterías. Tercero la viabilidad económica en el cual se analiza la rentabilidad y las ventajas económicas de la adquisición de un VE, Y cuarto el impacto ambiental que ocasiona la incorporación de VE.

Para cumplir con el desarrollo de los cuatro aspectos, se realizó una encuesta que se desarrolla líneas abajo, de la cual se obtendrán datos para el análisis de los cuatro aspectos planteados. Se eligen también un vehículo eléctrico y un vehículo de combustión con similares características que son el “**Nissan Leaf 2018**” y el “**Nissan Sentra 2018**” respectivamente que permiten en cierto grado realizar una comparación de sus principales características.

3.1.1. La encuesta

La encuesta realizada en este estudio tiene por objetivo recoger la opinión de la población y contribuir en el desarrollo de los cuatro aspectos planteados para determinar la viabilidad de adquisición del VE.

3.1.1.1. *Población y muestra*

Para determinar la muestra se toma en cuenta a personas que son propietarias de un vehículo convencional ya sea de uso particular o laboral. No existe información exacta de cuantos usuarios de energía eléctrica pertenecientes al AMT QU04 son propietarios de vehículos convencionales, de manera que el tamaño de la población es desconocida.

Por tal motivo se hace uso de la formula estadística 3-1 (Badii M.H., Castillo J., & Guillen A., 2017), que permite determinar el tamaño de la muestra de una población infinita.

$$n = \frac{Z^2 * p * q}{e^2} \quad (\text{Ecuación 3-1})$$

Donde

n: Es el tamaño de la muestra

Z: Es una constante que depende del nivel de confianza, en el particular, se utiliza un nivel de confianza de 95% que corresponde a una constante de 1.96

p: Es la proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio, este dato es desconocido y se suele suponer 0.5 para obtener la cantidad máxima de n.

q: Es la proporción de individuos que poseen esta característica $q=1-p$

e: Es el error muestral deseado, el error muestral es la diferencia que puede haber entre el resultado que se obtiene preguntando a una muestra de la población y el que se obtiene si se preguntasen al total de ella. En el trabajo se desea un error muestral de 10%.

$$n = \frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.10^2}$$

$$n = 96.04$$

El resultado de la solución de la fórmula 3-1 indica que hacen falta 96 encuestas a propietarios de vehículos que viven en las derivaciones del AMT QU04, para poder generar un nivel de confianza de 95% y un error muestral de 10%. Por tal motivo realizamos 100 encuestas para superar este valor, el formato de la encuesta Nro.01 que se muestra en el **ANEXO A**.

3.1.1.2. *Encuesta Nro.1 (ver ANEXO A)*

La encuesta Nro.1 se realizó en diferentes puntos de los distritos de San Jerónimo y parte de San Sebastián según el recorrido del AMT QU4:

- Parques
- Viviendas
- Estacionamientos
- Grifos, etc.

La encuesta Nro.1 está dividida en seis partes y consta de 13 preguntas que se desarrollan líneas abajo.

- **Perfil del encuestado:** Permite ver qué tipo de personas en su mayoría poseen vehículos y las condiciones que estas tienen (Viabilidad de mercado)
- **Preguntas generales:** Muestra la percepción de las personas sobre la contaminación ambiental percibida (Impacto ambiental)
- **Vehículo eléctrico:** Determina que cantidad de personas tiene conocimiento del vehículo eléctrico y su posible adquisición (Viabilidad de mercado e impacto ambiental)
- **Infraestructura eléctrica:** Permite conocer el estado de la infraestructura eléctrica que se tiene en las viviendas (Viabilidad técnica)
- **Expectativa del vehículo eléctrico:** Muestra el grado de aceptación de la población por incorporación nuevas tecnologías (Viabilidad del Mercado)

3.1.1.3. *Resultados de la encuesta*

Para el análisis de datos se utiliza el software estadístico de SPSS (Statistical Package For The Social Sciences), a continuación se muestra los resultados de la encuesta:

Perfil del encuestado

Contiene datos de las personas como son la edad, sexo, carga familiar, tipo de vivienda etc.

En la tabla 3-1 se muestra el resumen de los datos obtenidos.

Tabla 3-1:
Perfil de personas encuestadas

Perfil del encuestado		Edad del encuestado (agrupado)					TOTAL
		≤30	31-42	43-54	55-66	≥67	
Sexo del encuestado	Masculino	31	38	17	4	2	92
	Femenino	2	1	3	2	0	8
Carga familiar	Menor o igual a 5	32	38	17	5	2	94
	Mayor a 5	1	1	3	1	0	6
Ahorro mensual (en soles)	<1000	20	20	12	3	2	57
	1000-3000	13	15	8	1	0	37
	>3000	0	4	0	2	0	6
¿Tiene garaje propio?	Si	20	22	14	4	1	61
	No	13	17	6	2	1	39
Tipo de vivienda	Casa	24	24	11	3	2	64
	Departamento	9	15	9	3	0	36

Fuente: elaboración propia

De la tabla 3-1 se determina entre los datos más relevantes que el 92% de los encuestados son del sexo masculino y el 8% son del sexo femenino, el ahorro mensual mayor es del 57% con un ahorro menor a 1000 soles, el 61% tienen garaje propio y el 64% viven en casas. Por tanto, el perfil y la opinión mayoritaria de la persona encuestada es la siguiente:

Persona de sexo masculino, de entre 31 y 42 años de edad, con carga familiar menor 5, que cuenta con un ahorro mensual menor a 1000 soles, con una vivienda tipo casa que cuenta con garaje.

Preguntas Generales

Consta de dos preguntas referidas a la contaminación ambiental.

❖ **Pregunta 1:** ¿Qué opina Usted sobre la contaminación ambiental en la ciudad del Cusco?

❖ **Pregunta 2:** ¿Estaría de acuerdo a contribuir con la disminución de la contaminación ambiental?

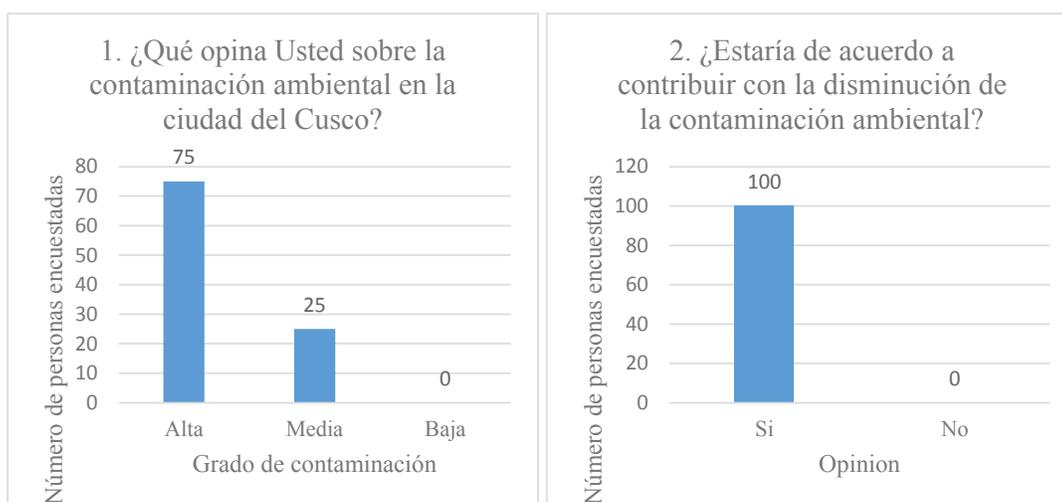


Figura 3-1. Contaminación en la ciudad del Cusco e iniciativa para reducir la contaminación
Fuente Elaboración Propia

En la figura 3-1 a lado izquierdo se observa que un 75% de los encuestados opina que la contaminación en la ciudad del Cusco es alta, mientras que un 25% opina que la contaminación es media y el 0% opina que es baja y a lado derecho se observa que el 100% de los encuestados está de acuerdo en apoyar con iniciativas para reducir la contaminación ambiental en la Ciudad del Cusco.

Por consiguiente, la percepción de la mayoría de personas sobre la contaminación (aire) en el Cusco es alta y están dispuestos a contribuir con la disminución de la contaminación.

Preguntas sobre el vehículo eléctrico

Divida en dos secciones, primero el conocimiento de las personas sobre el VE (Preguntas 3 y 4) y segundo la posible adquisición del VE (Preguntas 5,6 y 7)

- ❖ **Pregunta 3:** ¿Conoce o ha oído hablar del vehículo eléctrico?
- ❖ **Pregunta 4:** ¿En cuánto estima Ud. El costo de un vehículo eléctrico? (en dólares)
- ❖ **Pregunta 5:** ¿Cuál sería el impedimento para no adquirir un vehículo eléctrico?
- ❖ **Pregunta 6:** ¿Optaría por adquirir un vehiculó eléctrico? Sabiendo que el costo actual aproximado es de 30000 USD?
- ❖ **Pregunta 7:** Si el gobierno otorgara un bono y exonerara algunos impuestos sobre la tenencia de vehículos eléctricos. ¿Optaría por adquirirlo?

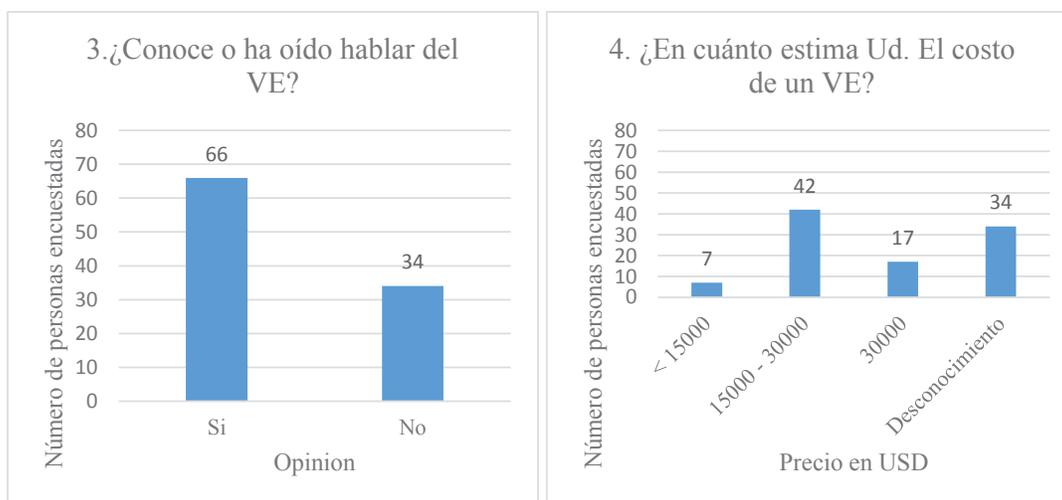


Figura 3-2. Conocimiento sobre el Vehículo Eléctrico

Fuente Elaboración Propia

En la figura 3-2, a la izquierda se aprecia que el 66% de los encuestados tiene conocimiento sobre el vehículo eléctrico, y el 34% desconoce y a la derecha se observa que el 34% de los encuestados desconoce el vehículo eléctrico por tal motivo no responden la pregunta 4, el 42% de los encuestados estiman que el costo de un VE se encuentra entre los 15000-30000 USD, el 17 % estiman que se encuentra mayor a los 30000 USD y el 7% menor a los 15000 USD.

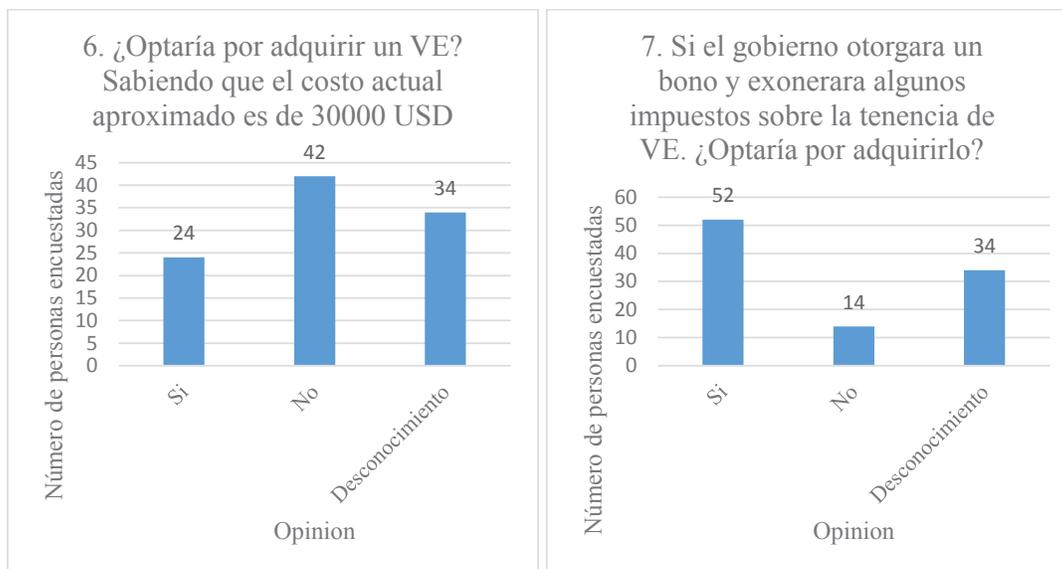


Figura 3-3: Adquisición de VE con exoneración y sin exoneración

Fuente Elaboración propia

En la Figura 3-3 se aprecia en ambos lados que el 34% de encuestados no responde esta pregunta porque desconoce el VE, a lado izquierdo un 24% afirma que adquiriría el VE mientras que un 42% no lo haría, y a lado derecho si hubiesen bonos y exoneraciones por parte del gobierno un 52% de encuestados adquiriría el VE mientras que 14% no lo haría.

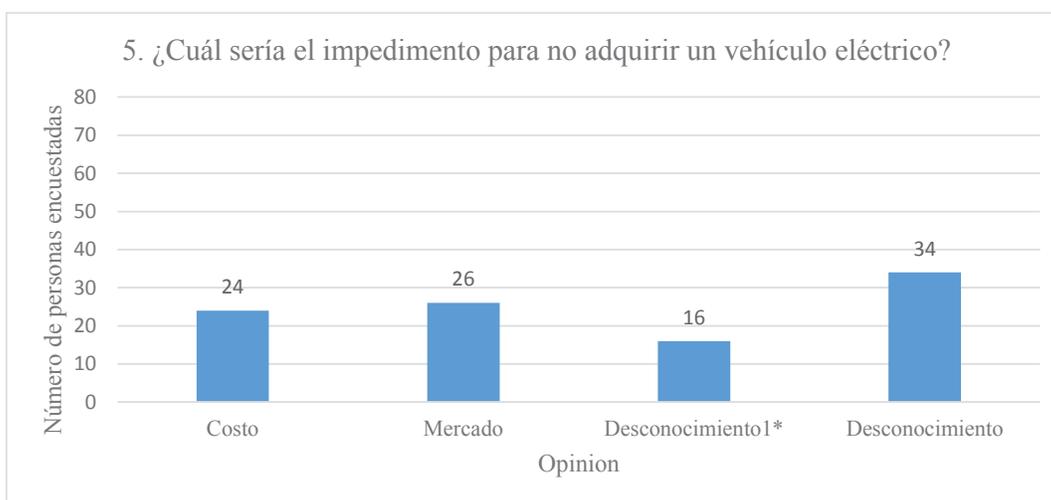


Figura 3-4. Impedimento Para No Adquirir Un Vehículo Eléctrico

Fuente Elaboración propia

Desconocimiento 1*, se refiere a la tecnología de funcionamiento (P.e. Tipo de cambios)

En la fig. 3-4, se determina que el 34% de los encuestados desconoce el vehículo eléctrico por tal motivo no responden esta pregunta, el 26% consideran el mercado es el impedimento para no adquirir un vehículo eléctrico, el 24% consideran el costo y el 16% el desconocimiento de la tecnología de funcionamiento.

Por consiguiente, la mayoría de las personas encuestadas tiene conocimiento sobre el vehículo eléctrico, y el 24% afirma que compraría un vehículo eléctrico de 30000 USD y aumentaría este porcentaje hasta 52% si hubiese bonos y exoneraciones de impuestos, por ello el gobierno juega un papel determinante para la incorporación de VE en el Perú.

Preguntas sobre la infraestructura eléctrica

Consta de tres preguntas que permiten evaluar el conocimiento sobre el tipo de recarga e VE y la situación de las instalaciones eléctricas en viviendas.

- ❖ **Pregunta 8:** ¿Qué complejidad cree que tiene una instalación eléctrica para la recarga de VE en su vivienda?
- ❖ **Pregunta 9:** ¿Su vivienda tiene una instalación exclusiva para la recarga de VE?
- ❖ **Pregunta 10:** ¿Su vivienda cuenta con un sistema de puesta a tierra?

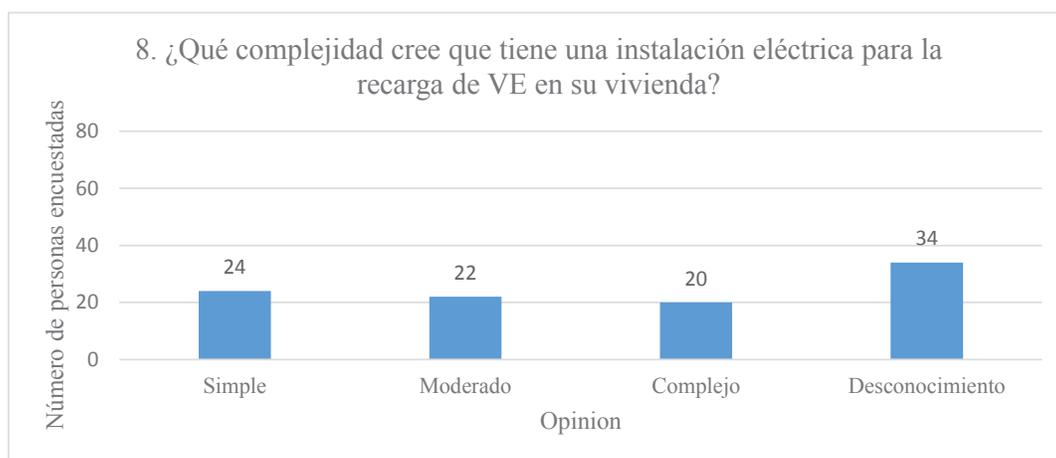


Figura 3-5. Instalación Eléctrica Para Recarga VE
Fuente Elaboración Propia

En la figura 3-5, se determina que el 34% de los encuestados desconoce el VE por tal motivo no responden esta pregunta, el 24% cree que es simple o sencilla la instalación eléctrica para recarga de VE en su vivienda, el 22% considera moderado y el 20% cree que es compleja.

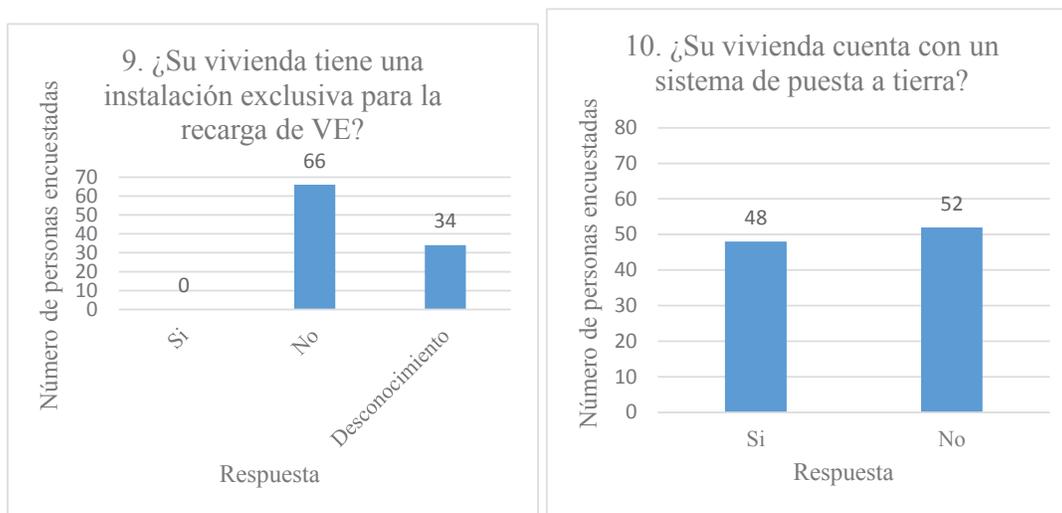


Figura 3-6: Instalación eléctrica para recarga de VE y Sistema de puesta a tierra
Fuente Elaboración Propia

En la figura 3-6, a lado izquierdo se determina que el 34% de los encuestados desconoce el VE por tal motivo no responden esta pregunta y el 66% no tiene una instalación exclusiva para la recarga de vehículos eléctricos. A lado derecho se aprecia que el 52% de los encuestados no cuenta con un sistema de puesta a tierra en su vivienda y el 48% si cuenta con dicho sistema.

Preguntas sobre las expectativas del vehículo eléctrico

Las preguntas expuestas permiten determinar el grado de acogimiento a tecnologías nuevas por parte de la población, en esta sección el encuestador de manera resumida explicó al encuestado sobre conceptos, detalles técnicos, operativos, ventajas y desventajas del VE.

- ❖ **Pregunta 11:** ¿Cómo le parece la adquisición del vehículo eléctrico?
- ❖ **Pregunta 12:** ¿Su próximo vehículo sería un vehículo eléctrico?
- ❖ **Pregunta 13:** ¿Recomendaría que adquiriera un vehículo eléctrico?

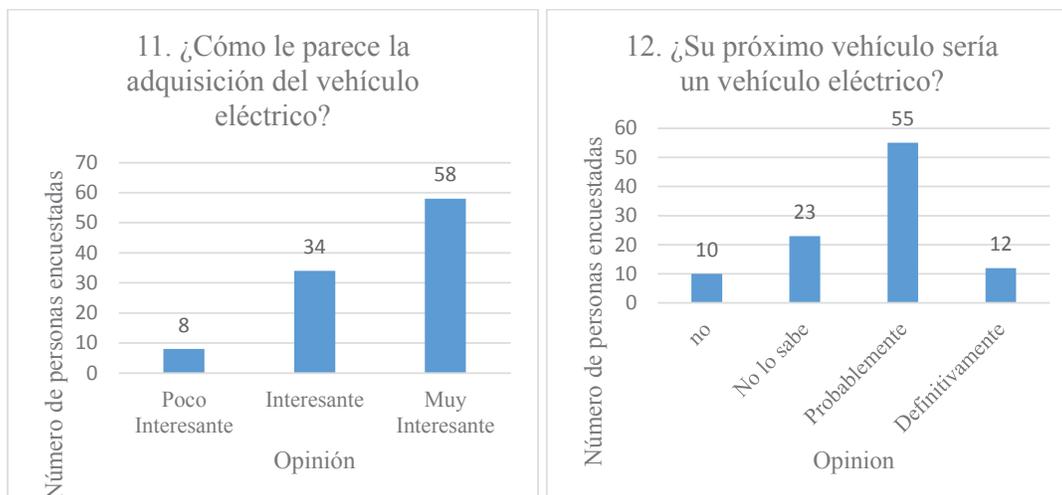


Figura 3-7. Grado De Interés En La Adquisición De Los Vehículos Eléctricos
Fuente Elaboración Propia

En la figura 3-7, a lado izquierda se observa que a un 58% de los encuestados les parece muy interesante el VE, aun 34% les parece interesante y a un 8% poco o nada interesante. A lado derecho se determinó que el 12% de los encuestados definitivamente comprara un VE, el 55% considera probable la compra, el 23% no lo sabe, y el 10% no lo comprara.

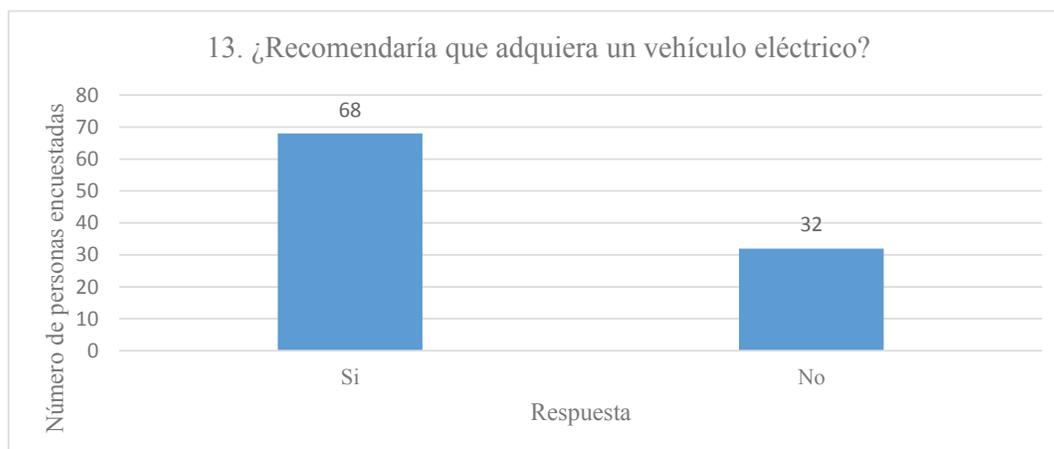


Figura 3-8: Recomendación VE
Fuente Elaboración Propia

En la fig. 3-8 se determina que el 68% de los encuestados recomendaría el vehículo eléctrico, mientras el 32% no la recomendaría.

3.1.2. Ficha técnica de los VCI y VE

Tabla 3-2:

Principales características del VE y VCI

Característica	VCI (Nissan Sentra)	VE (Nissan Leaf)	Unidades
Distancia entre ejes	2.70	2.70	Metros
Longitud total	4.64	4.49	Metros
Ancho total	1.76	1.79	Metros
Altura total	1.51	1.53	Metros
Aerodinámica	0.30	0.28	Adimensional
Número de plazas	05	05	Asientos
Peso de acera	1273.60	1559.18	Kg
Peso bruto	1663.60	1795.00	Kg
Peso bruto	1663.60	1795.00	Kg
Motor	Motor de combustión DOHC 16 válvulas de 4 cilindros	Motor eléctrico síncrono AC	
Potencia	129/6000	147/3283-9795	HP/rpm
Par	173.67/3600	320/0-3283	Nm/rpm
Emisiones	nivel 2-bin 5; lev2-ulev	Cero emisión	
Transmisión	Mecánica de 6 velocidades	Engranaje de reducción de velocidad única	
Combustible	Gasolina	Energía eléctrica	
Almacenamiento	Tanque o cilindro	Baterías de Ion Litio	
Capacidad	13.7 Gal	40 kW.h	
Tiempo de recarga	5	Rápida 40 Normal 6 -12 Lenta 21	Minutos Horas Horas
Autonomía	548	Ciclo NEDC 380 Ciclo WLTP 285	km km
Consumo	40 -	- 7.5	km/Gal km/kWh

Fuente de elaboración: NISSAN

3.2. VIABILIDAD DEL MERCADO

En la presente se evalúa el grado mínimo de adquisición de un vehículo eléctrico en la ciudad del Cusco y el número de VE que probablemente se incorporen en la zona de estudio ya que actualmente no se cuenta con ningún vehículo de esta tecnología.

Para ello se utiliza los resultados obtenidos de la encuesta Nro.1, para validar la viabilidad del mercado, se consideran las siguientes partes de la encuesta

- Perfil de encuestado
- Preguntas sobre el VE (Preguntas 3, 4, 5, 6 y 7)
- Expectativa del VE (Preguntas 11, 12 y 13)

Además, se utiliza la siguiente información de la zona de estudio

- Número total de clientes del AMT QU04 (9443 aproximadamente)
- Densidad de vehículos por cada 1000 personas (55.87 vehículos por cada 1000 personas), fuente elaborada por el ministerio del ambiente, **anexo B**.

El grado mínimo de adquisición de VE en la zona de estudio está dada por la ecuación 3-2

$$GA_{VE} = G * E \text{ (Ecuacion 3-2)}$$

Donde:

GA_{VE} : Grado mínimo de adquisición de vehículos eléctricos

G : Porcentaje de personas que cuentan con garaje (Perfil de encuestado $G=0.61$)

E : Porcentaje de personas que afirmaron la compra de un VE (Encuesta: Pregunta 6 $E=0.24$)

La solución de la ecuación 3-2 es:

$$GA_{VE} = (0.61 * 0.24)$$

$$GA_{VE} = 0.1464$$

$$\%GA_{VE} = \mathbf{14.64\%}$$

El resultado de la ecuación 3-2 indica que el grado mínimo de adquisición porcentual de VE en la zona de estudio es de 14.64%, siendo un grado aceptable, y que podría incrementarse ya que para obtener este resultado se utilizó solamente el porcentaje de personas que compraría un VE a un precio de 30 000 USD y solo aquellas personas que cuentan con un garaje.

Para determinar el número de VE que probablemente se incorporen en el AMT QU04 se hace uso de la ecuación 3-3.

$$DVE = Nx Dx GA_{VE} \text{ (Ecuación 3-3)}$$

Donde:

DVE : Número de vehículos eléctricos en el AMT QU04

N : Número de clientes del AMT QU4

D : Densidad de vehículos por cada 1000 personas

GA_{VE} : Grado de adquisición de VE en la zona de estudio

La solución de la ecuación 3-3 es:

$$DVE = (9443) \left(\frac{55.87}{1000} \right) (0.1464)$$

DVE ~ 77 Vehículos eléctricos

La solución de la ecuación 3-3 advierte que en el año 2022 el AMT QU04 en un escenario optimista contara con 77 VE.

En resumen, para la incorporación de VE se obtiene una viabilidad de mercado con un grado mínimo de adquisición de VE de 14.64% y un número de 77 VE estimados para el año 2022 en el AMT QU04, valores que podrían ser superiores, afirmación que respaldan los resultados de las preguntas de la sección de expectativa sobre el vehículo eléctrico de la encuesta, donde

un 55% de encuestados afirmó que probablemente compraría un VE y 68% recomendaría su adquisición. Además de que, si la difusión y el incentivo por parte del gobierno se dieran, en el año 2022 se contaría con un buen número de VE en la ciudad del Cusco.

3.3. VIABILIDAD TÉCNICA

En este apartado se analiza la viabilidad técnica para la implementación de vehículos eléctricos dentro de la zona de estudio, el propósito es determinar las condiciones necesarias y verificar las ventajas de adquirir un vehículo eléctrico.

Para ello se realiza el análisis en dos aspectos fundamentales, que son la infraestructura necesaria y la operatividad del vehículo eléctrico.

3.3.1. Infraestructura

El hecho de que los VE usen como fuente de potencia la energía eléctrica que es suministrada por unas baterías incorporadas, hace que requiera de una infraestructura eléctrica que cumpla con la normativa vigente.

El vehículo eléctrico en análisis tiene la capacidad de recargar sus baterías a tres modos

- Carga lenta a 8 A (1.76 kW) en 110-120V en 21 horas
- Carga normal a 16-32 A (3.5-7 kW) en 220V en 10 a 12 horas - 6 a 7 horas.
- Carga rápida hasta el 80% en 40 minutos

Los dos modos de recarga lenta y normal se dan normalmente en espacios que comprenden las viviendas tipo residenciales y el modo de recarga rápida en espacios públicos destinados para tal fin, por ello se realiza el análisis de la infraestructura eléctrica en viviendas residenciales como también en vías públicas.

3.3.1.1. *Infraestructura eléctrica en viviendas residenciales (Carga lenta y normal).*

La importancia de contar con una adecuada infraestructura eléctrica residencial que cumpla con la normativa vigente es vital para la adquisición de un VE.

Por tratarse de viviendas residenciales la infraestructura debe cumplir con lo establecido en el CNE, el mismo que tiene una sección dedica a este fin pero que por tratarse del 2006 presenta serias limitaciones que seguramente con la llegada del VE se verá mejorada en un tiempo prudente, por lo pronto se muestra líneas abajo los requerimientos y recomendaciones que hace el CNE para la infraestructura eléctrica necesaria.

❖ Código Nacional de Electricidad – Utilización 2006

La sección 440 “Sistemas para recargar vehículos eléctricos”, es la que comprende parte de lo referente a la infraestructura eléctrica para la recarga de baterías.

a. Equipamiento Para Recarga Vehículos Eléctricos

El CNE lo define como “el conjunto de aparatos, conductores, conectores, enchufe de enlace, adaptadores y accesorios para suministrar energía a un vehículo eléctrico, desde las instalaciones de un local”.

b. Señalización

En su numeral 440-200, indica que la señalización de prevención debe estar fijadas en el punto de conexión.

c. Control y protección

Ahora bien, analizando los tipos de recarga que admite el vehículo en análisis.

Se tiene que la tensión nominal residencial en la zona de estudio de baja tensión es de 220, La recarga de vehículos eléctricos sería del tipo normal, donde la duración de recarga es de 7 a 12 horas, con una corriente mayor a 20A por eso se ubica dentro del numeral 440-300 del CNE que indica que si se tiene un punto de recarga con una capacidad nominal de 20 A o más,

este deberá ser alimentado por un circuito derivado independiente, que solo alimente el equipo de carga, excepto que se requiera usar un equipo de ventilación el cual puede ir dentro del circuito. Siendo así, a continuación se muestra un esquema de cómo tiene que ser el circuito derivado para la recarga de vehículos.

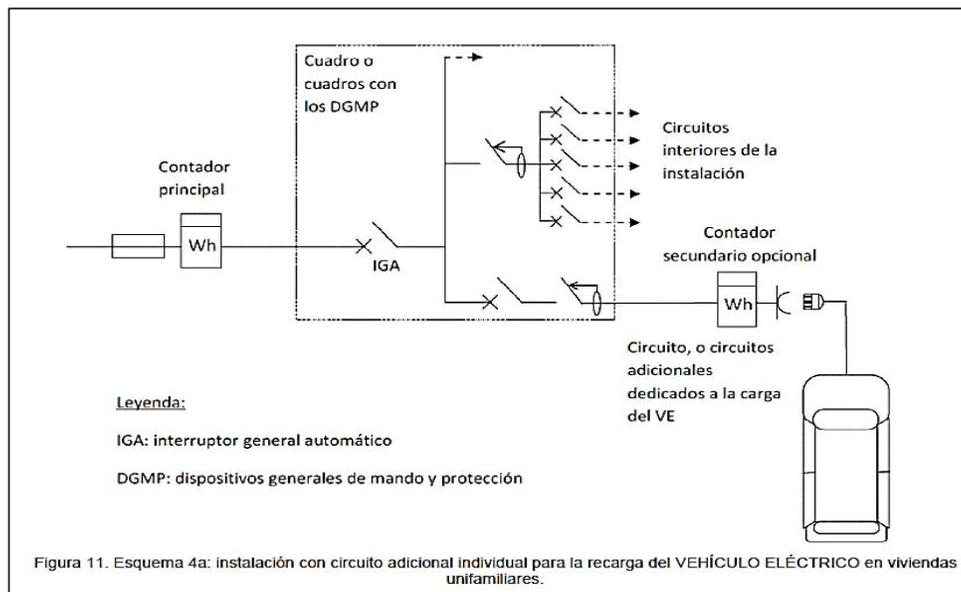


Figura 3-9: Circuito independiente de recarga en vivienda residencial
 Fuente: Real Decreto 1053/2014

3.3.1.2. *Infraestructura Pública (Puntos de recarga rápida).*

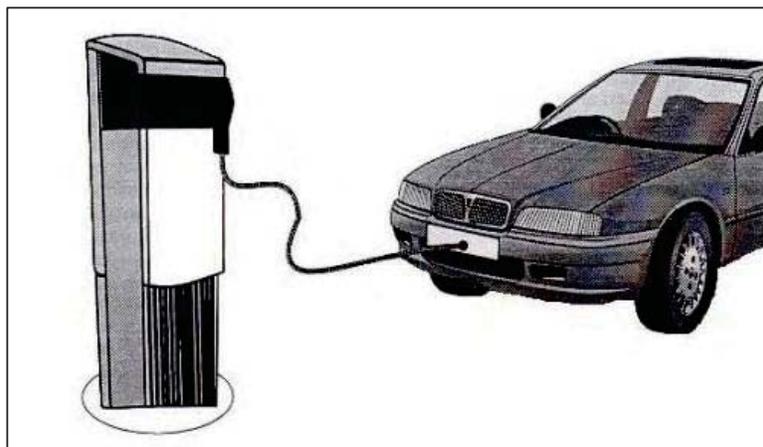


Figura 3-10: Instalación eléctrica para recarga de VE
 Fuente: CNE -U 2006

El CNE-Utilización 2006 en la sección 440 en su numeral 440-402 de manera literal contempla la instalación de infraestructura eléctrica para la recarga rápida de vehículos eléctricos en lugares exteriores “Se permiten lugares de carga en exteriores que incluyan, pero que no estén limitados a garajes abiertos residenciales y caminos de entrada, lugares de parada, estructuras abiertas de estacionamiento, aparcamientos, instalaciones de carga comerciales y lugares similares.”

La situación actual de infraestructura eléctrica en las viviendas residenciales (carga lenta y carga normal) se determinó mediante la Encuesta Nro. 01 en la sección de infraestructura eléctrica del que se afirma que el 100% de los encuestados no cuenta con una instalación eléctrica exclusiva para la recarga de VE (Pregunta 9) y que además el 52% de los encuestados no cuenta con un sistema de puesta a tierra que es obligatoria en cualquier instalación eléctrica, mostrando así precariedad de las instalaciones eléctricas en viviendas, de manera que la infraestructura eléctrica en viviendas sería una limitante para la incorporación de VE, pero que en el año 2022 esta situación sería superada debido al grado de adquisición de VE de 14.64% dentro de la zona determinado en el segmento de viabilidad del mercado. Como en la actualidad no existen VE, tampoco se cuenta con infraestructura de recarga pública (puntos de recarga rápida - electrolinea), por ello el estudio en el capítulo V plantea la ubicación de estos dentro de la zona de estudio.

3.3.2. Operatividad

El análisis de comparación de las características operativas del VE y el VCI, tiene la finalidad de demostrar las ventajas y desventajas del uno con el otro de modo que un análisis básico en conjunto permite afirmar cuál de estos goza de mejores condiciones.

Para realizar el análisis se divide en características técnicas básicas que tienen similitud y se determina la ventaja del uno con el otro.

❖ **Dimensiones y pesos.** Las dimensiones tanto como el peso son una característica principal a la hora de elegir un vehículo, ya que por esto, quien lo adquiera puede saber cuántas personas y qué peso a bordo puede llevar.

Tabla 3-3:

Comparación de dimensiones y pesos del VE y VCI

Característica	VCI	VE	Unidad
Distancia entre ejes	2.70	2.70	Metros
Longitud total	4.64	4.49	Metros
Ancho total	1.76	1.79	Metros
Altura total	1.51	1.53	Metros
Aerodinámica – Coeficiente de arrastre	0.30	0.28	Adimensional
Número de plazas	05	05	Asientos
Peso de acera	1273.60	1559.18	Kg
Peso bruto	1663.60	1795.00	Kg

Fuente: elaboración propia

De la tabla 3-3 los datos comparados permiten afirmar que el VE goza y ofrece características muy parecidas por no decir iguales a la de un VCI. En cuanto a las dimensiones, la importancia de esta característica influye directamente en la estabilidad del vehículo y la capacidad de carga, siendo así un VE tan estable y capaz de llevar cargas iguales a un VCI. La diferencia en cuanto al coeficiente de arrastre que es una cantidad adimensional que se usa para cuantificar el arrastre de un objeto en un medio fluido como el aire, de modo que esta característica es menor en el VE que indica que tiene menor arrastre que el VCI. Y por último la diferencia en la característica de peso, que influye en el consumo de energía y el desgaste de los neumáticos, siendo mayor en el VE debido a las baterías que tienen un peso considerable que resulta siendo una desventaja con respecto al VCI.

❖ **Motor.** Considerado como uno de los elementos fundamentales para la operación de un vehículo, es una máquina que transforma un tipo de energía en energía mecánica ofreciendo par y velocidad capaz de realizar trabajo.

Tabla 3-4:

Tabla comparativa del motor del VE y VCI

Característica	Motor de combustión DOHC 16 válvulas de 4 cilindros	Motor eléctrico síncrono AC
Potencia (HP/rpm)	129/6000	147/3283-9795
Par (Nm/rpm)	173.67/3600	320/0-3283
Emisiones	nivel 2-bin 5 (EPA); lev2-ulev (CARB)	Cero emisión
Eficiencia (%)	25%	90%

Fuente: Elaboración propia (Manual de vehículo eléctrico y vehículo de combustión)

Nota: Los valores de eficiencia de los motores son generales tanto para el de combustión como para el eléctrico están referidos a la capacidad de transformar la energía entregada a potencia mecánica rotatoria (Rodríguez, 2011).

De la tabla 3-4 se aprecia las diferencias que tienen ambos motores, en cuanto a la potencia se observa -que el VE ofrece mayor potencia teniendo una diferencia amplia frente a un motor de un VCI, además que ofrece esa potencia a un rango amplio de velocidad, de manera similar la característica de par ofrecida por el VE es mucho mayor a la de un VCI y que también se obtiene en un rango de velocidad amplio. La característica que hace interesante el motor del VE eléctrico es que no genera GEI, contribuyendo así al cuidado del medio ambiente. Y por último se tiene una ventaja amplia de rendimiento de energía del motor del VE con respecto del VCI, ya que el último solo aprovecha un 25% de la energía calorífica que genera la explosión de combustible, mientras el VE el 90% de la potencia eléctrica entregada..

❖ **Transmisión.** Es otro elemento principal para la operación de vehículos, su función es la de transmitir la energía mecánica generada por el motor a las ruedas, combinando par y velocidad.

Tabla 3-5:

Tipos de transmisión

Tipo de vehículo	Tipo de transmisión
VCI	Mecánica de 6 velocidades
VE	Engranaje de reducción de velocidad única

Fuente: elaboración propia

De la tabla 3-5 entre los tipos de transmisión mecánica es que un VCI requiere de un mecanismo de seis marchas con las relaciones de transmisión de igual número, y el VE posee una única marcha, debido a que el par máximo ofrecido del VE es desde las cero revoluciones y además que un VCI para cambiar el nivel de marcha se tiene que desacoplar. La transmisión de un VE permite que la conducción sea suave y además que al acelerar siempre encuentra el punto adecuado para extraer toda la potencia y par. Debido a la sencillez de su estructura y operación de la transmisión del VE se tiene ventajas en cuanto al alto rendimiento y bajo mantenimiento que requiere.

❖ **Fuente de energía.** Como su nombre indica es el elemento o parte del vehículo del cual se obtiene la energía para el funcionamiento del motor a partir de una fuente o elemento primario.

Tabla 3-6:

Comparación de las características de la fuente de energía del VE y VCI

Tipo de vehículo	Elemento primario	Fuente de almacenaje	Capacidad de almacenaje	Tiempo de recarga
VCI	Gasolina	Cilindro	13.7 Gal (501.03kW.h)	5 minutos
VE	Energía eléctrica	Baterías de Ion Litio	40 kW.h	40 minutos-12 horas

Fuente: elaboración propia

Nota: Para la conversión de unidades se utilizó las siguientes equivalencias 1MJ=0.2778kW, 1L=0.26417Gal. Se sabe además que 1 litro de gasolina contiene 34,78MJ (Wikipedia).

En la tabla 3-6 se pueden observar las características de ambas fuentes que proporcionan energía para el funcionamiento mecánico del vehículo, dentro de las diferencias se tiene el tiempo de recarga de las fuentes siendo el VCI más ventajosa en este aspecto ya que requiere como promedio solo 5 minutos para dejar al 100% la fuente de almacenaje, mientras que en el caso del VE al día de hoy se requiere de al menos 40 minutos para realizar una recarga al 80% si se dispone de una estación de carga rápida o de 7 a 12 horas en caso de no contar con una estación de recarga rápida, resultando el VCI en ventaja ya que permite realizar viajes de largas

distancias. Otra diferencia está dado por el tipo de combustible usado en caso del VCI es peligroso debido a que su fuente es un combustible inflamable y que genera GEI no siendo así la fuente de energía del VE.

❖ **Rendimiento.** Se refiere a la capacidad de autonomía que es capaz de brindar la fuente de almacenaje de energía del vehículo, se realiza una comparación de rendimiento en función de la duración de la fuente de energía.

Tabla 3-7:

Comparación del rendimiento de la autonomía del VE y VCI

Tipo de vehículo	Autonomía	Consumo	Cantidad de almacenaje
VCI	548 km	1.09km – 1kW.h (0.027Gal)	13.7 Gal (501.03kW.h)
VE	378 km (270 km)	6.75km - 1kW.h	40kW.h

Fuente: elaboración propia

Nota: Para la conversión de unidades se utilizó las siguientes equivalencias 1MJ=0.2778kW, 1L=0.26417Gal. Se sabe además que 1 litro de gasolina contiene 34,78MJ (Wikipedia).

De la tabla 3-7 en cuanto al rendimiento de los vehículos de acuerdo al agotamiento de la fuente de energía resulta siendo ventajoso el VCI superando la autonomía del VE en 278 km siempre y cuando se realice viajes distantes, más si son cortos los VE no tendrán dificultad ya que podrían cargarse en cualquier punto de recarga normal o rápida. Además se aprecia que la cantidad que permite almacenar el tanque de combustible del VCI es 12.5 mayor en comparación al del VE.

❖ **Mantenimiento.** El mantenimiento de vehículos es sin duda uno de los aspectos mas preponderantes para el funcionamiento, por ello no podía quedar atrás, para este análisis comparativo se realiza una lista básica de los elementos que requieren mantenimiento o reemplazo en los VCI y VE.

*Tabla 3-8:
Mantenimiento necesario del VE y VCI*

Descripción	VCI	VE
Lubricante motor	Si	No
Filtro de aceite	Si	No
Lubricante caja	Si	Si
Bandas	Si	No
Líquido de frenos	Si	Si
Descripción	VCI	VE
Frenos	Si	Si
Neumáticos	Si	Si
Reparación motor	Si	Si
Refrigerante del motor	Si	Si
Suspensión	Si	Si
Cambio de bujías	Si	No
Cambio de filtro de aire	Si	No
Inspección y mantenimiento de los circuitos eléctricos	Si	No

Fuente: elaboración propia

De la tabla 3-8 comparativa se puede realizar una conclusión y apoyada en lecturas que se hicieron en diferentes foros de internet, que los VE son más ventajosos a la hora de comparar un mantenimiento para su operatividad debido a la sencillez de su estructura.

En líneas generales se puede concluir indicando que la viabilidad técnica de infraestructura eléctrica y operativa del VE es factible, debido a que en el año 2022 se tendrán instaladas la infraestructura eléctrica domiciliaria y publica por el grado de aceptación de 14.64% que tiene el VE , y así mismo se demostró que un VE puede ocupar el lugar del VCI sin inconvenientes y aportando algunas ventajas importantes tanto para quien lo adquiere como para el medio ambiente.

3.4. VIABILIDAD ECONÓMICA

En el presente análisis se tiene por objetivo determinar la conveniencia o no de adquirir un vehículo eléctrico. Para determinar la mejor alternativa de entre el vehículo eléctrico y de combustión, se realizan comparaciones económicas para valorar la rentabilidad del proyecto.

Para realizar el análisis económico sobre la incorporación del VE en la zona de estudio, se utiliza la ecuación 3-4.

$$CT = CO + CU + CM \text{ (Ecuación 3-4)}$$

Donde:

CT : Costo total

CO : Costo de operación o de consumo

CU : Costo de la unidad

CM: Costo de mantenimiento

El análisis se realiza con información de los dos vehículos explicados anteriormente, el VE y VCI de los que se extraen las características que se muestran en la tabla 3-9.

Tabla 3-9:

Características necesarias del VE y VCI para el análisis de la viabilidad económica

Vehículo eléctrico	
Batería (capacidad)	40 kWh
Potencia	Motor Trasero 110 kW (150 CV)
Autonomía	Ciclo NEDC 378 km Ciclo WLTP 270 Km
Precio	US\$ 30,000.00
Vehículo de combustión interna	
Potencia	Motor delantero 129 HP (130.79 CV)
Rendimiento	40 Km/galón (Ciudad)
Precio	US\$ 20,450.00

Fuente de elaboración: (ficha técnica NISSAN)

De la tabla 3-9 se toma en consideración la autonomía de 270 Km en el ciclo WLTP (Procedimiento De Prueba Armonizado Mundialmente Para El Servicio De Transporte Ligero)

que son pruebas mucho más exigentes que el ciclo NEDC (Nuevo ciclo de conducción europea) en el que resulta con una autonomía de 378km, tomando en consideración la geografía de la ciudad del Cusco que comprende zonas montañosas, la cual influye directamente en la autonomía de la batería.

- **Costo de Operación o de consumo**

Se realiza un análisis respecto al costo de energía consumida que implica el funcionamiento de un VCI y de un VE, se tiene en consideración el consumo de energía eléctrica de un VE para 8 años o 160000 Km que es la garantía que ofrecen las baterías en la casa comercial.

Para analizar los costos, primero se requiere conocer el rendimiento que tendrá un VCI en 270 Km que es la autonomía máxima del VE para realizar la comparación.

Rendimiento VCI:

40km 1Gal(Gasolina 90 octanos)

270km XGal

Resolviendo la comparación resulta que $X = 6.75 \text{ gln}$, por consiguiente, el vehículo de combustión consume 6.75 gln de gasolina de 90 octanos para hacer un recorrido de 270km.

La comparación de costos de consumo se detalla en la siguiente tabla 3-10.

Tabla 3-10:

Costo de Operación de un VE y VCI en 270 Km

	Costo de energía (S/. / kWh) (S/. / gln)	Consumo de Energía	Costo de energía en 270 Km	Costo de energía en 160,000 Km
VE	0.5918	40 kWh/270 Km	S/. 23.672	S/. 14,027.85
VCI	12.50	6.75 gln/270 Km	S/. 84.375	S/. 50,000.00

Fuente: elaboración propia

En la tabla 3-10 se considera el costo de energía eléctrica del pliego tarifario actual del servicio público de electricidad correspondiente a la tarifa BT5B, residencial con consumo

mayor a 100 kWh por mes, para tener un mejor punto de vista en el análisis económico por parte de las distribuidoras de energía eléctrica. También se considera el precio actual en la ciudad del Cusco del combustible de 90 octanos que utiliza como materia prima el VCI.

- **Costo de la unidad**

El Costo de la adquisición de la unidad, el cual viene dado por las concesionarias o casa representantes de cada vehículo eléctrico. La información es real y fácilmente verificable en el mercado. Los precios y comparaciones se observan en la tabla 3-11.

*Tabla 3-11:
Costo de la unidad de un VE y VCI*

Tipo de vehículo	Modelo de vehículo	Precio del vehículo(US\$)	Precio del vehículo(S/.)
Eléctrico	VE	US\$ 30,000.00	S/.98,100.00
Combustión interna	VCI	US\$ 20,450.00	S/.66,871.5

Fuente: elaboración propia

Nota: En la tabla se considera el tipo cambio de US\$ 1 = S/. 3.27 soles

- **Costo del mantenimiento**

El costo de mantenimiento hace referencia el precio pagado por conceptos de las acciones realizadas para conservar el vehículo.

Para mayor información de las actividades y costos del plan de mantenimiento se realizó la encuesta Nro.2 (ver **ANEXO C**) en los talleres de mantenimiento de las principales casas comerciales de venta de vehículos que se encuentran en la ciudad del Cusco requiriendo el costo de mantenimiento de un vehículo de combustión de características parecidas a la del VCI en estudio, el análisis considera un recorrido estándar de 160,000 Km que es la garantía que nos ofrece la empresa comercial del VE, los datos obtenidos de la encuesta Nro.2 se muestra en las tablas 3-12 y tabla 3-13.

Tabla 3-12:
Actividades de mantenimiento de los VCI

Principales actividades del mantenimiento de un vehículo de combustión interna	Requiere mantenimiento cada	Cambios en 160000 Km	Costo Unitario en Cusco	Costo de la mano de Obra	Costo Total (S/.)
Lubricante Motor	5000km	32	S/. 112.85	S/. 60.00	S/.5,531.20
Filtro de aceite	5000km	32	S/. 58.15	S/. 60.00	S/.3,780.80
Lubricante Caja	30,000km	5	S/. 123.00	S/. 60.00	S/.915.00
Bandas	90,000km	1	S/.360.00	S/. 60.00	S/.420.00
Frenos	25,000km	6	S/.375.50	S/. 60.00	S/. 2,613.00
Llantas	80,000km	2	S/.650.00	S/. 60.00	S/.1,420.00
Reparación Motor	200,000km	0	S/.950.00	S/. 60.00	S/. 0.00
Refrigerante de motor	45,000km	3	S/.142.50	S/. 60.00	S/. 607.5
Suspensión	100,000km	1	S/. 830.00	S/. 60.00	S/. 890.00
Cambio de bujías	20,000km	8	S/.100.00	S/. 60.00	S/. 1,280.00
Cambio filtro de aire	12,500km	12	S/.76.382	S/. 60.00	S/. 1,636.59
TOTAL DE COSTO DE MANTENIMIENTO (S/.)					S/.19,094.09

Fuente: elaboración propia

Tabla 3-13:
Actividades de mantenimiento en los VE

Principales actividades del mantenimiento de un vehículo eléctrico	Requiere mantenimiento cada:	Cambios en 160000 Km	Costo Unitario en Perú	Costo de la mano de Obra	Costo Total (S/.)
Lubricante Motor	No se necesita	0	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
Filtro de aceite	No se necesita	0	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00

Principales actividades del mantenimiento de un vehículo eléctrico	Requiere mantenimiento cada:	Cambios en 16000 Km	Costo Unitario en Perú	Costo de la mano de Obra	Costo Total (S/.)
Lubricante Caja	30,000 km	5	S/. 123.00	S/. 60.00	S/.915.00
Bandas	No se necesita	0	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
Frenos	25,000 km	6	S/.375.50	S/. 60.00	S/. 2,613.00
Llantas	80,000 km	2	S/.560.00	S/. 60.00	S/.1,240.00
Reparación motor	400,000 km	0	S/.950.00	S/. 60.00	S/. 0.00
Refrigerante motor	45,000 km	3	S/.142.50	S/. 60.00	S/. 607.5
Suspensión	100,000 km	1	S/. 830.00	S/. 60.00	S/. 890.00
Cambio de bujías	No se necesita	0	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
Cambio filtro de aire	No se necesita	12	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
Circuitos eléctricos	20,000 km	8	S/. 50.00	S/ 60.00	S/.880.00
TOTAL DE COSTO DE MANTENIMIENTO (S/.)					S/. 7,145.50

Fuente: elaboración propia

En la tabla 3-13 se aprecian las actividades que no requiere un VE en comparación al VCI y también se agrega una nueva actividad que es el “mantenimiento de los circuitos eléctricos”.

Al aplicar la ecuación 3-3 el costo total (C.T.) para cada vehículo analizado, se muestra la tabla 3-14:

Tabla 3-14:

Comparación del costo total de un VE y VCI

Tipo de vehículo	Costo de Adquisición	Costo de operación	Costo de mantenimiento	COSTO TOTAL
Eléctrico	S/.98,100.00	S/.14,027.85	S/.7,145.5	S/.119,273.35
Combustión interna	S/.66,871.5	S/.50,000.00	S/.19,094.09	S/.135,965.59

Fuente: elaboración propia

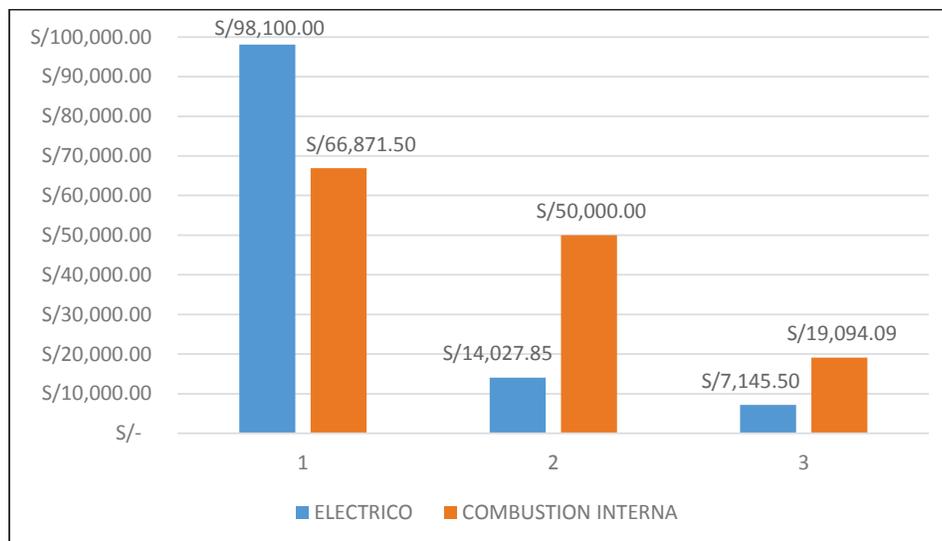


Figura 3-11: Comparación de costos e un VE y VCI

Fuente: elaboración propia

En la figura 3-11 se presenta los costos de operación, adquisición de unidad y de mantenimiento del VE y del VCI, en la que se observa el costo alto de adquisición de un VE en comparación de un VCI, además se aprecia que el costo de operación y de mantenimiento son menores para el caso del VE en comparación al de VCI.

Por consiguiente, para un recorrido de 160 000km se tiene un costo total menor en el VE debido principalmente a los costos de operación y de mantenimiento que son bajos en comparación al de un VCI.

3.4.1. Evaluación de la adquisición del VE.

Para verificar cual es el más conveniente entre el VE y VCI, se analizara con el indicador del valor actual de Costos.

3.4.1.1. *Calculo del VAC*

El valor actual de costos, VAC, permite comparar la alternativa más conveniente desde el punto de vista técnico económico. Se calcula de acuerdo a la ecuación 3-4.

$$VAC = I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} \quad (\text{Ecuacion 3-4})$$

Donde:

I_0 : Inversión inicial

C_t : Costos incurridos durante el periodo t

n : horizonte de evaluación

r : Tasa de descuento

La alternativa que presente el menor valor actual de costos se determina como el más conveniente.

Para hallar el VAC se requiere determinar el costo de operación y mantenimiento anual de un VE y VCI para realizar la comparación. Como se muestra en la siguiente tabla 3-15.

Tabla 3-15:
Costo de operación y mantenimiento del VE y VCI

Detalle	VCI		VE	
Costo de adquisición	S/. 66,871.50		S/. 98,100.00	
Costo de operación y mantenimiento	S/. 69,094.09	(8 años)	S/. 21,173.35	(8 años)
	S/. 8,636.76	(1 año)	S/. 2,646.67	(1 año)
Garantía de la batería			8 años	
Tasa de interés	10%		10%	
VA	S/. 46,076.48		S/. 14,119.78	
VAC	S/. 112,947.98		S/. 112,219.78	

Fuente: elaboración propia

En la tabla 3-15 se observa que se tiene como resultado que el VE tiene como valor actual de costo de S/. 112,219.78 mientras el VCI S/. 112,947.98. por lo que se puede afirmar que el VE es la alternativa más conveniente desde el punto de vista técnico económico dentro del periodo de 8 años que es la garantía que ofrece la empresa comercial del VE.

3.5. IMPACTO AMBIENTAL

3.5.1. Reducción de las emisiones de CO₂

La incorporación de VE tendrá un impacto positivo en la parte ambiental, ya que reduce la cantidad de CO₂ que se dejará de emitir en el AMT QU04 al ser reemplazados por VE.

Con la incorporación contribuiremos a reducir los gases de efecto invernadero que son los causantes del calentamiento global, mejorando la calidad de vida de los ciudadanos. En la siguiente tabla se muestra las emisiones de CO₂ emitidas por los 2 vehículos comparados.

Tabla 3-16:

Tabla comparativa de emisión de CO₂

Tipos de vehículos	Emisiones de CO ₂ (Kg CO ₂ /Km) ficha Técnica	En 270 Km (Recarga de batería)	Incorporación de 77 VE (Kg CO ₂) en 270 Km
VE	0	0	0
VCI	0.182	49.14	3783.78

Fuente: Nissan

En la tabla 3-16, se determina que con la incorporación de los 77 VE en el AMT QU04 en la primera recarga de baterías se reducirá las emisiones en 3783.78 Kg de CO₂, que es una cantidad significativa que contamina en el aire.

Además, el uso de VE's reducirá considerablemente el uso de lubricantes que se utilizan en el mantenimiento de VCI, que a la larga contaminan el suelo y el agua.

Con respecto a las baterías eléctricas, tienen un porcentaje medio de contaminación por lo que se debe realizar planes de recolección y reciclaje para que la contaminación se reduzca totalmente con la incorporación de esta nueva tecnología.

3.5.2. Reducción de la contaminación acústica.

Según el Dr. Robert Barti (2015), en su estudio "El vehículo eléctrico y la reducción del

ruido ambiental en ciudades”, en el que compara la emisión de ruidos de los vehículos de combustión interna (MCI) y la emisión de ruidos del vehículo eléctrico (ME) para diferentes estados (vehículo parado, en movimiento, a velocidad constante, y otros) en su análisis realizado concluye que:

- La reducción del ruido ocasionado por el propulsor del VE es menor.
- El ruido ocasionado por los neumáticos aun implica contaminación acústica.
- La percepción de ruido en los semáforos con los VE será sin duda de confort porque al estar parados no emiten ningún tipo de ruido.
- Los niveles de ruido al arrancar de parados tanto el VE como el VCI son muy similares.

Por lo mostrado en el desarrollo del capítulo a entender de los redactores es viable la incorporación de VE en la zona de estudio, sustentado en los resultados de los segmentos desarrollados tal es el caso de la viabilidad de mercado en el que se aprecia un grado de 14.64% de adquisición del VE y que en el año 2022 se contaría con 77 VE formando parte del parque automotor del Cusco y del AMT QU04, además que el mayor inconveniente para adquirirlo es el mercado en caso de las personas que estarían predispuestas a adquirir un VE, el segundo segmento de viabilidad técnica en el que se tiene moderada precariedad aun en las instalaciones eléctricas domiciliarias y además que edificaciones nuevas no están proyectadas a contar con puntos de recarga en los garajes esto debido a la falta de publicidad e iniciativa por parte de las autoridades, se demostró además mediante una comparación técnica que un VE puede ocupar el lugar de un VCI sin ningún inconveniente, en el tercer segmento de viabilidad económica se demostró que es más conveniente adquirir un VE en el tiempo de vida útil que garantiza la casa de ventas (8 años), y por último el segmento de impacto ambiental en el que se demostró que el VE saca una ventaja abismal en lo que refiere al cuidado del medio ambiente porque no emite GEI, evitando así una emisión de 3783.78 Kg de CO₂ si se incorporaran 77 VE.

CAPÍTULO IV:

DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y FUTURA DEL AMT QU04

4.1. INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se determina el diagnóstico actual y futuro de la condición operativa de cargabilidad en el AMT QU04 sin la incorporación de VE, con el propósito de evaluar la medida en que variara dentro del periodo de estudio. Para tal fin el capítulo se divide en tres segmentos. En el primer segmento se caracteriza el AMT QU04, en el segundo segmento se evalúa la condición operativa actual de cargabilidad año 2017, y en el último segmento se determina la condición operativa proyectada en el periodo 2018 al 2022.

4.2. CARACTERIZACIÓN DEL AMT QU04

En este segmento se describe y caracteriza la infraestructura eléctrica existente del AMT QU04 y se presenta el modelo eléctrico para la simulación en DIGSILENT Power Factory.

4.2.1. Subestación de Transformación Quencoro

La subestación de Quencoro está ubicada geográficamente en el distrito de San Jerónimo, inició su operación en el año 1084 actualmente es operado por Red de Energía del Perú - REP, posee 02 transformadores de potencia de tres devanados de características que se muestran en la Tabla 4-1, los que mediante una barra de 10.5 kV suministran 21MW de potencia a 07 alimentadores, alimentadores que tuvieron su última modificación de topología en el año 2010, distribuidos de la forma en que se muestra en la figura 4-1, dentro de ellos el AMT QU04.

Tabla 4-1:

Características de los transformadores de potencia de la SET Quencoro

Ítem	Año de operación	Potencia (MW)	Tensión (kV)	Conexión
TF 1 - 3Ø	2010	20/6/14	132±8x1.25/34.5/10.5	Yn/Yn0/d11
TF 2 - 3Ø	1982	10/3/7	132±8x1.25/34.5/10.5	Yn/Yn0/d11

Fuente: OSINERGMING (mapa de subestaciones)

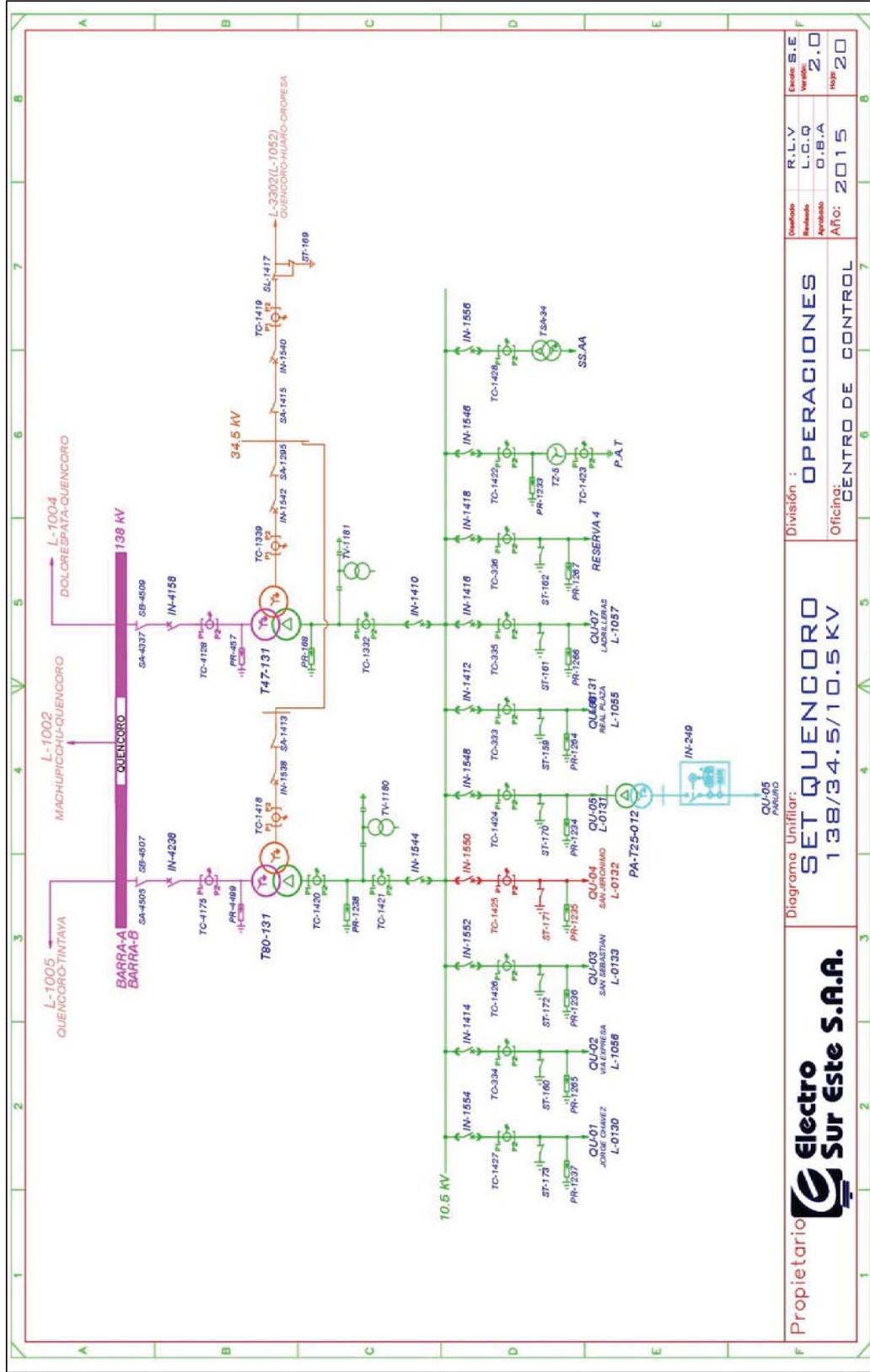


Figura 4-1: Diagrama unifilar de la SET Quencoro
Fuente: Centro de control - ELSE alimentador de media tensión QU04

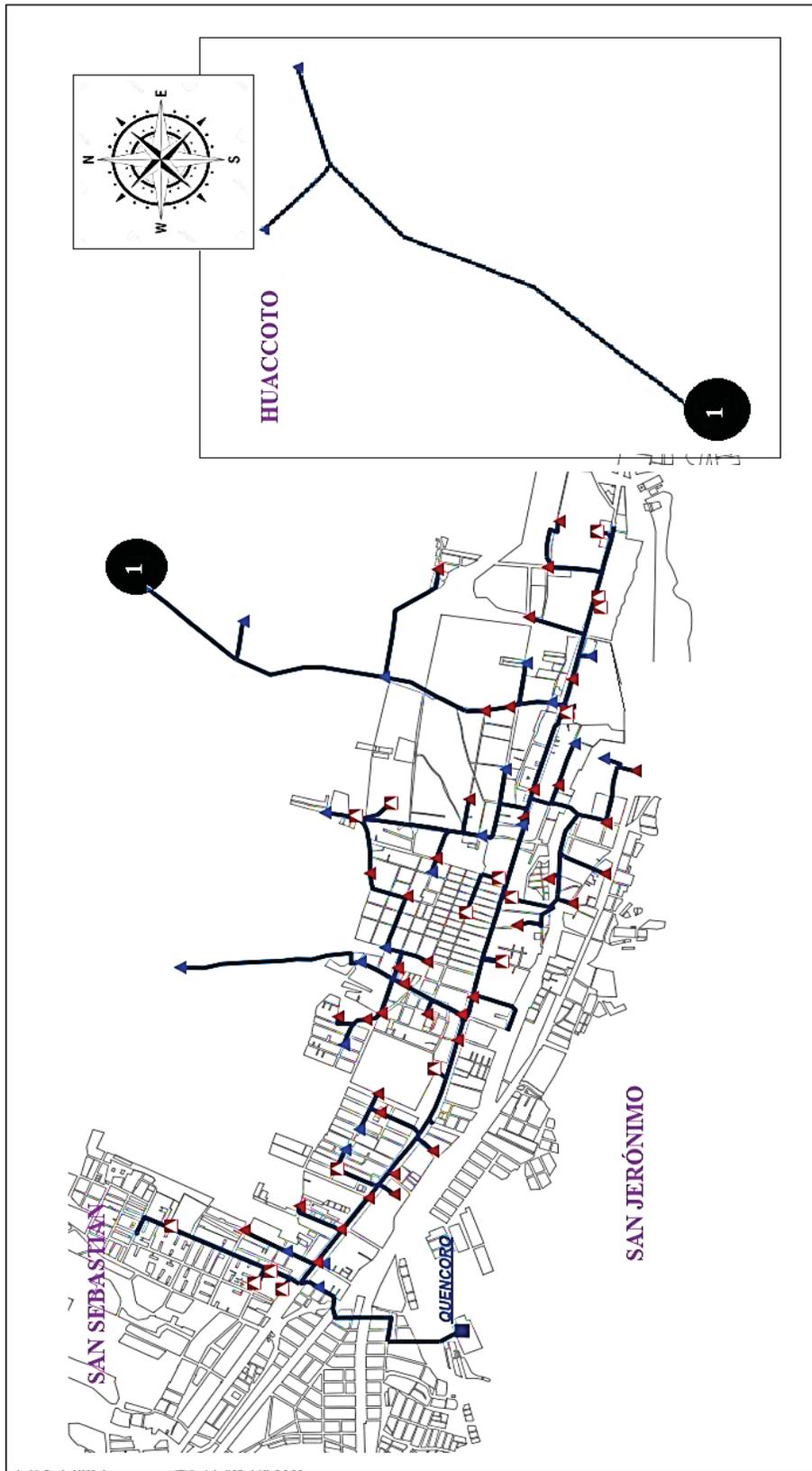


Figura 4-2. Topología de distribución del AMT QU04
Fuente: SID – ELSE

Este circuito es el que se expande en el distrito de San Jerónimo y parte del distrito de San Sebastián, actualmente posee un total de 83 transformadores, y una longitud total de 28,788km. En la figura 4.2 se aprecia la topología de distribución del AMT QU04.

4.2.1.1. Longitud de Ramales y Numero De SED Que Conforman el AMT QU04

En la tabla 4-2, modelado de acuerdo a la figura 4-3, se presenta la cantidad y longitud de ramales existentes, además del número de SED's por los que están compuesto cada uno y que conforman el AMT QU04 que luego servirán para el modelamiento en el software DIgSILENT Power Factory para la respectiva simulación de flujo de potencia.

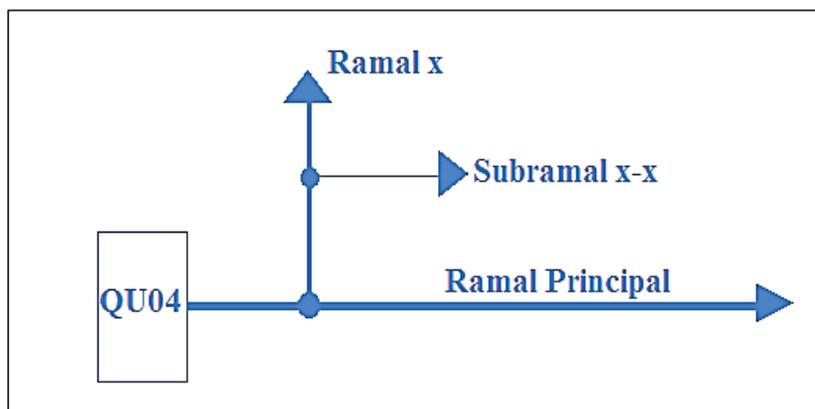


Figura 4-3: Modelo de caracterización del AMT QU04

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-2:

Ramales y numero de SED's que presenta el AMT QU04

Alimentador	Nro. de SED	Longitud (m)	Alimentador	Nro. de SED	Longitud (m)
Principal 01	10	6340.238	Ramal 13	3	1990.589
Ramal 1	2	1253.651	Subramal 13-1	1	319.912
Subramal 1-1	1	76.894	Subramal 13-2	1	273.931
Subramal 1-2	1	81.500	Subramal 13-3	1	75.760
Ramal 2	1	35.990	Subramal 13-4	1	62.477
Ramal 3	3	647.343	Subramal 13-5	2	268.948
Ramal 4	2	292.717	Ramal 14	2	513.261
Ramal 5	1	96.631	Ramal 15	3	1262.693
Ramal 6	2	1255.928	Subramal 15-1	1	191.968
Subramal 6-1	1	110.639	Subramal 15-2	1	194.655
Ramal 7	1	32.098	Subramal 15-3	2	183.144
Ramal 8	1	114.109	Ramal 16	1	48.000
Ramal 9	2	391.537	Ramal 17	1	48.768
Subramal 9-1	1	127.884	Ramal 18	5	5362.269

Alimentador	Nro. de SED	Longitud (m)	Alimentador	Nro. de SED	Longitud (m)
Ramal 10	1	70.693	Subramal 18-1	1	244.538
Ramal 11	7	1687.819	Subramal 18-1	1	731.973
Subramal 11-1	1	92.948	Subramal 18-1	1	216.298
Subramal 11-2	3	515.935	Subramal 18-1	1	510.000
Ramal 11-2-1	1	184.000	Ramal 19	1	63.207
Ramal 11-2-2	1	101.310	Ramal 20	1	300.000
Ramal 11-2-3	1	344.530	Ramal 21	1	50.500
Subramal 11-3	2	1211.293	Ramal 22	1	31.712
Subramal 11-4	1	142.979	Ramal 23	1	584.141
Ramal 12	1	33.134	Subramal 23-3	1	18.439
QU04 = 83 SED's ; Longitud Total = 28.7km					

Elaboración propia (fuente SID-ELSE)

En el **ANEXO D** se detalla las características más importantes de las 83 SED's que conforman el AMT QU04, esta información será usada en el modelamiento del circuito eléctrico en el software de simulación DIgSILENT Power Factory.

4.2.1.2. *Numero de SED's por ramal*

En la figura 4-4 se muestra la distribución de las 83 SED's que se encuentran en el AMT QU04, de la figura se infiere que los ramales que poseen mayor número de SED's son: Ramal 11 con 15 SED's , el Ramal 13 con 9, el Ramal 16 con 6, el Ramal 20 con 7 y otros con menores cantidades, cabe señalar que el ramal 18 posee 09 SED's que están ubicadas en zonas rurales y en adelante se obviarán en el análisis debido a que la adquisición de VE en dichas zonas no es factible dentro del periodo de estudio.

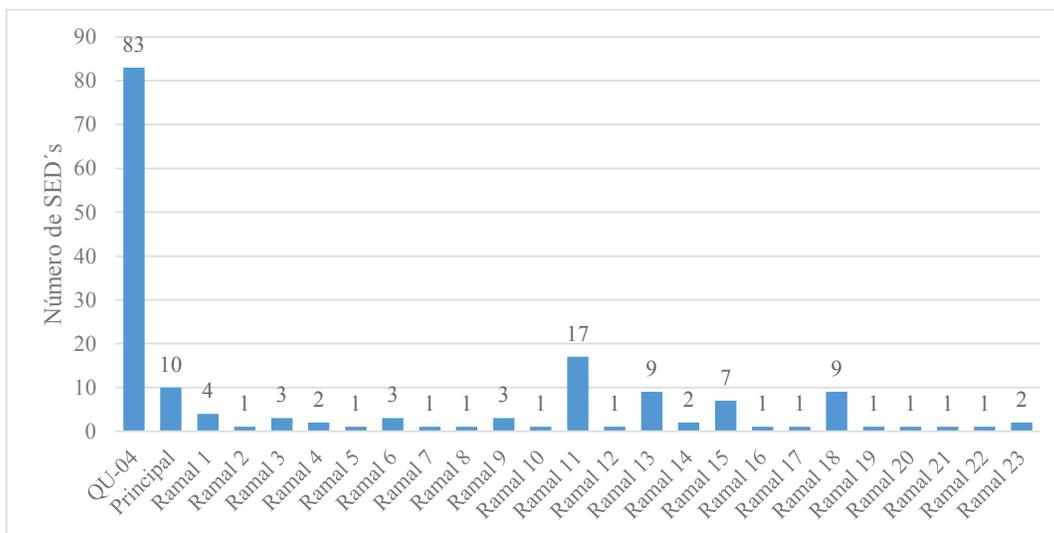


Figura 4-4: Número De SED's Por Ramal Del AMT QU04
Fuente de elaboración: SID- ELSE

4.2.1.3. *Numero de SED's y potencia nominal de transformadores*

En la figura 4-5 se presenta el número de SED's existentes según la potencia nominal de sus transformadores.

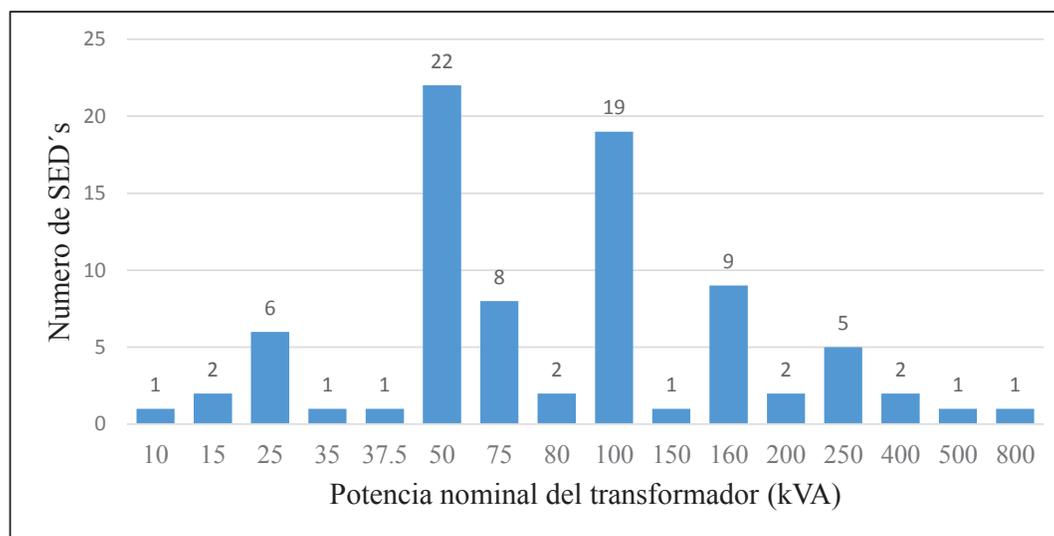


Figura 4-5 Número De Transformadores Según Su Potencia Nominal
Fuente de elaboración: SID – ELSE

De la figura 4-5 es posible afirmar que los transformadores más comunes presentes en las SED's son de 25, 50, 75, 100, 160 y 250kVA que en conjunto representan el 72.2%.

4.2.1.4. *Número total de clientes por SED*

El número total de clientes dentro del AMT es de 9443 y están distribuidos en las SED's como se muestra en la figura 4-6.

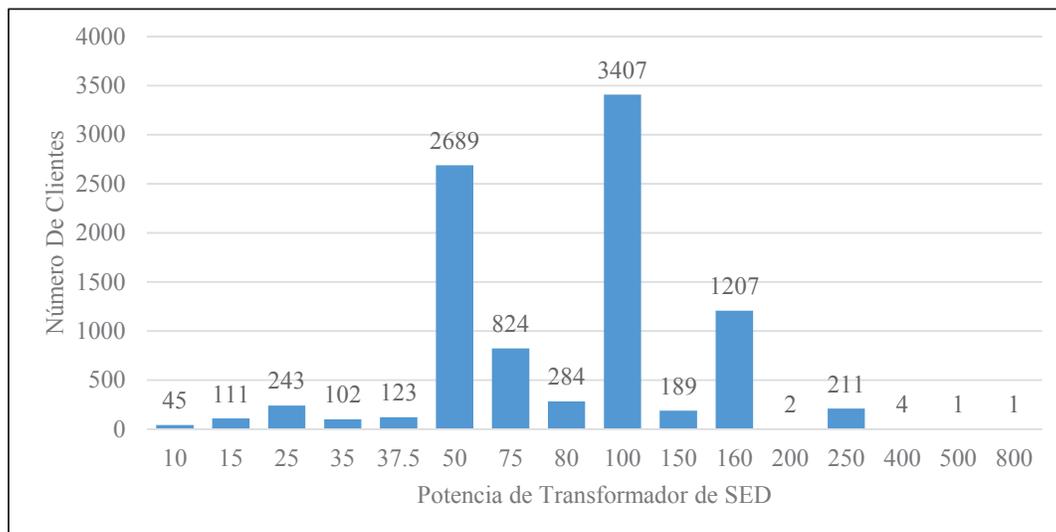


Figura 4-6: Distribución De Clientes En Las SED's

Fuente de elaboración: SID - ELSE

Se aprecia que las SED's que poseen una potencia instalada de entre 50 y 250 kVA son las que albergan mayor cantidad de clientes y estos están ubicados dentro de la zona urbana, mientras que las que poseen una potencia instalada inferior a 50 kVA están ubicadas en las zonas rurales de la zona de estudio, cabe aclarar que las SED's mayores a 400 kVA corresponden 02 a la Universidad Andina del Cusco y 02 a la Planta de tratamiento de aguas residuales de San Jerónimo, los cuales albergan un gran número de personas que labora dentro de sus instalaciones.

4.2.2. **Modelo Eléctrico del AMT QU04 en DIgSILENT**

En base a la información recopilada y mostrada de las diferentes oficinas de la empresa de distribución Electro Sur Este S.A.A. Haciendo uso del Software de simulación DIgSILENT Power Factory en el **ANEXO E** se presenta el modelo eléctrico del AMT QU04 en el que se realizara más adelante la simulación de flujo de potencia y el respectivo análisis de resultados.

4.3. DIAGNOSTICO ACTUAL DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL AMT QU04

Para el diagnostico actual de las condiciones de operación del alimentador, se considera el año 2017 como el periodo actual de estudio y se recopilaron datos de la empresa Electro Sur Este del año en mención, los cuales se utilizan para la simulación de flujo de potencia en el software DIGSILENT Power Factory.

El diagnostico actual clasifica la demanda de potencia en tres tipos para un mejor análisis en el estudio, que son:

- **Potencia base:** Es la potencia mínima de demanda, registrada por un analizador de redes. Normalmente comprendido en el periodo de base entre las 00:00 y 08:00.
- **Potencia media:** Es la potencia promedio de demanda, registrada por un analizador de redes. Normalmente comprendido en el periodo de media entre las 08:00 y 18:00.
- **Potencia punta:** Es la potencia máxima de demanda, registrada por un analizador de redes. Normalmente comprendido en el periodo de punta entre las 18:00 y 00:00

4.3.1. Demanda de Potencia Actual

Los datos exhibidos son la recopilación de las potencias demandadas por clientes menores y clientes mayores, obtenidos de los registros de la Gerencia de Operaciones de la División de Calidad de ELSE. Las que se reflejan en la tabla 4-3 y tabla 4-4.

De la tabla 4-3 y tabla 4-4, en la que se muestra la demanda de potencia actual (2017) en tres tipos, como se anticipó, es posible afirmar, que, la demanda de potencia base (mínima) total del AMT QU04 es de 1427.09kW, la demanda de potencia media (Promedio) total es de 2643.80kW y la demanda de potencia punta (máxima) total es igual a 4559.4kW.

Tabla 4-3:

Demanda de Potencia Actual de Clientes Menores

Código SED	Cap. Nominal (kVA)	Año 2017			Código SED	Cap. Nominal (kVA)	Año 2017		
		Demanda de Potencia (kW)					Demanda de Potencia (kW)		
		Base	Media	Punta			Base	Media	Punta
10032	100	20.40	35.60	78.71	10824	35	8.74	24.03	35.42
10059	100	41.34	65.54	102.00	10861	100	4.66	11.37	26.35
10104	150	13.67	24.46	53.09	10866	50	14.53	26.37	49.96
10147	160	45.86	80.43	133.60	10869	75	16.46	29.46	63.94
10260	160	26.42	56.57	96.14	10870	50	13.96	34.89	53.90
10262	250	40.20	48.89	91.05	10871	75	14.65	29.97	57.51
10263	50	18.50	31.81	58.40	10872	50	10.92	21.60	46.32
10306	50	13.19	30.48	55.90	10886	50	4.43	9.68	26.01
10307	100	10.30	18.43	40.01	10887	50	13.09	23.43	50.85
10322	50	13.21	32.92	48.09	10888	50	7.01	20.26	39.31
10365	100	9.57	22.11	50.69	10903	75	7.41	14.66	31.43
10366	100	21.60	46.10	83.49	10929	75	11.16	26.44	57.33
10367	100	6.27	13.69	36.79	10932	25	4.05	8.94	25.00
10402	25	6.70	19.41	27.86	10933	75	4.48	10.80	28.83
10420	100	29.80	59.39	103.94	10935	25	6.25	11.63	21.40
10519	100	20.66	56.83	111.68	10953	100	15.70	24.32	47.76
10520	50	28.50	46.16	50.86	10955	37.5	3.72	8.32	18.51
10531	160	9.45	21.35	54.58	10962	15	4.98	9.40	12.11
10557	160	8.35	16.51	35.40	11041	50	7.32	13.09	28.42
10608	50	6.36	9.84	18.04	11105	50	6.09	11.33	26.06
10613	160	21.14	40.71	96.78	11153	50	9.45	20.17	40.60
10661	80	30.45	51.93	76.79	11184	80	0.33	3.33	14.98
10662	100	38.07	58.88	97.15	11193	100	9.42	17.52	30.65
10681	50	2.27	6.13	18.70	11233	75	18.29	32.73	71.04
10682	10	1.30	3.76	8.50	11252	100	0.72	1.54	3.10
10704	200	16.09	46.50	90.22	11273	160	2.23	5.30	16.19
10762	50	3.70	10.73	23.70	11274	100	3.75	8.86	18.79
10763	50	24.90	24.67	42.16	10258	250	58.34	93.76	164.70
10764	50	19.88	38.14	51.54	10518	250	56.61	90.98	159.82
10799	100	0.10	0.26	4.20	11306	250	30.04	43.52	71.30

Fuente de elaboración: ELSE

Nota: Cap. hace referencia a capacidad

Tabla 4-4:

Demanda de Potencia de Clientes Mayores

Código SED	Cap. Nominal (kVA)	Año 2017			Código SED	Cap. Nominal (kVA)	Año 2017		
		Demanda de Potencia (kW)					Demanda de Potencia (kW)		
		Base	Media	Punta			Base	Media	Punta
10064	250	43.24	78.53	113.83	10834	50	9.85	17.89	25.93
10158	500	0.00	0.00	0.00	10882	75	1.10	4.78	6.93
10294	50	7.54	22.50	47.77	11066	800	166.87	303.02	439.20
10295	160	33.04	60.01	86.98	11096	160	3.59	6.51	9.43
10323	50	0.14	0.26	0.38	11133	25	5.98	10.88	14.19
10447	100	0.47	0.85	1.23	11182	15	3.30	6.00	14.50
10464	100	7.07	12.83	18.59	11185	400	29.97	54.43	81.89
10465	50	1.46	2.66	3.86	11189	160	33.04	60.00	86.98
10467	25	0.84	1.52	2.20	11190	25	4.94	8.97	13.00
10667	75	0.71	1.29	1.87	11199	100	33.59	61.01	88.43
10705	200	44.06	80.01	115.97	11300	100	38.92	70.68	102.44
10706	400	40.33	73.24	106.15	-	-	-	-	-

Fuente de elaboración: ELSE

Nota: Cap. hace referencia a capacidad

4.3.2. Análisis de resultados de la simulación de flujo de potencia

A continuación, se muestran los resultados de la simulación de flujo de potencia del AMT QU04 en DIgSILENT Power Factory.

4.3.2.1. Resultados en Subestaciones de Distribución

Los cuadros y figuras líneas abajo describen el estado actual de operación de las subestaciones de distribución, los parámetros de análisis son: sobrecarga de transformadores y caída de tensión en las SED's, para los tres tipos de demanda de potencia.

- **Sobrecarga de transformadores en las SED`s**

Tabla 4-5:

Sobrecarga de Transformadores

Cargabilidad (%)	Potencia Base		Potencia Media		Potencia Punta	
	SED	Porcentaje	SED	Porcentaje	SED	Porcentaje
0-75	83	100%	75	90%	47	57%
75-100	0	0%	7	8%	8	10%
>100	0	0%	1	1%	28	34%
TOTAL	83	100%	83	100%	83	100%

Fuente: Elaboración propia

Considerando lo que se indica en el informe técnico (OSINERGMIN, 2018), afirma que el valor de cargabilidad comprendido de 0%-75% se considera en estado normal, de 75% a 100% en estado de advertencia próximo a sobrecargarse y que los que se encuentren por encima del valor de 100% considerado en estado de sobrecarga, en la Tabla 4-5 se observa que para la demanda de potencia base, el 100% de los transformadores de las SED`s operan a valores por debajo del 75% de carga, para el caso de la demanda de potencia media se tiene que un 90.00% opera por debajo de 75% de carga, el 8.00% se encuentra en intervalo de 75-100% y 01 transformador que representa el 1.00% se encuentra sobrecargado por encima del 100% de carga, y por ultimo para la demanda de potencia punta la simulación de flujo de potencia indica que un 57.00% opera por debajo del 75% de carga, un 10.00% en el rango de 75-100% de carga y un 34.00% por encima de 100% de carga. Lo que indica que las SED`s del AMT QU04 en la actualidad no tienen problemas de cargabilidad salvo 01 subestación (10520 Santa Marta ubicado en el ramal 06) que presenta un nivel de carga por encima del 100% para una demanda de potencia media, que debería ser reemplazado por otro de mayor capacidad instalada. También para la demanda de potencia punta se observa 28 SED`s que superan el 100% de cargabilidad, por lo se debe realizar un seguimiento del tiempo de sobrecarga al que están expuesto.

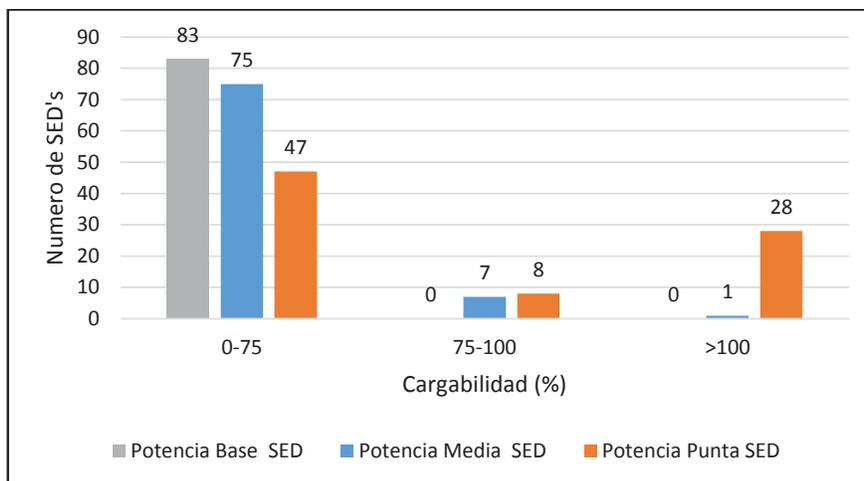


Figura 4-7: Cargabilidad de Transformadores Periodo Actual 2017

Fuente de elaboración: ELSE

En la figura 4-7 se puede observar gráficamente que existe 01 SED que presenta sobrecarga mayor al 100% y 07 SED's que están próximos a sobrecargarse para una demanda de potencia media (08:00 a 18:00 horas), que advierte la previsión de cambio en un periodo corto de tiempo.

- **Caída de Tensión en las SED's**

Tabla 4-6

Caída de tensión en el lado primario de las SED's

Caída de tensión (%)	Potencia Base		Potencia Media		Potencia Punta	
	SED's	Porcentaje	SED's	Porcentaje	SED's	Porcentaje
0-3	83	100.00%	83	100.00%	24	28.92%
3-5	0	0.00%	0	0.00%	59	71.08%
>5	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
Total	83	100.00%	83	100.00%	83	100.00%

Fuente de elaboración: ELSE

La caída de tensión permitida según la NTCSE en su numeral V, es de $\pm 5\%$, en cumplimiento a la normativa en la Tabla 4-6 y la Figura 4-8 se observa que para los tres casos de estudio de potencia demandada, ninguno de estos sobrepasa con los valores tolerados, cabe señalar que para el caso de potencia punta existen 59 SED's que representan el 71,08% se encuentran próximos a llegar al límite permitido.

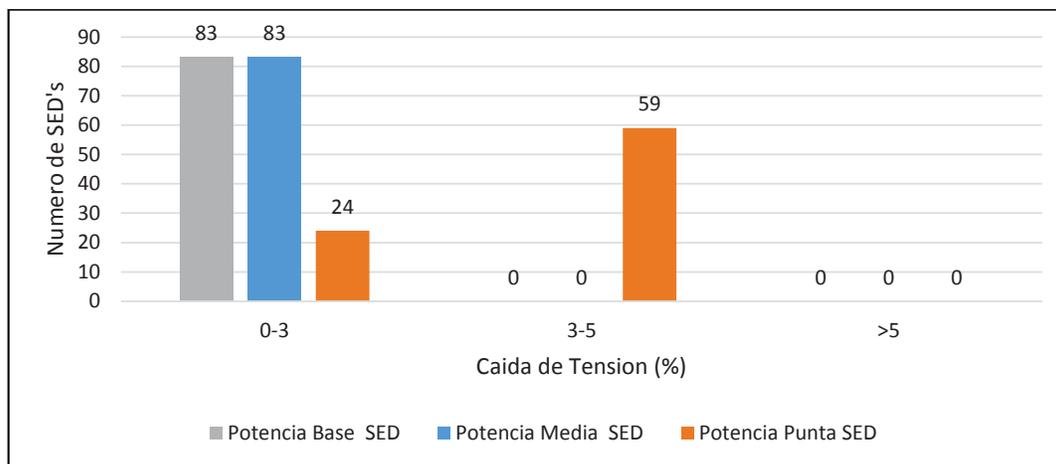


Figura 4-8: Caída de Tensión Lado Primario de Subestación
Fuente de elaboración: ELSE

4.3.2.2. Redes de Media Tensión

Los datos mostrados son indicadores de cómo operan las redes del AMT QU04 en la actualidad.

- **Sobrecarga de tramos en líneas de MT**

Tabla 4-7:

Sobrecarga de tramos de líneas en MT del AMT QU04

Cargabilidad (%)	Potencia Base		Potencia Media		Potencia Punta	
	Tramo MT	Porcentaje	Tramo MT	Porcentaje	Tramo MT	Porcentaje
0-75	174	100.00%	174	100.00%	166	95.40%
75-100	0	0.00%	0	0.00%	8	4.60%
>100	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
Total	174	100.00%	174	100.00%	174	100.00%

Fuente de elaboración: ELSE

Considerando lo que se indica en el informe técnico (OSINERGMIN, 2018), afirma que el valor de cargabilidad comprendido de 0%-75% se considera en estado normal, de 75% a 100% en estado de advertencia próximo a sobrecargarse y que los que se encuentren por encima del valor de 100% considerado en estado de sobrecarga, de la Tabla 4-7 se afirma para demandas

de potencia base y potencia media no existe ningún tramo en estado de sobrecarga ni próximo a sobrecarga, más para la demanda de potencia punta existen 08 tramos de MT con un valor de carga en el intervalo de 75-100%.

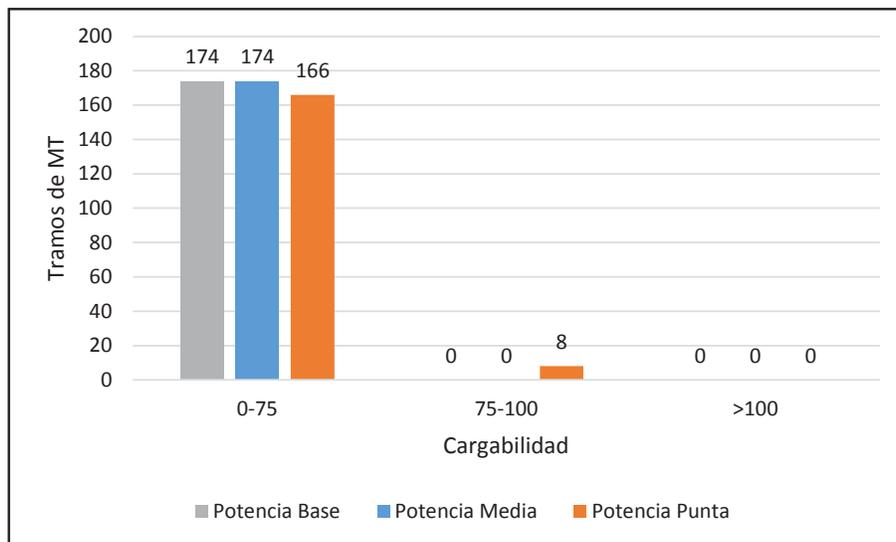
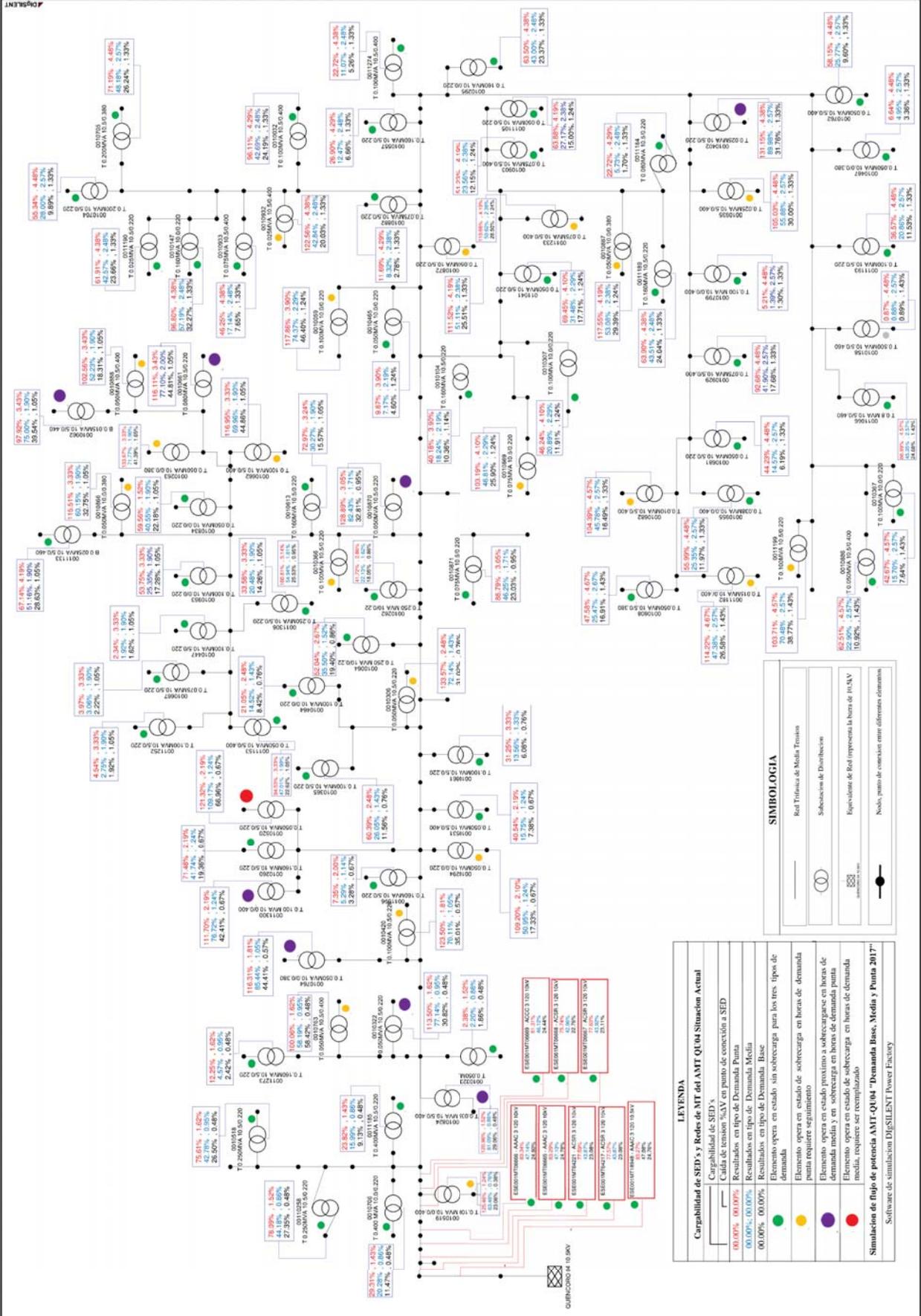


Figura 4-9: Sobrecarga de tramos de líneas de MT del AMT QU04
Fuente de elaboración: ELSE

La figura 4-9 advierte que existen 08 tramos de red en MT próximos a llegar a estado de sobrecarga y que se tiene que prever su mejoramiento y cambio.

De acuerdo a la simulación de flujo de potencia realizado para los tipos de potencia base y media el AMT QU04 no presenta problemas serios, salvo la SED 10520 de Santa Martha que se encuentra con un factor de utilización de 109.2% que requiere ser reemplazado por otro de mayor capacidad de potencia y los resultados para el tipo de demanda de potencia punta se tiene 28 SED que operan por encima del 100% de cargabilidad a los cuales se debe realizar un seguimiento y prever su cambio, el indicador de caída tensión para los tres tipos de demanda indica que todos los nodos de conexión a las SED's operan dentro del límite por la NTCSE permitido ($\pm 5\%$), de manera similar la cargabilidad para las líneas de MT en los tres tipos de demanda de potencia no supera el 100% ningún tramo de red por lo que opera en estado normal.



LEYENDA

	Cargabilidad de SED's y Redes de MT del AMT QU04 Situación Actual
	Cargabilidad de SED's
	Caída de tensión %AV en punto de conexión a SED
	00.00% / 00.00% / 00.00%
	Resultados en tipo de Demanda Punta
	00.00% / 00.00% / 00.00%
	Resultados en tipo de Demanda Media
	00.00% / 00.00% / 00.00%
	Resultados en tipo de Demanda Base
	00.00% / 00.00% / 00.00%
	Elemento opera en estado sin sobrecarga para los tres tipos de demanda
	Elemento opera en estado de sobrecarga en horas de demanda punta requiere seguimiento
	Elemento opera en estado proximo a sobrecarga en horas de demanda media y en sobrecarga en horas de demanda punta
	Elemento opera en estado de sobrecarga en horas de demanda media, requiere ser reemplazado

Simulación de flujo de potencia AMT-QU04 "Demanda Base, Media y Punta 2017"

Software de simulación DIgSILENT Power Factory

SIMBIOLOGIA

	Real Trifásica de Media Tensión
	Subestación de Distribución
	Equivalente de Red (representa la hora de 10.5KV)
	Nudo, punto de conexión entre diferentes elementos

4.4. DIAGNÓSTICO DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL AMT QU04 EN EL AÑO 2022.

En este segmento haciendo uso de los datos históricos se proyecta la demanda eléctrica hacia el año 2022, luego se realiza la simulación de flujo de potencia y por último se analizan las medidas de los parámetros que incumplen con los aspectos técnicos de operación.

4.4.1. Demanda de potencia histórica.

La limitante de la recolección de datos es que la información adquirida de Electro Sur Este S.A.A. es de un historial de 3 años 2015-2017, no se obtuvo años atrás ya que no contaban con una base de datos de las SED's del AMT QU04. En **ANEXO F** se muestra los datos históricos de las demandas de cada transformador pertenecientes al alimentador de estudio, esto nos servirá para el cálculo de la proyección.

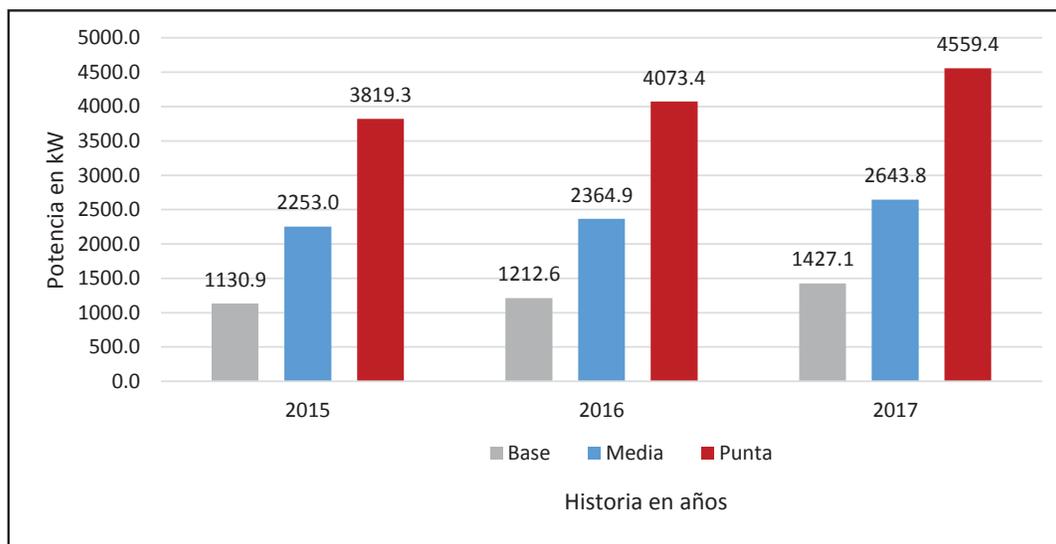


Figura 4-10: Demanda histórica de potencia en kW desde el 2015 hasta el 2017

Fuente: elaboración propia

La Figura 4-10 muestra gráficamente el resumen del total de demanda de potencia del AMT QU04 en los diferentes tipos de potencia (potencia base, potencia media y potencia punta)

4.4.2. Proyección de la demanda de potencia al año 2022

Para la proyección de la demanda de potencia se hace uso del método de tendencias de series de tiempo. No se utilizó el método econométrico ya que las variables de PBI no se tiene por regiones ni muchos menos por sectores que recorre nuestro AMT QU04.

Para el método de tendencias de series de tiempo nos basaremos en el análisis que se realizó en la tesis de investigación de la Universidad Nacional de San Antonio Abad Del Cusco, de la escuela profesional de Ingeniera eléctrica titulada “Estudio de operación en estado estacionario con la incorporación de la central térmica de Quillabamba para la mejora de la calidad de suministro” (Aima Chaco, 2018).

La proyección se realiza en tres escenarios que en lo posterior serán considerados como casos de estudio, estos son: Caso de estudio optimista, Caso de estudio esperado y caso de estudio conservador, en base a los datos históricos tratados anteriormente.

Para las SED's que suministran energía a clientes menores se utiliza el método de tendencias de serie en el que se calcula las tendencias de las funciones lineales, logarítmicas, polinómicas de segundo orden y exponenciales, dicho análisis se encuentra en el **ANEXO G** con sus respectivo procedimiento de dicho método.

La tasa de crecimiento promedio utilizado en las diferentes funciones se detalla en las siguientes tablas, con la demanda de potencia base, media y punta.

Tabla 4-8:

Resumen de tasa de crecimiento del método de tendencias de serie

Resumen Del Método De Tendencias Potencia Base				
Descripción	Lineal	Logarítmica	Polinómica	Exponencial
Tasa de crecimiento promedio (2015-2017)	28.280%	28.045%	27.839%	26.412%
Tasa de crecimiento Promedio (2018-2022)	12.661%	5.189%	32.924%	26.412%

Resumen del método de tendencias potencia media				
Descripción	Lineal	Logarítmica	Polinómica	Exponencial
Tasa De Crecimiento Promedio (2015-2017)	21.117%	19.557%	20.203%	19.374%
Tasa De Crecimiento Promedio (2018-2022)	10.823%	4.197%	25.688%	19.374%

Resumen Del Método De Tendencias Potencia Punta				
Descripción	Lineal	Logarítmica	Polinómica	Exponencial
Tasa De Crecimiento Promedio (2015-2017)	20.561%	24.566%	23.950%	20.016%
Tasa De Crecimiento Promedio (2018-2022)	10.458%	4.292%	24.467%	20.016%

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo de la proyección de la demanda de potencia de clientes menores en los tres escenarios se utilizó 6 tipos de combinaciones que se ajusten mejor a las curvas y los promedios para los distintos años tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4-9:
Combinaciones para el ajuste óptimo de las curvas

ESCENARIO	Modelo 1			
	Lineal	Logarítmica	Polinómica2	Exponencial
Optimista	1	1	1	1
Esperado	1	1	0	1
Conservador	1	1	0	0

ESCENARIO	Modelo 2			
	Lineal	Logarítmica	Polinómica2	Exponencial
Optimista	1	1	1	1
Esperado	0	1	1	0
Conservador	1	1	0	0

ESCENARIO	Modelo 3			
	Lineal	Logarítmica	Polinómica2	Exponencial
Optimista	1	1	1	1
Esperado	0	1	1	1
Conservador	1	1	0	0

ESCENARIO	Modelo 4			
	Lineal	Logarítmica	Polinómica2	Exponencial
Optimista	0	1	1	0
Esperado	1	1	0	0
Conservador	0	1	0	0

ESCENARIO	Modelo 5			
	Lineal	Logarítmica	Polinómica2	Exponencial
Optimista	0	0	0	1
Esperado	1	0	0	1
Conservador	1	0	0	0

ESCENARIO	Modelo 6			
	Lineal	Logarítmica	Polinómica2	Exponencial
Optimista	0	1	0	1
Esperado	1	1	0	1
Conservador	1	1	0	0

Fuente: Elaboración propia

Para las SED's de clientes mayores se asume un crecimiento de demanda del 2.5% en el escenario conservador, 5% en el escenario esperado y 10% en el escenario optimista hasta el año 2022.

En la figura 4-11 se puede observar la evolución anual de la demanda de potencia para los tres casos de estudio (conservador, esperado y Optimista), para los tres tipos de demanda de potencia (Base, media, punta). Teniendo en el caso de estudio Esperado de Potencia Punta una demanda de 6500.9kW que se espera que en el año 2022 este sea el valor más próximo al real.

Los resultados de la proyección de la demanda de potencias mediante el método de tendencias desde el año 2018 hasta el año 2022 se muestra en el **ANEXO H**.

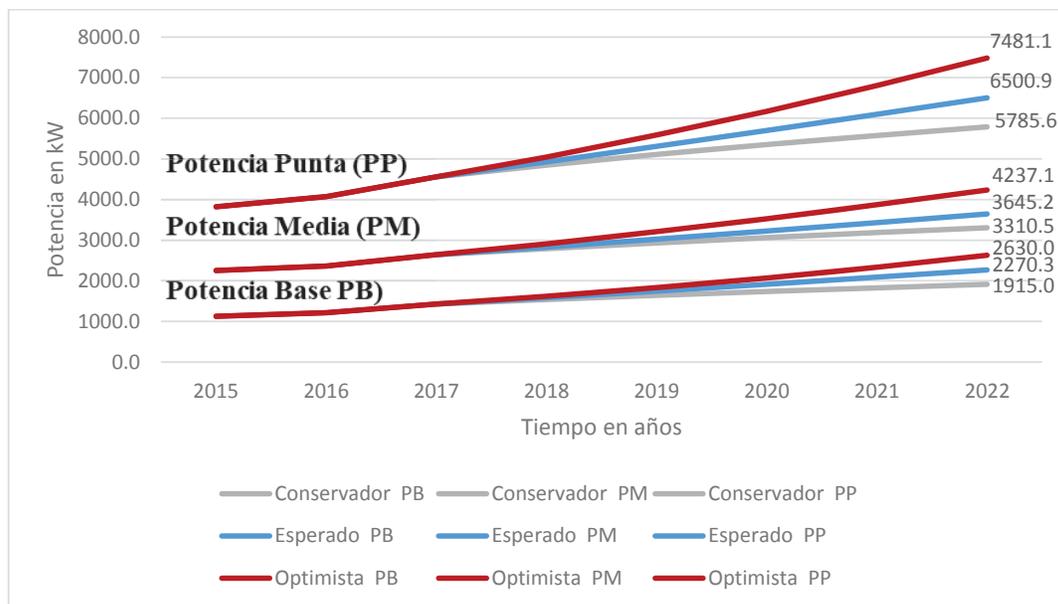


Figura 4-11: Crecimiento de la demanda de potencia del AMT QU04
Fuente: Elaboración Propia

4.4.3. Resultados de la simulación de flujo de potencia

Con los valores de demanda proyectada, se realizó la simulación de flujo de potencia en los diferentes escenarios proyectados, así como en los diferentes casos de estudio de demanda de potencia evaluados, los resultados se muestran en tres apartados para su mejor comprensión siendo estos los diferentes escenarios de proyección.

4.4.4. Caso 1: Proyección de Demanda Conservador

4.4.4.1. Subestaciones de Distribución

Los cuadros y figuras líneas abajo describen el estado de operación de las subestaciones de distribución, en los parámetros de sobrecarga y caída de tensión, para el caso de estudio con proyección conservador de potencia en los tres tipos de demanda de potencia.

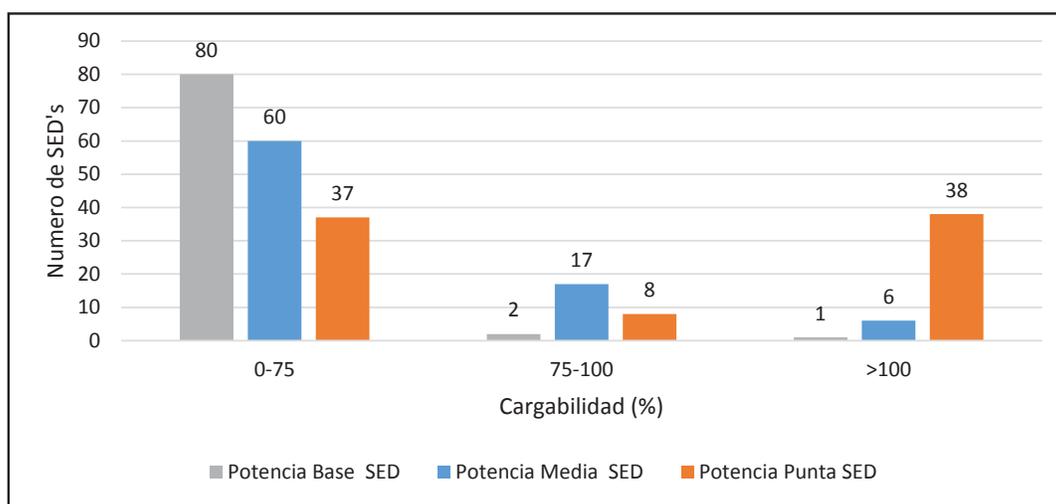
- **Sobrecarga de transformadores en las SED`s**

Tabla 4-10:

Sobrecarga de Transformadores- Conservador

Cargabilidad (%)	Potencia Base		Potencia Media		Potencia Punta	
	SED	Porcentaje	SED	Porcentaje	SED	Porcentaje
0-75	80	96%	60	72%	37	45%
75-100	2	2%	17	20%	8	10%
>100	1	1%	6	7%	38	46%
TOTAL	83	100%	83	100%	83	100%

Fuente: Elaboración propia

*Figura 4-12: Cargabilidad de Transformadores – Conservador*

Fuente de elaboración: ELSE

En la Tabla 4-10 y la figura 4-12 se observa que en el año 2022 para el caso de estudio con proyección conservador, se tiene que para la demanda de potencia base 02 SED`s presentan nivel de carga entre el 75-100% y 01 SED`s por encima del 100% de carga, para la demanda de potencia media es de 17 SED`s y 06 SED`s respectivamente, mientras que para el caso de demanda de potencia punta 08 y 38 SED`s respectivamente.

Siendo un incremento de SED`s con respecto del periodo 2017 en la demanda de potencia base un 2% y 1% con nivel de carga entre 75-100% y mayor a 100% respectivamente, para la demanda de potencia media se incrementa un 12% y 1% respectivamente, y para la demanda

de potencia punta con nivel de carga de 75-100% no se incrementa y mayor a 100% se incrementa un 12%.

- **Caída de Tensión en las SED`s**

Tabla 4-11:

Caída de tensión en el lado primario de las SED`s – Conservador

Caída de Tensión (%)	Potencia Base		Potencia Media		Potencia Punta	
	SED	Porcentaje	SED	Porcentaje	SED	Porcentaje
0-3	83	100%	49	59%	18	22%
3-5	0	0%	34	41%	26	31%
>5	0	0%	0	0%	39	47%
TOTAL	83	100%	83	100%	83	100%

Fuente de elaboración: ELSE

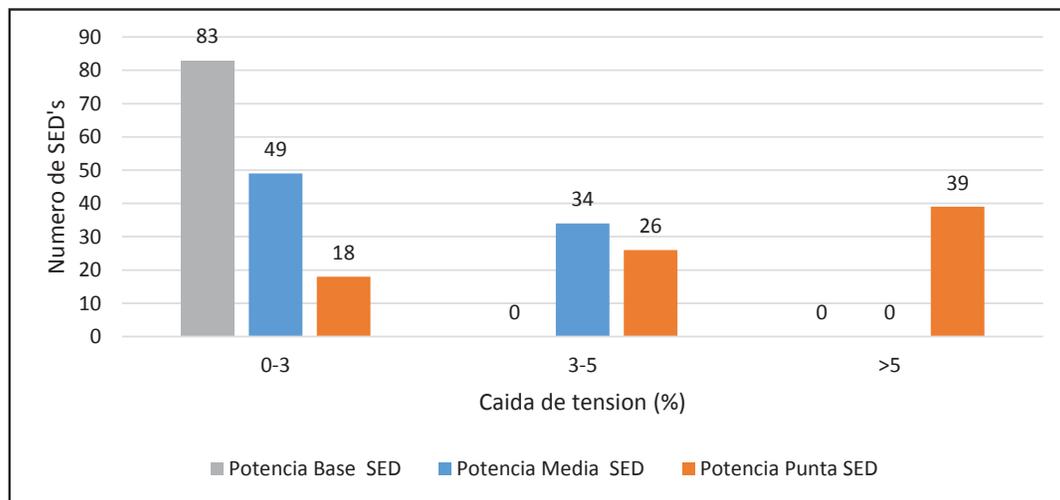


Figura 4-13: Caída de Tensión en SED.s – Conservador

Fuente de elaboración: ELSE

En la Tabla 4-11 y la figura 4-13 se observa que en el 2022 para una demanda de potencia punta existen 39 SED`s que representan el 47% del total presentan caídas de tensión por encima del nivel permitido y para una demanda de potencia media se advierte que el 41% de SED`s están próximos a sobrepasar niveles permitido de caída de tensión. Observándose un notorio incremento respecto al periodo 2017 en los tres tipos de demanda estudiados

4.4.4.2. *Redes de Media Tensión*

Los datos mostrados son indicadores de cómo operan las redes del AMT QU04 en la actualidad.

- **Sobrecarga de tramos en líneas de MT**

Tabla 4-12:

Sobrecarga de tramos de líneas en MT del AMT QU04 – Conservador

Cargabilidad (%)	Potencia Base		Potencia Media		Potencia Punta	
	Tramos	Porcentaje	Tramos	Porcentaje	Tramos	Porcentaje
0-75	174	100%	174	100%	159	91%
75-100	0	0%	0	0%	11	6%
>100	0	0%	0	0%	4	2%
TOTAL	174	100%	174	100%	174	100%

Fuente de elaboración: ELSE

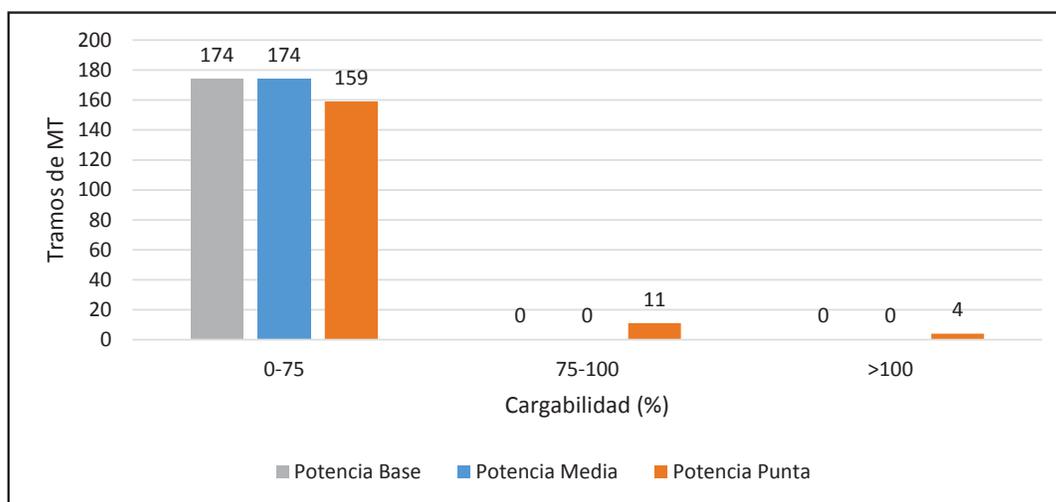
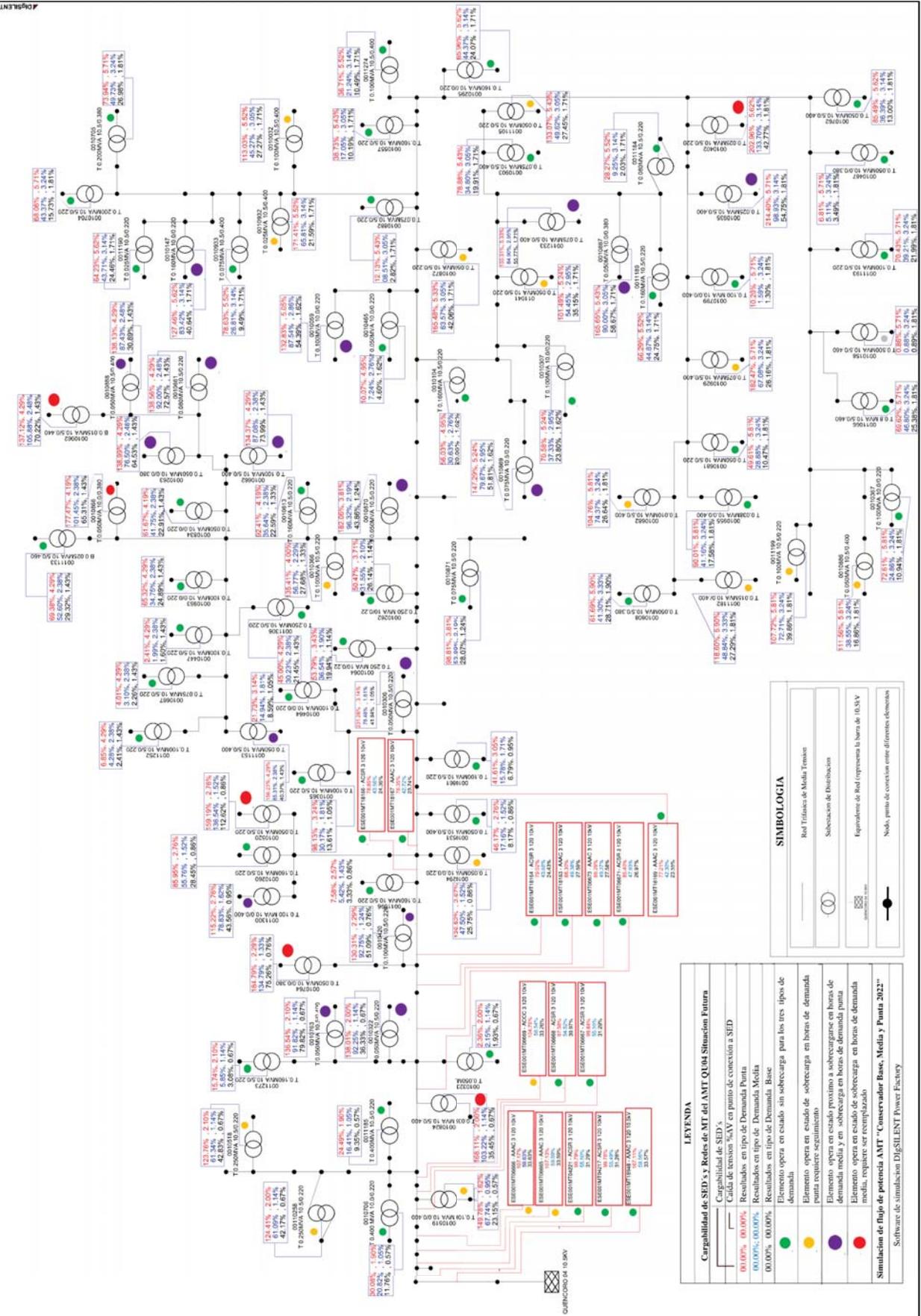


Figura 4-14: Sobrecarga de tramos de líneas de MT del AMT QU04 -Conservador

Fuente de elaboración: ELSE

La tabla 4-12 y la figura 4-14 indican que en el 2022 para demandas de potencia base y media no presenta valores de carga por encima del 100%, mientras que para una demanda de potencia máxima se advierten de 11 tramos de MT entre 75-100% de carga próximos a sobrecargarse, y 04 tramos de MT por encima del 100% de carga, indicando que deben ser reemplazados por conductores de mayor sección.



LEYENDA

●	Cargabilidad de SED's y Redes de MT del AMT QU04 Situación Futura
●	Cargabilidad de SED's
●	Carga de tensión %AV en punto de conexión a SID
●	Resultados en tipo de Demanda Punta
●	Resultados en tipo de Demanda Media
●	Resultados en tipo de Demanda Base
●	Elemento opera en estado sin sobrecarga para los tres tipos de demanda
●	Elemento opera en estado de sobrecarga en horas de demanda punta requiere seguimiento
●	Elemento opera en estado próximo a sobrecargarse en horas de demanda media y en sobrecarga en horas de demanda punta
●	Elemento opera en estado de sobrecarga en horas de demanda media, requiere ser reemplazado
●	Elemento opera en estado de sobrecarga para los tres tipos de demanda

Software de simulación DigSILENT Power Factory

SIMBOLOGIA

	Red Trifásica de Media Tensión
	Subestación de Distribución
	Equivalente de Red representada la hora de 0.5AV
	Nota: punto de conexión entre diferentes elementos

4.4.5. Caso 2: Proyección de Demanda Esperado

4.4.5.1. Subestaciones de Distribución

Los cuadros y figuras líneas abajo describen el estado de operación de las subestaciones de distribución, en los parámetros de sobrecarga y caída de tensión, para el caso de estudio con proyección esperado de potencia en los tres tipos de demanda de potencia.

- **Sobrecarga de transformadores en las SED`s**

Tabla 4-13:

Sobrecarga de Transformadores- Esperado

Cargabilidad (%)	Potencia Base		Potencia Media		Potencia Punta	
	SED	Porcentaje	SED	Porcentaje	SED	Porcentaje
0-75	75	90%	56	67%	33	40%
75-100	5	6%	16	19%	7	8%
>100	3	4%	11	13%	43	52%
TOTAL	83	100%	83	100%	83	100%

Fuente: Elaboración propia

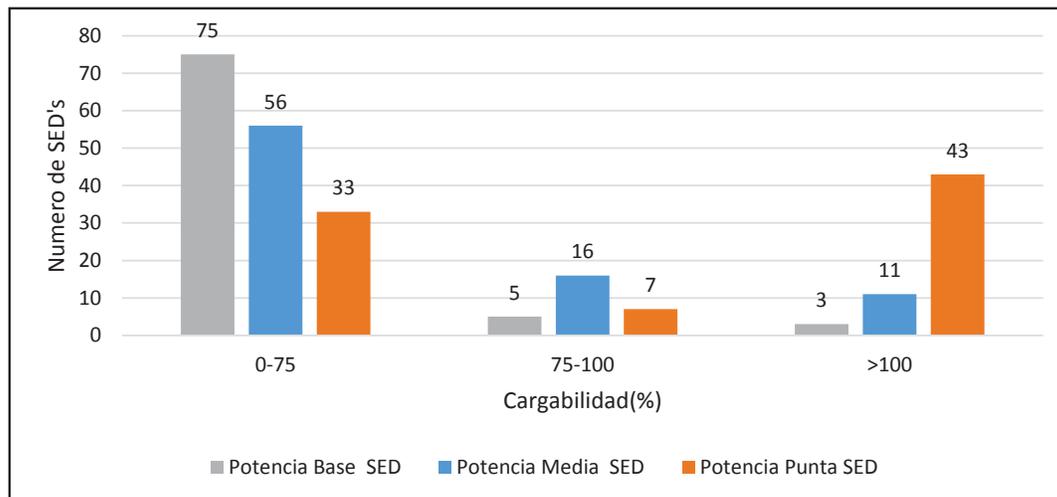


Figura 4-15: Cargabilidad de Transformadores – Esperado

Fuente de elaboración: ELSE

En la Tabla 4-13 y la figura 4-15 se observa que en el año 2022 para el caso de estudio con proyección esperado se tiene que para la demanda de potencia base 03 SED`s presentan nivel de carga por encima del 100% siendo un 3% mayor que para el caso de estudio conservador, para la demanda de potencia media existen 16 SED`s en el intervalo de 75-100% de carga próximos a sobrecargarse y 11 por encima del 100% de carga que requieren cambio, mientras

que para el caso de demanda de potencia punta 07 y 43 SED's con nivel de carga entre 75-100% y mayor a 100% respectivamente, siendo un incremento 6% respectivamente respecto del caso de estudio conservador para un demanda de potencia punta.

- **Caída de Tensión en las SED's**

Tabla 4-14:

Caída de tensión en el lado primario de las SED's – Esperado

Caída de Tensión (%)	Potencia Base		Potencia Media		Potencia Punta	
	SED	Porcentaje	SED	Porcentaje	SED	Porcentaje
0-3	83	100%	42	51%	13	16%
3-5	0	0%	41	49%	29	35%
>5	0	0%	0	0%	41	49%
TOTAL	83	100%	83	100%	83	100%

Fuente de elaboración propia

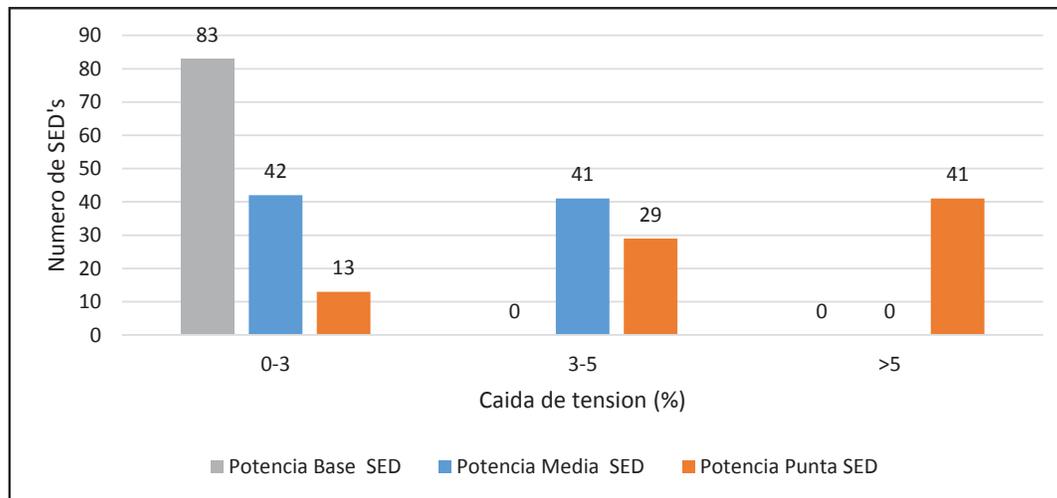


Figura 4-16: Caída de Tensión en SED's – Esperado

Fuente de elaboración: ELSE

Tabla 4-14 y la figura 4-16 se observa que para el tipo de demanda de potencia punta existen 29 SED's en el intervalo de 3-5% próximos a pasar el límite permitido y 41 SED's que incumplen el 5% máximo de caída de tensión permitido.

4.4.5.2. *Redes de Media Tensión*

Los datos mostrados son indicadores de cómo operan las redes del AMT QU04 en la actualidad.

- **Sobrecarga de tramos en líneas de MT**

Tabla 4-15:

Sobrecarga de tramos de líneas en MT del AMT QU04 – Esperado

Cargabilidad (%)	Potencia Base		Potencia Media		Potencia Punta	
	Tramos	Porcentaje	Tramos	Porcentaje	Tramos	Porcentaje
0-75	174	100%	174	100%	151	87%
75-100	0	0%	0	0%	15	9%
>100	0	0%	0	0%	8	5%
TOTAL	174	100%	174	100%	174	100%

Fuente de elaboración: ELSE

En la tabla 4-15 y la figura 4-17 se observa que para una demanda de potencia punta en el año 2022 existen 15 tramos de MT próximos a llegar al límite de carga permitido y que 08 tramos se encuentran operando en estado de sobrecarga mayor al 100%, siendo un incremento en cantidad de 04 tramos de MT respecto del caso de estudio conservador para demanda de potencia punta.

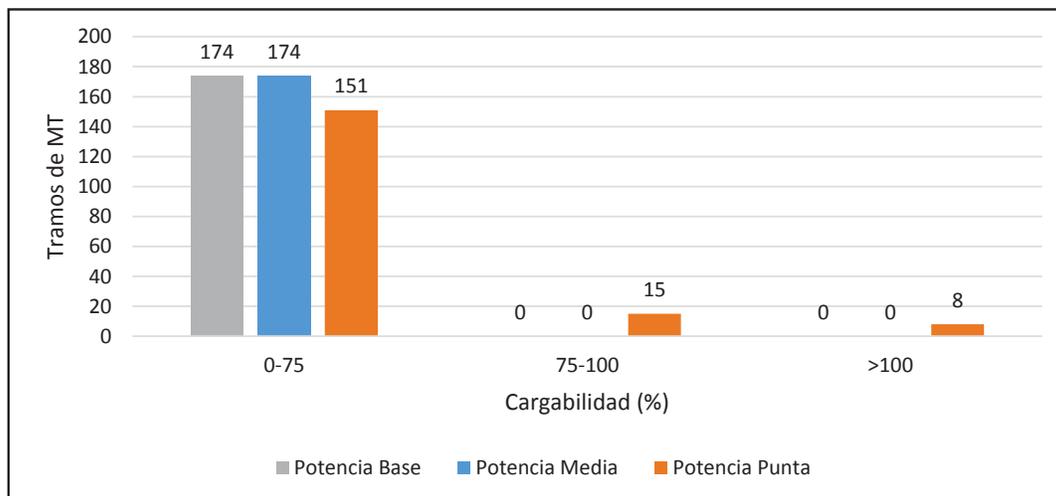
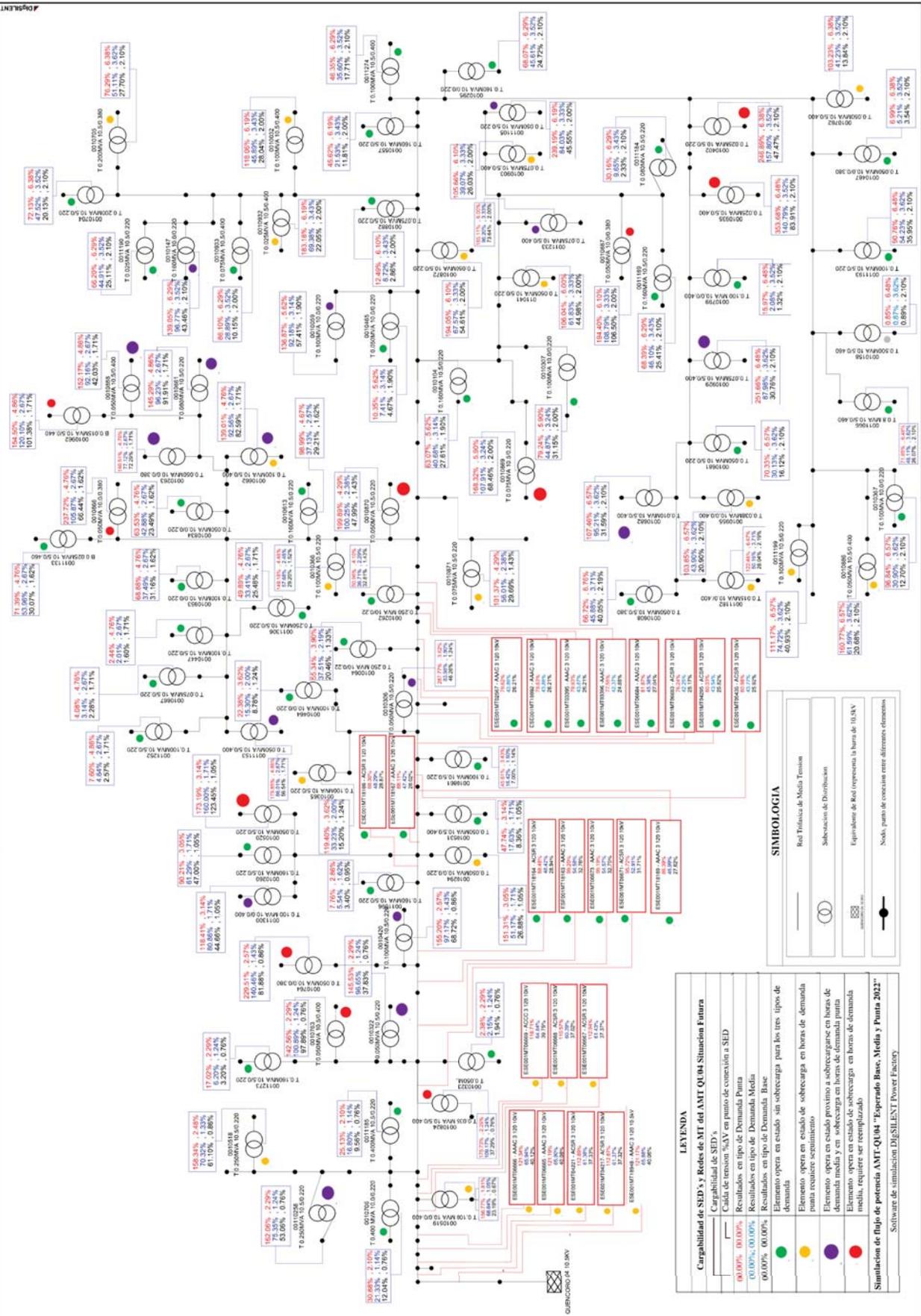


Figura 4-17: Sobrecarga de tramos de líneas de MT del AMT QU04 – Esperado

Fuente de elaboración: ELSE



4.4.6. Caso 3: Proyección de Demanda Optimista

4.4.6.1. Subestaciones de Distribución

Los cuadros y figuras líneas abajo describen el estado de operación de las subestaciones de distribución, en los parámetros de sobrecarga y caída de tensión, para el caso de estudio con proyección Optimista de potencia en los tres tipos de demanda de potencia.

- **Sobrecarga de transformadores en las SED`s**

Tabla 4-16:

Sobrecarga de Transformadores – Optimista

Cargabilidad (%)	Potencia Base		Potencia Media		Potencia Punta	
	SED	Porcentaje	SED	Porcentaje	SED	Porcentaje
0-75	71	86%	49	59%	26	31%
75-100	3	4%	12	14%	8	10%
>100	9	11%	22	27%	49	59%
TOTAL	83	100%	83	100%	83	100%

Fuente: Elaboración propia

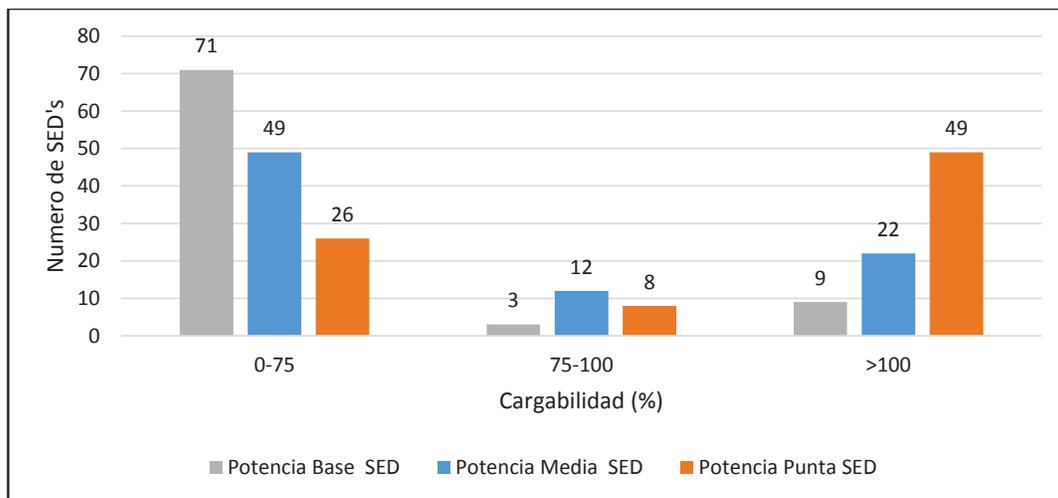


Figura 4-18: Cargabilidad de Transformadores – Optimista

Fuente de elaboración: ELSE

En la Tabla 4-16 y la figura 4-18 se observa que en el año 2022 para el caso de estudio con proyección optimista se tiene que para la demanda de potencia base 9 SED`s presentan nivel de carga por encima del 100% siendo un 7% mayor que para el caso de estudio esperado, para

la demanda de potencia media existen 12 SED`s en el intervalo de 75-100% de carga próximos a sobrecargarse y 22 por encima del 100% de carga que requieren cambio, mientras que para el caso de demanda de potencia punta 08 y 49 SED`s con nivel de carga entre 75-100% y mayor a 100% respectivamente, siendo un incremento 7% respecto del caso de estudio esperado para un demanda de potencia punta.

- **Caída de Tensión en las SED`s**

Tabla 4-17:

Caída de tensión en el lado primario de las SED`s – Optimista

Caída de Tensión (%)	Potencia Base		Potencia Media		Potencia Punta	
	SED	Porcentaje	SED	Porcentaje	SED	Porcentaje
0-3	83	100%	27	33%	12	14%
3-5	0	0%	56	67%	14	17%
>5	0	0%	0	0%	57	69%
TOTAL	83	100%	83	100%	83	100%

Fuente de elaboración: ELSE

Tabla 4-17 y la figura 4-19 se observa que para el tipo de demanda de potencia punta existen 14 SED`s en el intervalo de 3-5% próximos a pasar el límite permitido y 57 SED`s que incumplen el 5% máximo de caída de tensión permitido.

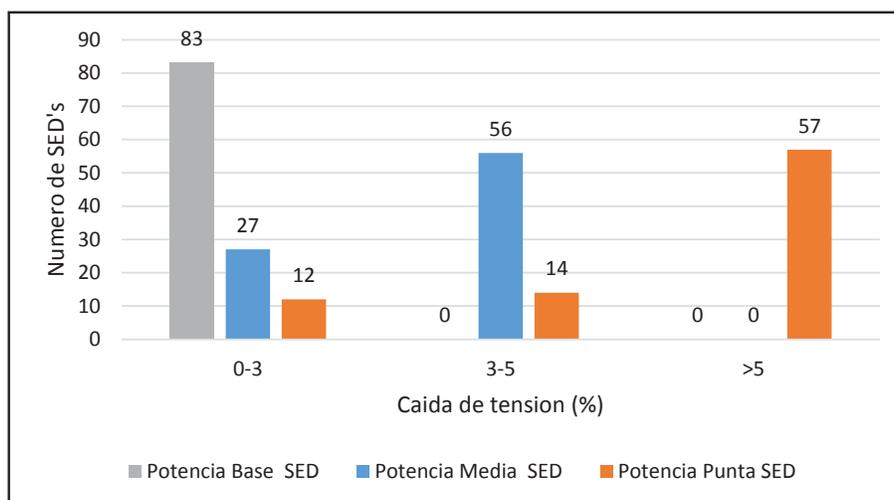


Figura 4-19: Caída de Tensión SED`s – Optimista

Fuente: ELSE

4.4.6.2. *Redes de Media Tensión*

Los datos mostrados son indicadores de cómo operan las redes del AMT QU04 en la actualidad.

- **Sobrecarga de tramos en líneas de MT**

Tabla 4-18:

Sobrecarga de tramos de líneas en MT del AMT QU04 – Optimista

Cargabilidad (%)	Potencia Base		Potencia Media		Potencia Punta	
	Tramos	Porcentaje	Tramos	Porcentaje	Tramos	Porcentaje
0-75	174	100%	170	98%	150	86%
75-100	0	0%	4	2%	10	6%
>100	0	0%	0	0%	14	8%
TOTAL	174	100%	174	100%	174	100%

Fuente de elaboración: ELSE

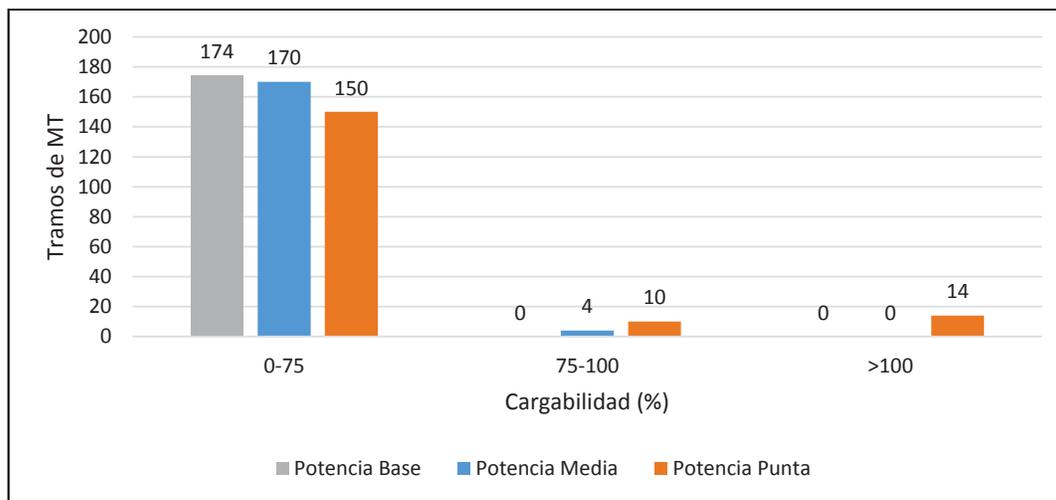


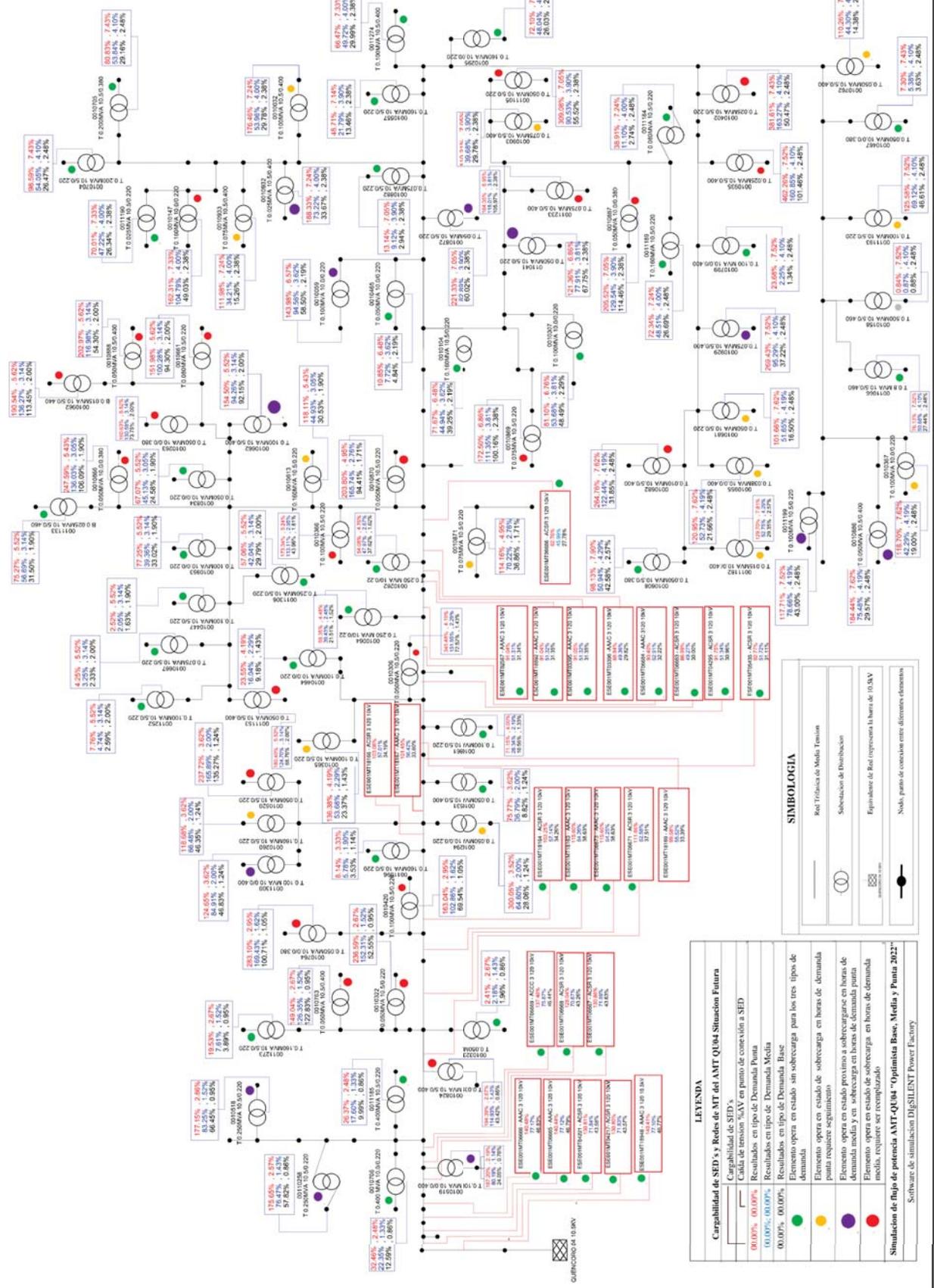
Figura 4-20: Sobrecarga de tramos de líneas de MT del AMT QU04 - Optimista

Fuente de elaboración: ELSE

En la tabla 4-18 y la figura 4-20 se observa que para una demanda de potencia punta en el año 2022 existen 10 tramos de MT próximos a llegar al límite de carga permitido entre 75-100% de carga y que 14 tramos se encuentran operando en estado de sobrecarga mayor al 100%, siendo un incremento en cantidad de 06 tramos de MT respecto del caso de estudio esperado para demanda de potencia punta..

Simulación de flujo de potencia AMT QU04 "Optimista Base, Media y Punta 2022"

PE-04



LEYENDA

Capacidad de SED y Redes de MT del AMT QU04 Situación Futura

- Capacidad de SED's
- Carga de tensión %kV en punto de conexión a SED
- 00.00% 00.00% Resultados en tipo de Demanda Punta
- 00.00% 00.00% Resultados en tipo de Demanda Media
- 00.00% 00.00% Resultados en tipo de Demanda Base
- Elemento opera en estado sin sobrecarga para los tres tipos de demanda
- Elemento opera en estado de sobrecarga en horas de demanda punta requiere seguimiento
- Elemento opera en estado proximo a sobrecarga en horas de demanda media y en sobrecarga en horas de demanda punta
- Elemento opera en estado de sobrecarga en horas de demanda media, requiere ser reemplazado

Simulación de flujo de potencia AMT-QU04 "Optimista Base, Media y Punta 2022"

Software de simulación DigiSilent Power Factory

SIMBOLOGIA

Red Trifásica de Media Tension

Subestación de Distribución

Equipamiento de Red (representa la barra de 10 kV)

Nodos, punto de conexión entre diferentes elementos

Como resumen general del presente capítulo se rememora la información más destacada en los diferentes segmentos, en el segmento de caracterización del AMT QU04 se determinó que este es uno de los AMT más importantes de la SET Quencoro con un recorrido de 27,916km, que cuenta con 83 SED's con un total de 9443 clientes que en la actualidad demandan un potencia máxima (de punta) de 4559.4 kW, en el segmento de diagnóstico actual de las condiciones de operación se tiene que el AMT QU04 no presenta problemas de operación (sobrecarga de SED's, sobrecarga de líneas de MT y caída de tensión en puntos de entrega a SED's) para el tipo de demanda base, y el tipo de demanda media presenta una subestación (10520 Santa Marta ubicado en el ramal 06) que se encuentra en estado de sobrecarga, que debería ser reemplazado por otro de mayor potencia, más si se tiene un total de 28 SED's que presentan sobrecarga mayor al 100% para el tipo de demanda potencia punta, los cuales deberían ser reemplazados por otros de mayor capacidad, para el tercer segmento de condición operativa en el año 2022 se determinó mediante proyecciones con el método de tendencias de serie la posible demanda en las 83 SED's como sigue, en el caso de estudio conservador en el 2022 se prevé una demanda máxima (o de punta) de 5785.6kW, caso de estudio esperado una demanda de punta de 6500.9kW y para el caso de estudio Optimista una demanda de potencia punta de 7481.1kW, que representan el 27.5%, 30.9% y 35.6% respectivamente de capacidad total de barra en 10.5kV, los resultados de simulación de flujo de potencia en DIgSILENT con la infraestructura eléctrica actual en el año 2022 se prevé serios problemas de cargabilidad en SED's, caída de tensión, y cargabilidad de líneas, es así que para el caso de estudio esperado que es el que más se aproximaría a la realidad del año 2022 se tendría 43 SED's con sobrecarga mayor al 100%, 41 nodos de MT con caídas de tensión por encima del 5% y 8 tramos de MT en estado de sobrecarga dentro de estos el ramal principal del AMT QU04 para una demanda de potencia punta

CAPÍTULO V:

SIMULACIÓN Y CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN CON LA INCORPORACIÓN DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN EL AMT QU04 2022

5.1. INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se determina el diagnóstico de la condición operativa de cargabilidad del AMT QU04 con la incorporación de VE, con el propósito de evaluar la medida en que variara respecto a los resultados obtenidos de la simulación de flujo de potencia proyectado al año 2022 sin la incorporación de VE. En el primer segmento se determina las SED`s en que posiblemente se incorporen VE y la potencia que estos demandaran, también se determina la ubicación y demanda de potencia de puntos de recarga rápida (Electrolíneas). En el segundo segmento con los resultados obtenidos en el capítulo IV y las SED`s seleccionadas en el primer segmento se redimensiona la capacidad de potencia instalada en las SED`s. Y el tercer segmento se analiza los resultados obtenidos de la simulación de flujo de potencia en el software DIgSILENT Power Factory.

5.2. DEMANDA DE POTENCIA DEBIDO A LA INCORPORACIÓN DE VE

5.2.1. Ubicación de SED`s

La demanda de potencia debido a la incorporación de VE es calculada tomando en consideración 2 variables que son:

- La potencia instantánea del modo de recarga normal del VE.
- Cantidad de VE incorporados en el AMT QU04 2022

La potencia instantánea del modo de carga normal se desarrolló ampliamente en el capítulo II “Marco Teórico”, donde se indica que el modo de recarga Normal demanda una potencia de 7kW, y la cantidad de vehículos incorporados en el AMT QU04 se calculó en el capítulo III “Viabilidad del mercado, técnica y económica con la incorporación de vehículos eléctricos” en

el segmento de viabilidad del mercado del cual se obtuvo un total de 77 VE en un escenario optimista.

Para la selección de los puntos de incorporación de VE, se considera una clasificación de SED's de acuerdo al número de clientes que poseen, utilizando el método de clasificación de datos "Rupturas Naturales de Jenks" el cual es un método que agrupa los valores similares y maximiza las diferencias entre clases, obteniendo la siguiente gráfica.

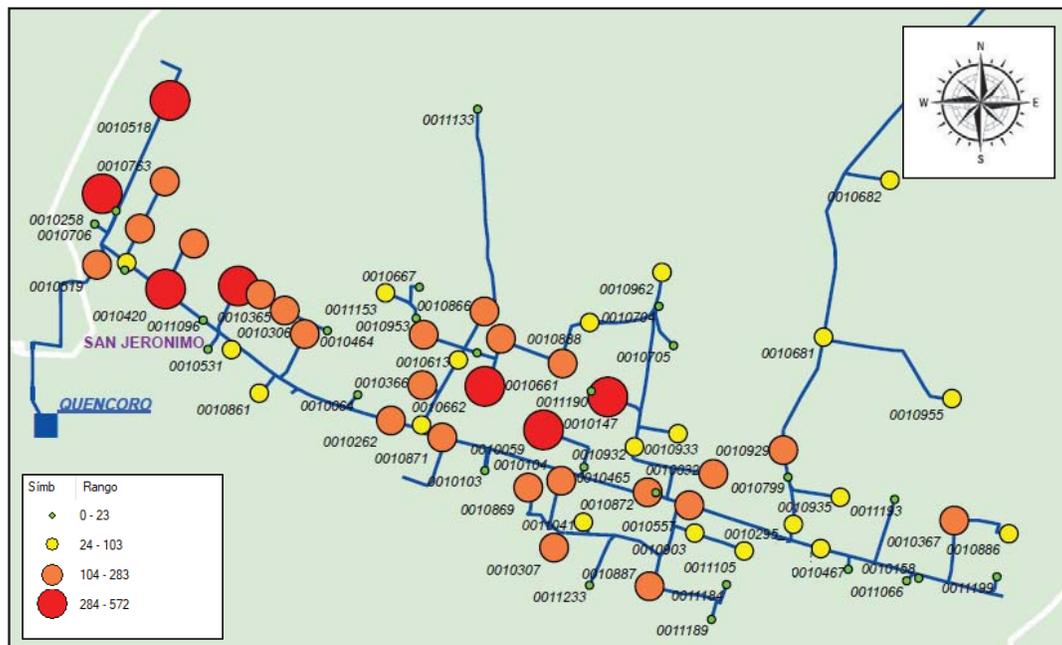


Figura 5-1: Posibles puntos de incorporación de VE en las SED's del AMT QU04
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 5-1, se muestran las SED's clasificadas por el Método De Rupturas de Jenks en base al número de clientes, donde se tipifica por 4 símbolos con los rangos de clientes de 0-23, 24-103, 104-283 y 284-572

Las SED's en que posiblemente se incorporen VE, se encuentran dentro de los 2 rangos mayores de la clasificación, la tabla 5-1 muestra las SED's que se encuentran dentro de estos rangos.

De la tabla 5-1, se determina que 7 SED's tienen un rango de clientes comprendido entre 284 a 572, y 23 SED's tienen un rango de 104 a 283 clientes. Las 30 SED's mostradas en la

tabla son las seleccionadas para la incorporación de los vehículos eléctricos en el sistema de carga normal (220V).

Tabla 5-1:

SED's Seleccionadas para la incorporación de recarga normal de VE

ITEM	SED	Cientes	ITEM	SED	Cientes
1 ●	10518	406	7 ●	10871	148
2 ●	10258	505	8 ●	10322	178
3 ●	10420	512	9 ●	10953	167
4 ●	10260	377	10 ●	10866	209
5 ●	10662	380	11 ●	10263	169
6 ●	10059	646	12 ●	10661	272
7 ●	10147	452	13 ●	10869	181
8 ●	10520	332	14 ●	10104	189
9 ●	10366	351	15 ●	10872	156
1 ●	10763	248	16 ●	10307	204
2 ●	10764	266	17 ●	10557	115
3 ●	10519	247	18 ●	10032	139
4 ●	10365	193	19 ●	10887	153
5 ●	10306	267	20 ●	10929	195
6 ●	10262	209	21 ●	10367	130

Fuente: Elaboración propia

De manera que para un escenario optimista en el año 2022 se incorporarían 77 VE, significando esto una demanda de potencia de 539kW para el AMT QU04, líneas adelante se realiza el modelamiento en tres diferentes escenarios de incorporación de VE para la simulación de flujo de potencia y su respectivo análisis en DIgSILENT Power Factory.

5.2.2. Demanda de Potencia por VE

Considerando la incorporación de 77 VE en el AMT QU04 y la demanda de potencia en el modo de recarga normal (7kW), se tendría una demanda de potencia total de 539kW.

Debido a que la incorporación no será en su totalidad y para facilitar el análisis del impacto de incorporación de los VE en el AMT QU04, se plantea tres escenarios de incorporación que se muestran en la tabla 5-2 que permiten observar el efecto que ocasionara la incorporación de VE.

Tabla 5-2:

Casos de estudio y cantidad de vehículos eléctricos incorporados

Caso de estudio	Cantidad de vehículos eléctricos
Escenario 1: 30%	23
Escenario 2: 60%	46
Escenario 3: 90%	69

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5-2, se muestran los tres escenarios planteados para la incorporación de VE, que son el 30%, el 60% y el 90% respecto del total de 77 VE posibles.

Los escenarios de incorporación se detallan en breve, para determinar la distribución del número de VE incorporados en las SED's seleccionadas, se tomó en consideración la expresión matemática 5-1.

$$VE_{SED} = \rho_{VE} * C_{SED} \text{ (Expresión Matemática 5-1)}$$

Donde:

VE_{SED} : Número de VE en SED

ρ_{VE} : Densidad de VE por cliente del AMT QU04

C_{SED} : Número de clientes por SED

Haciendo uso de la expresión matemática 5-1 se determinó la densidad de VE por cliente para los tres escenarios planteados, resultando ser:

Escenario 1: 30% — $\rho_{VE} = 0.002889$

Escenario 2: 60% — $\rho_{VE} = 0.005800$

Escenario 3: 90% — $\rho_{VE} = 0.008700$

- **Escenario 1**

En el escenario 1, se considera el 30% de la cantidad de VE, resultando un valor de 23. En la siguiente tabla se muestra las SED's en las que posiblemente se incorporen los VE.

Tabla 5-3.

Incorporación al 30% de VE 2022

Incorporación al 30%							
SED	Clientes	VE/Cliente	VE en SED	SED	Clientes	VE/Cliente	VE en SED
10518	406	0.002889	1	10871	148	0.002889	0
10258	505	0.002889	1	10366	351	0.002889	1
10420	512	0.002889	1	10953	167	0.002889	0
10260	377	0.002889	1	10866	209	0.002889	1
10662	380	0.002889	1	10263	169	0.002889	0
10059	646	0.002889	2	10661	272	0.002889	1
10147	452	0.002889	1	10869	181	0.002889	1
10519	247	0.002889	1	10104	189	0.002889	1
10322	178	0.002889	1	10872	156	0.002889	0
10763	248	0.002889	1	10307	204	0.002889	1
10764	266	0.002889	1	10557	115	0.002889	0
10520	332	0.002889	1	10032	139	0.002889	0
10365	193	0.002889	1	10887	153	0.002889	0
10306	267	0.002889	1	10929	195	0.002889	1
10262	209	0.002889	1	10367	130	0.002889	0
TOTAL					7996		23

Fuente: Elaboración propia

- **Escenario 2**

En el Caso de estudio 2, se considera el 60% (46 unidades) del total de VE (77 unidades) calculados anteriormente. En la siguiente tabla se muestra las SED's en las que posiblemente se incorporen los VE.

Tabla 5-4:
Incorporación al 60% de VE 2022

Incorporación al 60%							
SED	Clientes	VE/Persona	VE en SED	SED	Clientes	VE/Persona	VE en SED
10518	406	0.0058	2	10871	148	0.0058	1
10258	505	0.0058	3	10366	351	0.0058	2
10420	512	0.0058	3	10953	167	0.0058	1
10260	377	0.0058	2	10866	209	0.0058	1
10662	380	0.0058	2	10263	169	0.0058	1
10059	646	0.0058	4	10661	272	0.0058	2
10147	452	0.0058	3	10869	181	0.0058	1
10519	247	0.0058	1	10104	189	0.0058	1
10322	178	0.0058	1	10872	156	0.0058	1
10763	248	0.0058	1	10307	204	0.0058	1
10764	266	0.0058	2	10557	115	0.0058	1
10520	332	0.0058	2	10032	139	0.0058	1
10365	193	0.0058	1	10887	153	0.0058	1
10306	267	0.0058	2	10929	195	0.0058	1
10262	209	0.0058	1	10367	130	0.0058	1
TOTAL					7996		46

Fuente: Elaboración propia

- **Escenario 3**

Se considera el 90% (69 unidades) de la cantidad total de VE (77) calculado anteriormente.

En la siguiente tabla se muestra las SED's en las que posiblemente se incorporen los VE.

*Tabla 5-5:
Incorporación al 90% de VE 2022*

Incorporación al 90%							
SED	Clientes	VE/Persona	VE en SED	SED	Clientes	VE/Persona	VE en SED
10518	406	0.0087	4	10871	148	0.0087	1
10258	505	0.0087	4	10366	351	0.0087	3
10420	512	0.0087	4	10953	167	0.0087	1
10260	377	0.0087	3	10866	209	0.0087	2
10662	380	0.0087	3	10263	169	0.0087	1
10059	646	0.0087	6	10661	272	0.0087	2
10147	452	0.0087	4	10869	181	0.0087	2
10519	247	0.0087	2	10104	189	0.0087	2
10322	178	0.0087	2	10872	156	0.0087	1
10763	248	0.0087	2	10307	204	0.0087	2
10764	266	0.0087	2	10557	115	0.0087	1
10520	332	0.0087	3	10032	139	0.0087	1
10365	193	0.0087	2	10887	153	0.0087	1
10306	267	0.0087	2	10929	195	0.0087	2
10262	209	0.0087	2	10367	130	0.0087	1
TOTAL				7996			
				69			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5-5 se determina que la potencia instalada adicional en general que se tendrá con la incorporación de VE en los diferentes casos de estudio es de 161 kW, 329 kW y 476 kW respectivamente en el AMT QU04.

Tabla 5-6:
Resumen de Potencia Demandada en las SED's por los VE

Demanda de potencia Adicional con los VE (kW)							
SED	Caso de estudio 1	Caso de estudio 2	Caso de estudio 3	SED	Caso de estudio 1	Caso de estudio 2	Caso de estudio 3
10518	7	14	28	10871	0	7	7
10258	7	21	28	10366	7	14	21
10420	7	21	28	10953	0	7	7
10260	7	14	21	10866	7	7	14
10662	7	14	21	10263	0	7	7
10059	14	28	42	10661	7	14	14
10147	7	21	28	10869	7	7	14
10519	7	7	14	10104	7	7	14
10322	7	7	14	10872	0	7	7
10763	7	7	14	10307	7	7	14
10764	7	14	14	10557	0	7	7
10520	7	14	21	10032	0	7	7
10365	7	7	14	10887	0	7	7
10306	7	14	14	10929	7	7	14
10262	7	7	14	10367	0	7	7
TOTAL					161	329	476

Fuente: Elaboración propia

5.2.3. Ubicación de Puntos de Recarga Rápida

Para determinar la ubicación adecuada de la instalación de puntos de recarga rápida del VE, el estudio analiza lugares públicos de estacionamiento, parques, grifos, instituciones, y otros. Considerando que los accesos y distancias el uno del otro tenga relación a los lugares de mayor concentración de VE.

En la figura 5-2 se aprecia los lugares y la cantidad de puntos de recarga rápida necesarios.

En la figura 5-3, se aprecia que el equipo de recarga rápida requiere de una conexión trifásica de cuatro hilos de 400V \pm 10% alterna de 50 o 60Hz y conexión a un SPAT, Admitiendo una corriente y potencia nominal de entrada máxima de 80A y 55kVA respectivamente, con un factor de potencia mayor a 0.96.

En la tabla 5-7 se muestran las ubicaciones y nombres de los puntos de recarga rápida de VE, así como la demanda de potencia de cada unidad de recarga rápida.

Demanda máxima de estación de carga típica

Tabla 5-7:

Cantidad y Demanda de Potencia de los Equipos de Recarga Rápida de la Marca ABB

Nombre	Ubicación	Cantidad de Equipos	Potencia Instalada (kW)
Universidad Andina del Cusco	Universidad Andina del Cusco	01	52.8
Larapa	Urb. Larapa	01	52.8
Servicentro Latino	Av. De la Cultura	01	52.8
Grifo Petro Royal	Av. De la Cultura	01	52.8

Fuente: Elaboración propia

Al ser de 52.8kW la demanda del equipo de recarga eléctrica, para su incorporación en el AMT QU04 se requiere de un suministro en media tensión con la infraestructura necesaria para abastecer la potencia requerida, que se muestra a continuación:

- 04 Subestaciones de distribución de 75 kVA de relación transformación de 10.5/0.400kV

De esta manera en el año 2022 si se incorporan 4 puntos de recarga rápida esta representa una demanda de potencia de 211.2kW para el AMT QU04.

Demanda total de potencia de VE y puntos de recarga rápida

- Escenario 30% = **372.2kW**
- Escenario 60% = **540.2kW**
- Escenario 90% = **687.2kW**

5.3. SITUACIÓN FUTURA DE LAS SED'S

Para el modelo del AMT QU04 en DIgSILENT Power Factory con la incorporación de VE, se considera redimensionar la capacidad nominal en las SED's seleccionadas para la incorporación de VE que se encuentran en estado de sobrecarga resultado de la simulación de flujo de potencia en el año 2022 sin la incorporación de VE.

La capacidad de potencia instalada de las SED's en el año 2022, se determina a partir de la demanda de potencia máxima en los tres casos de estudio, considerando un factor de reserva de 1.25 respecto de la demanda de potencia máxima para los tres casos de estudio. Las capacidades nominales de potencia de las SED's redimensionadas se muestran en la tabla 5-8.

Tabla 5-8:

Redimensionamiento de la capacidad nominal de SED's año 2022

Código SED	Capacidad nominal en SED 2018 (kVA)	Capacidad nominal en SED 2022 (kVA)		
		Conservador	Esperado	Optimista
10032	100	160	160	200
10059	100	160	200	200
10104	160	160	160	160
10147	160	250	315	315
10258	250	400	500	630
10260	160	160	200	250
10262	250	250	250	250
10263	50	100	100	100
10306	50	160	200	200
10307	100	100	100	100
10322	50	100	100	160
10365	100	125	160	160
10366	100	160	200	200
10367	100	100	125	160
10420	100	160	200	200
10518	250	400	500	630

Código SED	Capacidad nominal en SED 2018 (kVA)	Capacidad nominal en SED 2022 (kVA)		
		Conservador	Esperado	Optimista
		10519	100	200
10520	50	100	100	160
10557	160	160	160	160
10661	80	160	160	160
10662	100	160	160	200
10763	50	100	100	100
10764	50	125	160	200
10866	50	125	160	160
10869	75	125	160	160
10871	75	100	100	125
10872	50	100	125	125
10887	50	100	125	125
10929	75	160	250	250
10953	100	100	100	100

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5-8, se muestra las SED's seleccionadas para la incorporación de VE, cada una con la capacidad nominal de potencia redimensionada en los tres casos de estudio, se puede apreciar que existen algunas SED's en las que no varía la capacidad nominal en los tres casos de estudio esto debido a que la demanda de potencia punta no supera el valor la capacidad nominal d potencia en las SED's.

5.4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DE FLUJO DE POTENCIA CON LA INCORPORACIÓN DE VE

A continuación, se muestran los resultados de la simulación de flujo de potencia del AMT QU04 con la incorporación de potencia demandada por los VE en los tres casos de estudio planteado.

5.4.1. Caso de estudio Conservador con incorporación de VE

5.4.1.1. Subestaciones de distribución

Los cuadros y figuras líneas abajo muestran el estado comparativo de operación de las 30 subestaciones de distribución redimensionadas, en los parámetros de sobrecarga y caída de tensión en el año 2022 sin la incorporación de VE y con la incorporación al 30% ,60% y 90% de estos.

- **Sobrecarga de transformadores en las SED`s**

Considerando según lo que se indica en el informe técnico (Osinermin, 2018), afirma que el valor de cargabilidad comprendido de 0-75% se consideran en estado normal, de 75-100% en estado de próxima a sobrecargarse y de mayor a 100 en estado de sobrecarga.

Tabla 5-9:

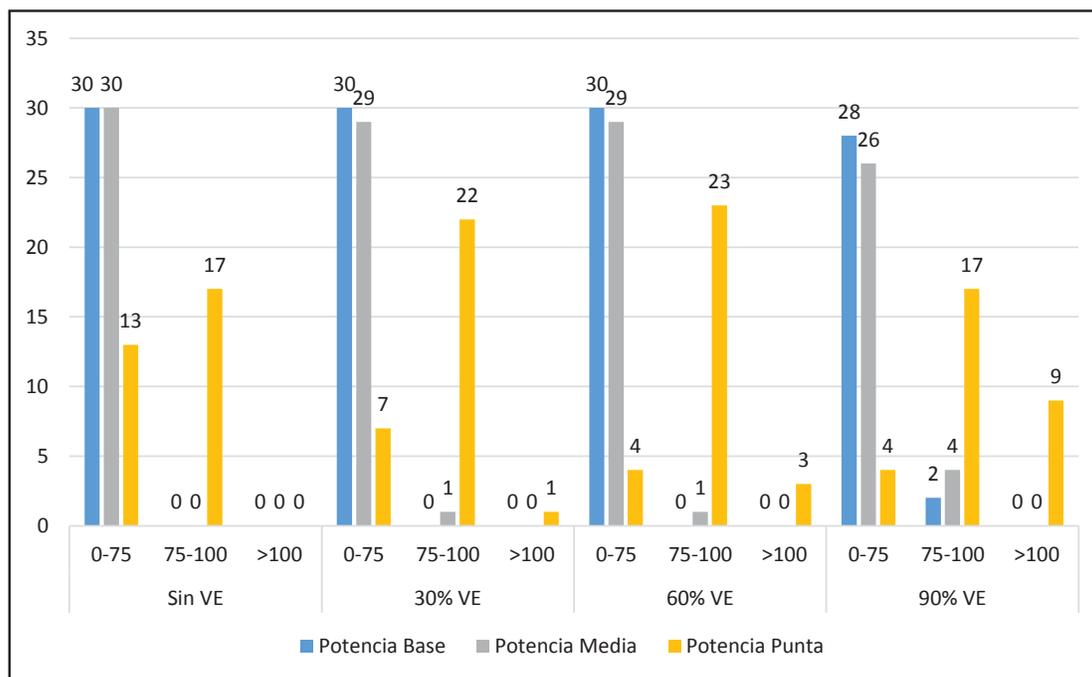
Sobrecarga de transformadores en las SED`s con VE conservador

Ítem	Cargabilidad (%)	Potencia Base		Potencia Media		Potencia Punta	
		SED	Porcentaje	SED	Porcentaje	SED	Porcentaje
Sin VE	0-75	30	100%	30	100%	13	43%
	75-100	0	0%	0	0%	17	57%
	>100	0	0%	0	0%	0	0%
Escenario 1 30% VE	0-75	30	100%	29	97%	7	23%
	75-100	0	0%	1	3%	22	73%
	>100	0	0%	0	0%	1	3%
Escenario 2 60% VE	0-75	30	100%	29	97%	4	13%
	75-100	0	0%	1	3%	23	77%
	>100	0	0%	0	0%	3	10%
Escenario 3 90% VE	0-75	28	93%	26	87%	4	13%
	75-100	2	7%	4	13%	17	57%
	>100	0	0%	0	0%	9	30%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5-9 y figura 5-4 se puede determinar que tanto en potencia base y media en los tres escenarios de incorporación no se aprecia un incremento notorio de sobrecarga en SED's, en potencia punta en el escenario al 30% de VE incorporados se encuentran 1 SED's en estado

de sobrecarga, al 60% 3 SED's y al 90% 9 SED's. De esta forma se afirma que en el caso de estudio 1 conservador, en las horas de potencia punta en los 3 escenarios de incorporación se observa un incremento significativo de sobrecarga en las SED's seleccionadas.



*Figura 5-4 Sobrecarga de transformadores en las SED's con VE conservador
Fuente elaboración propia*

- **Caída de Tensión en las SED's**

La caída de tensión permitida según la NTCSE en su numeral V, es de $\pm 5\%$, en cumplimiento a la normativa, en la tabla 5-10 y figura 5-5 se puede observar que las SED's que incumplen en superar el $\pm 5\%$ son: sin VE 39 SED's mientras en el escenario 1 se obtiene 41 SED's, en el escenario 2 se obtiene 41 SED's y en el escenario 3 se obtiene 41 SED's. Realizando la comparación se puede determinar que hay un aumento mínimo de SED's que incumplen el $\pm 5\%$ con la incorporación de VE en el AMT QU04.

Tabla 5-10:

Caída de tensión SED's con VE conservador

Ítem	Caída de tensión (%)	Potencia Base		Potencia Media		Potencia Punta	
		SED	Porcentaje (%)	SED	Porcentaje (%)	SED	Porcentaje (%)
Sin VE	0-3	83	100%	49	59%	18	22%
	3-5	0	0%	34	41%	26	31%
	>5	0	0%	0	0%	39	47%
Escenario 1: 30%VE	0-3	87	100%	46	53%	20	23%
	3-5	0	0%	41	47%	26	30%
	>5	0	0%	0	0%	41	47%
Escenario 2: 60%VE	0-3	87	100%	46	53%	17	20%
	3-5	0	0%	41	47%	29	33%
	>5	0	0%	0	0%	41	47%
Escenario 3: 90%VE	0-3	87	100%	46	53%	15	17%
	3-5	0	0%	41	47%	31	36%
	>5	0	0%	0	0%	41	47%

Fuente: Elaboración propia

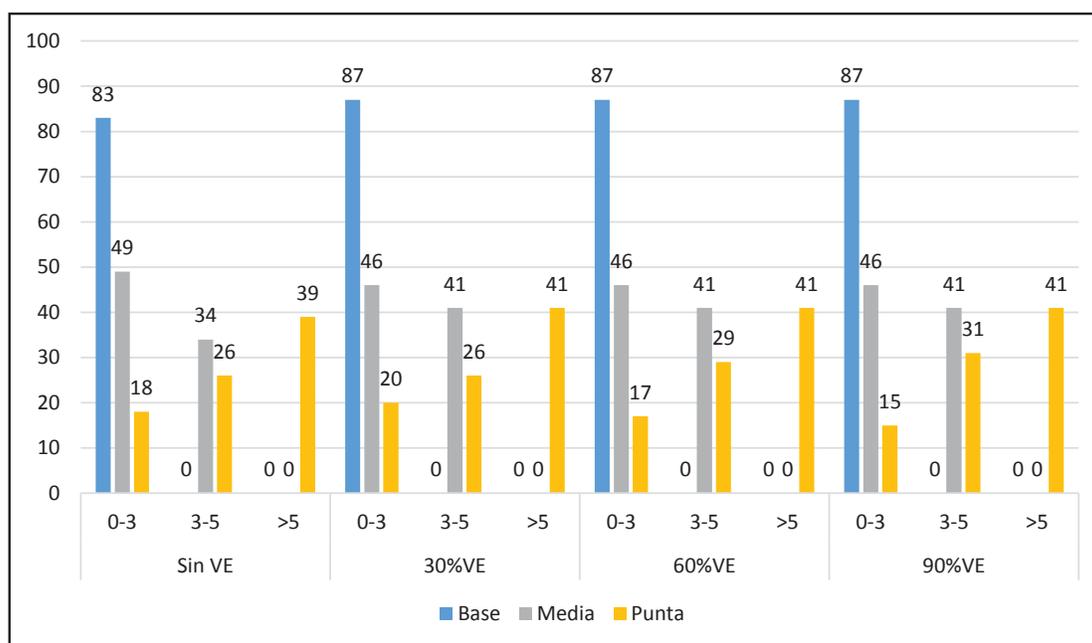


Figura 5-5: Caída de tensión SED's con VE conservador

Fuente elaboración propia

5.4.1.2. Redes de Media tensión

Los datos mostrados son indicadores de cómo operan las redes con la implementación de VE, en los diferentes escenarios, en el caso de estudio 1: conservador.

- **Sobrecarga de tramos en líneas de MT**

Tabla 5-11:

Cargabilidad Tramos de MT con VE conservador

Ítem	Cargabilidad (%)	Potencia Base		Potencia Media		Potencia Punta	
		Tramo	Porcentaje	Tramo	Porcentaje	Tramo	Porcentaje
Sin VE	0-75	174	100.0%	174	100.0%	159	91.4%
	75-100	0	0.0%	0	0.0%	11	6.3%
	>100	0	0.0%	0	0.0%	4	2.3%
Escenario 1: 30%VE	0-75	175	100.0%	175	100.0%	159	90.9%
	75-100	0	0.0%	0	0.0%	8	4.6%
	>100	0	0.0%	0	0.0%	8	4.6%
Escenario 2: 60%VE	0-75	175	100.0%	175	100.0%	154	88.0%
	75-100	0	0.0%	0	0.0%	13	7.4%
	>100	0	0.0%	0	0.0%	8	4.6%
Escenario 3: 90%VE	0-75	175	100.0%	175	100.0%	154	88.0%
	75-100	0	0.0%	0	0.0%	13	7.4%
	>100	0	0.0%	0	0.0%	8	4.6%

Fuente: Elaboración propia

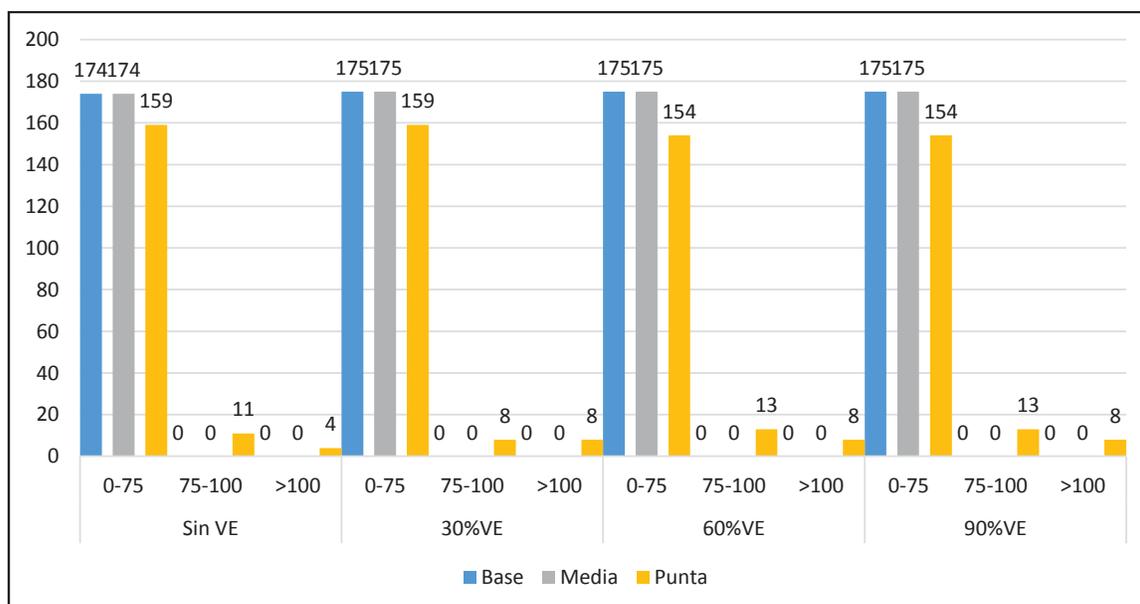


Figura 5-6: Cargabilidad Tramos de MT con VE conservador

Fuente elaboración propia

Considerando según lo que se indica en el informe técnico (Osinergmin, 2018), afirma que el valor de cargabilidad comprendido de 0-75% se consideran en estado normal, de 75-100% en estado de próxima a sobrecargarse y de mayor a 100 en estado de sobrecarga.

En la tabla 5-11 y figura 5-6 se puede observar que sin VE se obtiene en estado de sobrecarga 4 tramos de MT con la demanda máxima (potencia punta) mientras en el escenario 1 se obtiene en estado de sobrecarga 8 tramos de MT, en el escenario 2 se obtiene 8 tramos de MT y en el escenario 3 se obtiene 8 tramos de MT. Realizando la comparación se puede determinar que hay un aumento mínimo de tramos de MT que están en estado de sobrecarga en comparación de los escenarios con los resultados del capítulo IV sin VE.

5.4.2. Caso de estudio Esperado con incorporación de VE

5.4.2.1. Subestaciones de Distribución

- Sobrecarga de transformadores en las SED's

Tabla 5-12:

Sobrecarga de transformadores en las SED's con VE esperado

Ítem	Cargabilidad (%)	Potencia Base		Potencia Media		Potencia Punta	
		SED	Porcentaje	SED	Porcentaje	SED	Porcentaje
Sin VE	0-75	30	100%	29	97%	17	57%
	75-100	0	0%	1	3%	13	43%
	>100	0	0%	0	0%	0	0%
Escenario 1: 30%VE	0-75	30	100%	29	97%	7	23%
	75-100	0	0%	1	3%	23	77%
	>100	0	0%	0	0%	0	0%
Escenario 2: 60%VE	0-75	29	97%	28	93%	3	10%
	75-100	1	3%	2	7%	25	83%
	>100	0	0%	0	0%	2	7%
Escenario 3: 90%VE	0-75	29	97%	28	93%	3	10%
	75-100	1	3%	1	3%	24	80%
	>100	0	0%	1	3%	3	10%

Fuente: Elaboración propia

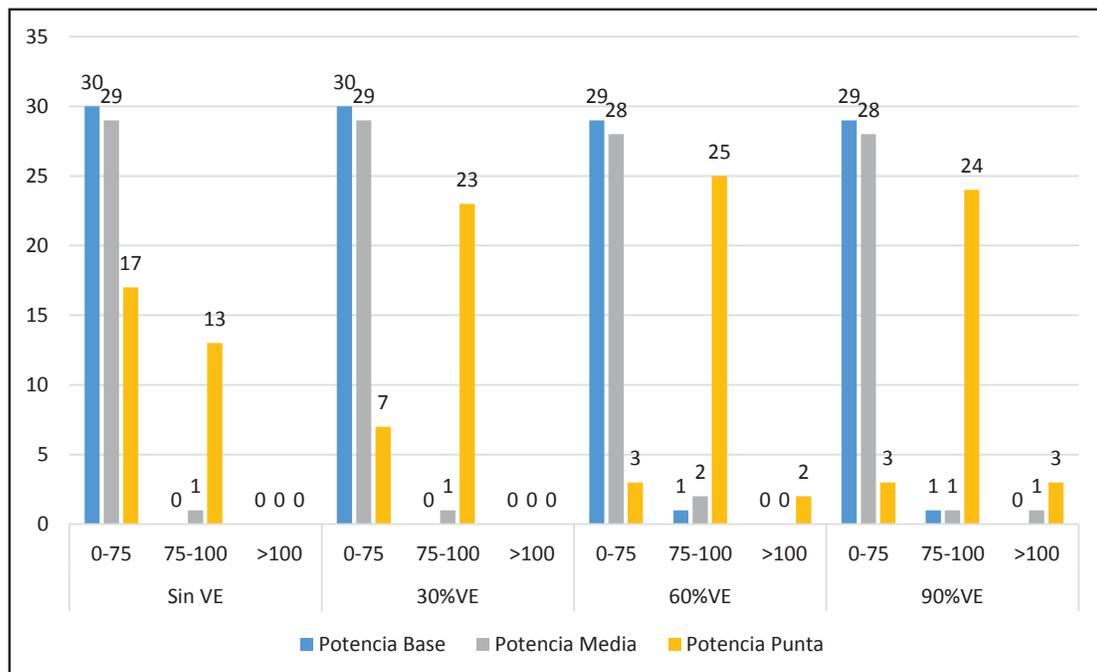


Figura 5-7: Sobrecarga de transformadores en las SED's con VE esperado

Fuente elaboración propia

En la figura 5-12 y tabla 5-7, se puede determinar que tanto en potencia base y media en los tres escenarios de incorporación no se aprecia un incremento notorio de sobrecarga en SED's, en potencia punta en el escenario al 30% de VE incorporados se encuentran 0 SED's en estado de sobrecarga, al 60% 2 SED's y al 90% 3 SED's. De esta forma se afirma que en el caso de estudio 2 Esperado, en las horas de potencia punta en los 3 escenarios de incorporación se observa un incremento significativo de sobrecarga en las SED's seleccionadas.

- **Caída de Tensión en las SED's**

En la tabla 5-13 y figura 5-8 se puede observar que las SED's que incumplen en superar el $\pm 5\%$ son: sin VE 41 SED's mientras en el escenario 1 se obtiene 53 SED's, en el escenario 2 se obtiene 57 SED's y en el escenario 3 se obtiene 57 SED's. Realizando la comparación se puede determinar que hay un aumento notorio de SED's que incumplen el $\pm 5\%$ con la incorporación de VE en el AMT QU04.

Tabla 5-13:

Caída de tensión SED's con VE Esperado

Ítem	Cargabilidad (%)	Potencia Base		Potencia Media		Potencia Punta	
		SED	Porcentaje	SED	Porcentaje	SED	Porcentaje
Sin VE	0-3	83	100%	42	51%	13	16%
	3-5	0	0%	41	49%	29	35%
	>5	0	0%	0	0%	41	49%
Escenario 1: 30%VE	0-3	87	100%	46	53%	14	16%
	3-5	0	0%	41	47%	20	23%
	>5	0	0%	0	0%	53	61%
Escenario 2: 60%VE	0-3	87	100%	35	40%	14	16%
	3-5	0	0%	52	60%	16	18%
	>5	0	0%	0	0%	57	66%
Escenario 3: 90%VE	0-3	87	100%	30	34%	14	16%
	3-5	0	0%	57	66%	16	18%
	>5	0	0%	0	0%	57	66%

Fuente: Elaboración propia

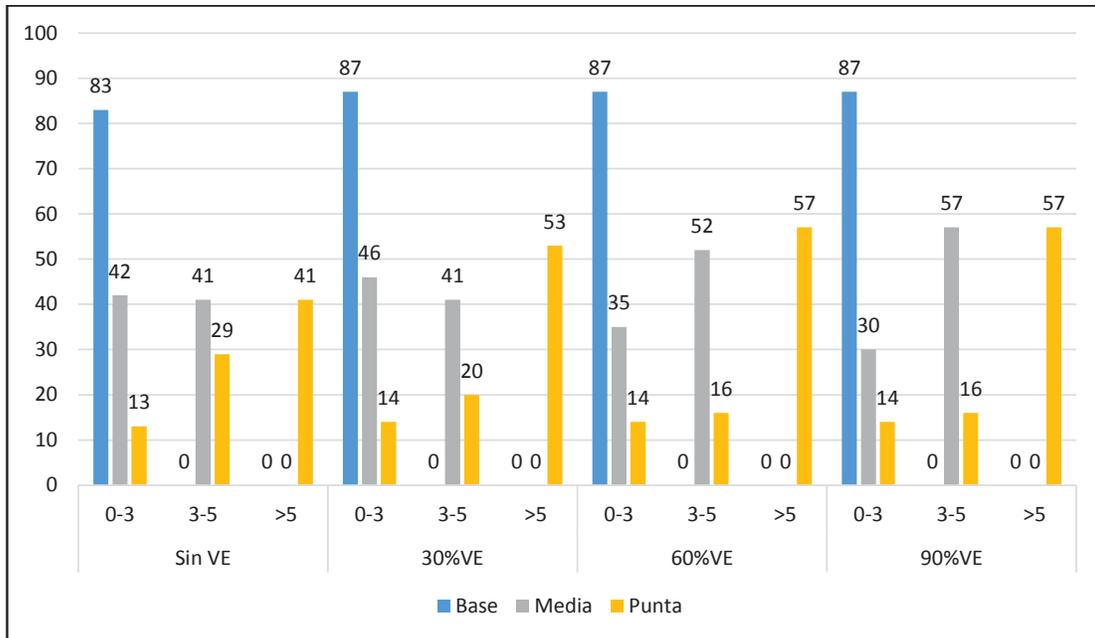


Figura 5-8: Caída de tensión SED's con VE esperado
Fuente elaboración propia

5.4.2.2. Redes de Media Tensión

Tabla 5-14:

Cargabilidad Tramos de MT con VE esperado

Ítem	Cargabilidad (%)	Potencia Base		Potencia Media		Potencia Punta	
		Tramo	Porcentaje	Tramo	Porcentaje	Tramo	Porcentaje
Sin VE	0-75	174	100.0%	174	100.0%	151	86.8%
	75-100	0	0.0%	0	0.0%	15	8.6%
	>100	0	0.0%	0	0.0%	8	4.6%
Escenario 1: 30%VE	0-75	175	100.0%	175	100.0%	152	90.9%
	75-100	0	0.0%	0	0.0%	12	4.6%
	>100	0	0.0%	0	0.0%	11	4.6%
Escenario 2: 60%VE	0-75	175	100.0%	172	98.3%	151	86.3%
	75-100	0	0.0%	3	1.7%	13	7.4%
	>100	0	0.0%	0	0.0%	11	6.3%
Escenario 3: 90%VE	0-75	175	100.0%	171	97.7%	151	86.3%
	75-100	0	0.0%	4	2.3%	13	7.4%
	>100	0	0.0%	0	0.0%	11	6.3%

Fuente: Elaboración propia

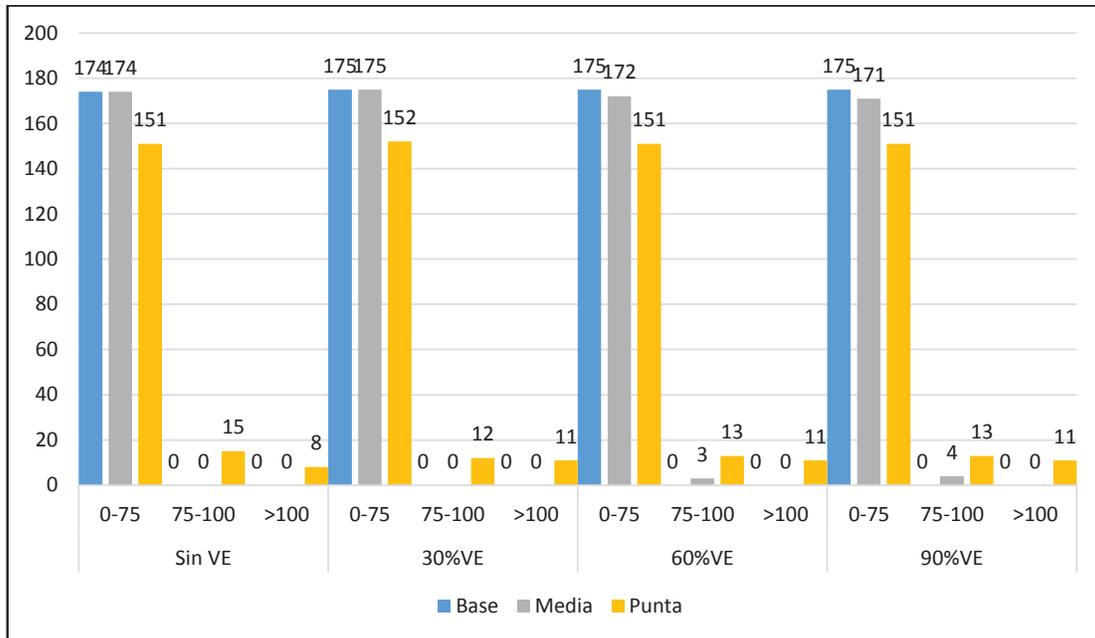
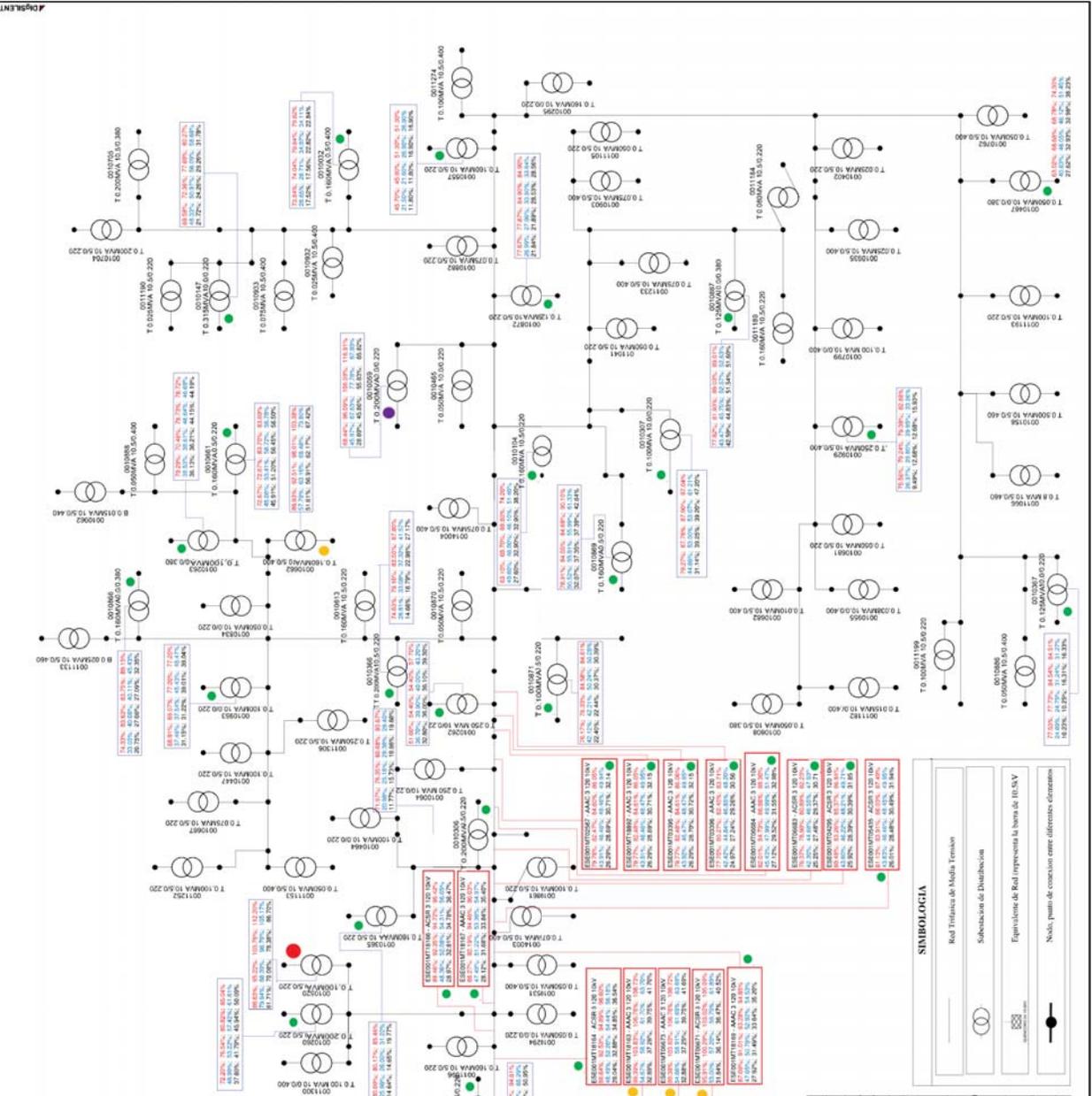


Figura 5-9: Cargabilidad Tramos de MT con VE conservador
Fuente elaboración propia

En la tabla 5-14 y figura 5-9 se puede observar que sin VE se obtiene en estado de sobrecarga de 8 tramos de MT con la demanda máxima (potencia punta) mientras en el escenario 1 se obtiene en estado de sobrecarga 11 tramos de MT, en el escenario 2 se obtiene 11 tramos de MT y en el escenario 3 se obtiene 11 tramos de MT. Realizando la comparación se puede determinar que hay un aumento mínimo de tramos de MT que están en estado de sobrecarga en comparación de los escenarios con los resultados del capítulo IV sin VE.



LEYENDA

Cargabilidad de SED's y Redes de MT del AMT QU04 ante la incorporación de VE en el AMT QU04

Sim VE: 30%VE; 60%VE; 90%VE Porcentaje de incorporación de VE en el AMT QU04

- 00.00% 00.00% 00.00% 00.00%
- 00.00% 00.00% 00.00% 00.00%
- 00.00% 00.00% 00.00% 00.00%
- 00.00% 00.00% 00.00% 00.00%

Elemento opera en estado de sobrecarga en horas de demanda punta requiere esparcimiento

Elemento opera en estado próximo a sobrecargarse en horas de demanda media y en sobrecarga en horas de demanda punta

Elemento opera en estado de sobrecarga en horas de demanda media, requiere ser reemplazado

Simulación de flujo de potencia AMT-QU04 "Escenario Esperado 2022 con VE"

Software de simulación DIgSILENT Power Factory

SIMBOLÓGICA

Red Trifásica de Media Tensión

Subestación de Distribución

Equipamiento de Red representa la hora de 10:00

Nota: punto de conexión entre diferentes circuitos

5.4.3. Caso de estudio optimista con incorporación de VE

5.4.3.1. Subestaciones de Distribución

- Sobrecarga de transformadores en las SED's

Tabla 5-15:

Sobrecarga de transformadores en las SED's con VE optimista

Ítem	Cargabilidad (%)	Potencia Base		Potencia Media		Potencia Punta	
		SED	Porcentaje	SED	Porcentaje	SED	Porcentaje
Sin VE	0-75	30	100%	30	100%	10	33%
	75-100	0	0%	0	0%	20	67%
	>100	0	0%	0	0%	0	0%
Escenario 1: 30%VE	0-75	30	100%	29	97%	5	17%
	75-100	0	0%	1	3%	24	80%
	>100	0	0%	0	0%	1	3%
Escenario 2: 60%VE	0-75	30	100%	27	90%	2	7%
	75-100	0	0%	3	10%	26	87%
	>100	0	0%	0	0%	2	7%
Escenario 3: 90%VE	0-75	29	97%	26	87%	2	7%
	75-100	1	3%	4	13%	25	83%
	>100	0	0%	0	0%	3	10%

Fuente: Elaboración propia

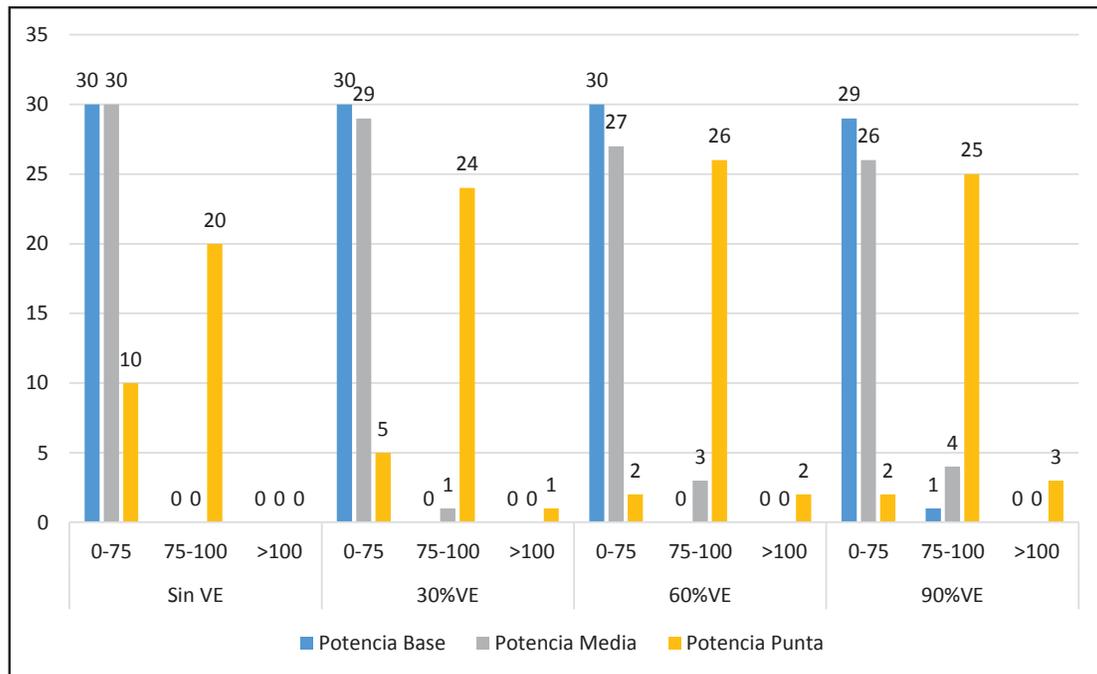


Figura 5-10: Sobrecarga de transformadores en las SED's con VE optimista

Fuente elaboración propia

En la Tabla 5-15 y Figura 5-10, se puede determinar que tanto en potencia base y media en los tres escenarios de incorporación no se aprecia un incremento en estado de sobrecarga en SED's, en potencia punta en el escenario al 30% de VE incorporados se encuentran 1 SED's en estado de sobrecarga, al 60% 2 SED's y al 90% 3 SED's. De esta forma se afirma que en el caso de estudio 3 optimista, en las horas de potencia punta en los 3 escenarios de incorporación se observa un incremento significativo de sobrecarga en las SED's seleccionadas.

- **Caída de Tensión en las SED's**

En la tabla 5-16 y figura 5-11 se puede observar que las SED's que incumplen en superar el $\pm 5\%$ son: sin VE 57 SED's mientras en el escenario 1 se obtiene 61 SED's, en el escenario 2 se obtiene 61 SED's y en el escenario 3 se obtiene 61 SED's. Realizando la comparación se puede determinar que hay un aumento notorio de SED's que incumplen el $\pm 5\%$ con la incorporación de VE en el AMT QU04.

Tabla 5-16:

Caída de tensión SED's con VE Optimista

Ítem	Cargabilidad (%)	Potencia Base		Potencia Media		Potencia Punta	
		SED	Porcentaje	SED	Porcentaje	SED	Porcentaje
Sin VE	0-3	83	100%	27	33%	12	14%
	3-5	0	0%	56	67%	14	17%
	>5	0	0%	0	0%	57	69%
Escenario 1: 30%VE	0-3	87	100%	29	33%	12	14%
	3-5	0	0%	58	67%	14	16%
	>5	0	0%	0	0%	61	70%
Escenario 2: 60%VE	0-3	87	100%	27	31%	11	13%
	3-5	0	0%	60	69%	15	17%
	>5	0	0%	0	0%	61	70%
Escenario 3: 90%VE	0-3	85	98%	26	30%	10	11%
	3-5	2	2%	61	70%	16	18%
	>5	0	0%	0	0%	61	70%

Fuente: Elaboración propia

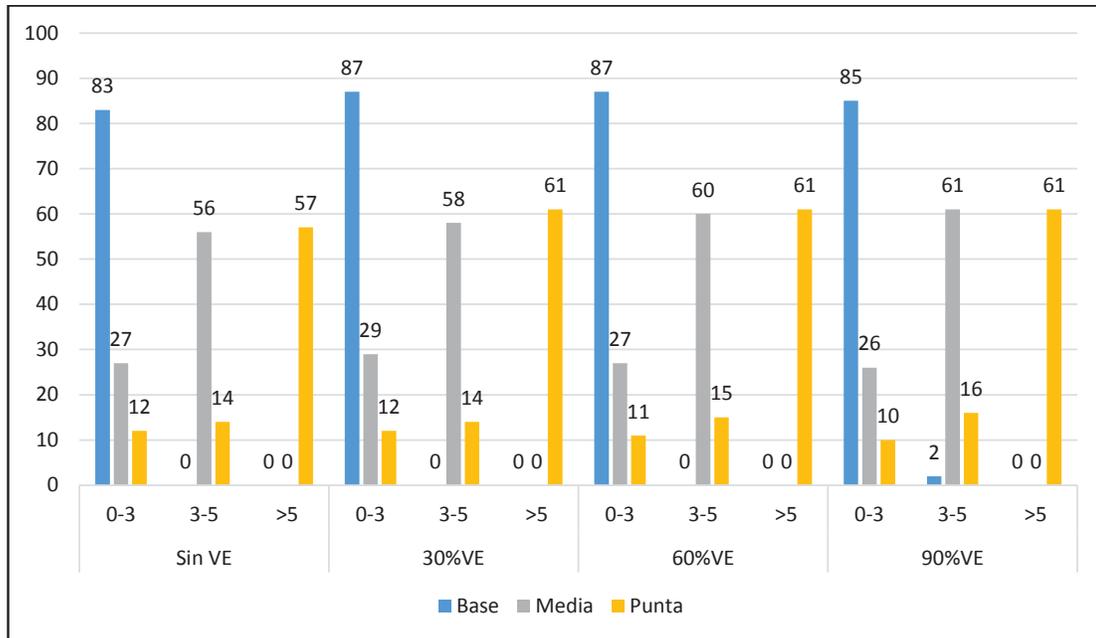


Figura 5-11 Caída de tensión SED's con VE optimista
Fuente elaboración propia

5.4.3.2. Redes de Media Tensión

- Sobrecarga de tramos en líneas de MT

Tabla 5-17:

Cargabilidad Tramos de MT con VE optimista

Ítem	Cargabilidad (%)	Potencia Base		Potencia Media		Potencia Punta	
		SED	Porcentaje	SED	Porcentaje	SED	Porcentaje
Sin VE	0-75	174	100.0%	170	97.7%	150	86.2%
	75-100	0	0.0%	4	2.3%	9	5.2%
	>100	0	0.0%	0	0.0%	15	8.6%
30% VE	0-75	175	100.0%	167	95.4%	151	86.3%
	75-100	0	0.0%	8	4.6%	9	5.1%
	>100	0	0.0%	0	0.0%	15	8.6%
60% VE	0-75	175	100.0%	167	95.4%	151	86.3%
	75-100	0	0.0%	8	4.6%	9	5.1%
	>100	0	0.0%	0	0.0%	15	8.6%
90% VE	0-75	175	100.0%	167	95.4%	151	86.3%
	75-100	0	0.0%	8	4.6%	8	4.6%
	>100	0	0.0%	0	0.0%	16	9.1%

Fuente: Elaboración propia

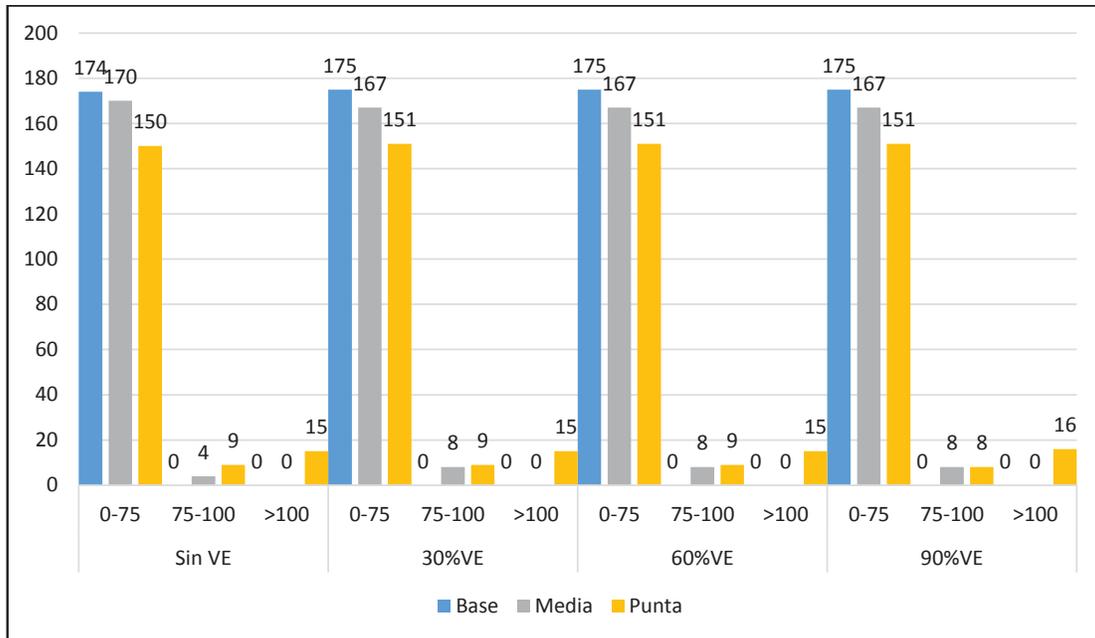
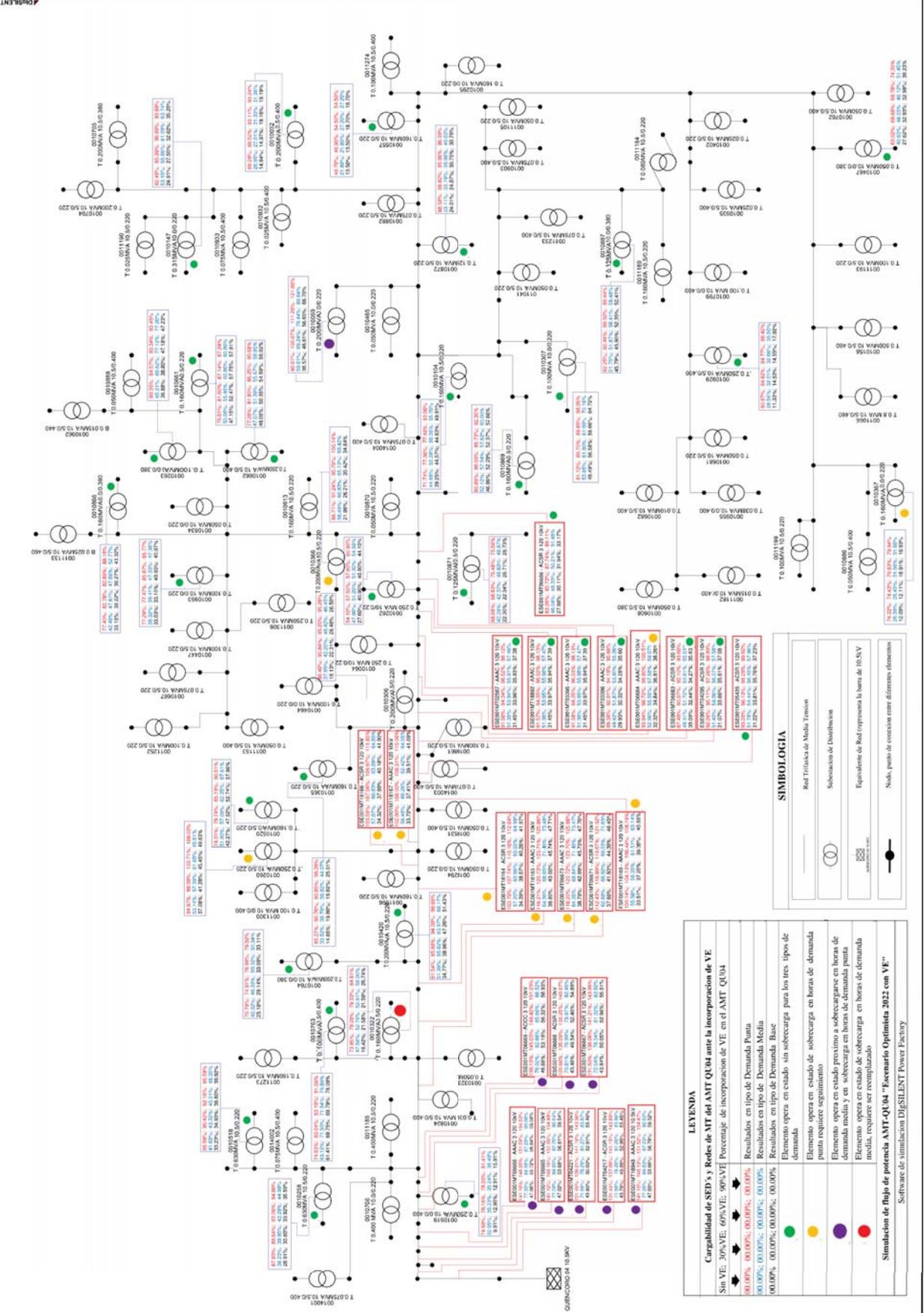


Figura 5-12: Cargabilidad Tramos de MT con VE optimista
Fuente elaboración propia

En la tabla 5-17 y figura 5-12 se puede observar que sin VE se obtiene en estado de sobrecarga de 15 tramos de MT con la demanda máxima (potencia punta) mientras en el escenario 1 se obtiene en estado de sobrecarga 15 tramos de MT, en el escenario 2 se obtiene 15 tramos de MT y en el escenario 3 se obtiene 16 tramos de MT. Realizando la comparación se puede determinar que hay un aumento significativo en los escenarios con respecto a los resultados de sin VE.



SIMBOLOGIA

- Red Trifásica de Media Tensión
- Subestación de Distribución
- Equivalente de Red (representa la hora de 10.S.V)
- Nodo punto de conexión entre diferentes elementos

LEYES

Capacidad de SED y Redes de MT del AMT QU04 ante la incorporación de VE

Sim VE: 30%VE; 60%VE; 90%VE Porcentaje de incorporación de VE en el AMT QU04

- 00.00% 00.00%: 00.00%: 00.00%
- 00.00% 00.00%: 00.00%: 00.00%
- 00.00% 00.00%: 00.00%: 00.00%
- 00.00% 00.00%: 00.00%: 00.00%

Resultados en tipo de Demanda Punta
Resultados en tipo de Demanda Media
Resultados en tipo de Demanda Base

Elemento opera en estado sin sobrecarga para los tres tipos de demanda

Elemento opera en estado de sobrecarga en horas de demanda punta requiere seguimiento

Elemento opera en estado próximo a sobrecargarse en horas de demanda media y en sobrecarga en horas de demanda punta

Elemento opera en estado de sobrecarga en horas de demanda media, requiere ser reemplazado

Simulación de flujo de potencia AMT-QU04 "Escenario Optimista 2022 con VE"
Software de simulación DigiSilent Power Factory

La síntesis de los resultados obtenidos en este capítulo determinan que la incorporación de VE como carga en el AMT QU04 tiene un efecto significativo sobre las condiciones operativas analizadas en este estudio (cargabilidad de SED's, líneas y caída de tensión) , hecho que se corrobora con lo expuesto en los segmentos desarrollados , en el primer segmento se determinó que los 77VE que se incorporarían en el AMT QU04 demandarían una potencia instantánea total de 476kW con la incorporación al 90% y los puntos de recarga rápida que se plantean en un total de 4 demandarían una potencia de 211.2kW haciendo un total de 687.2kW, que representa un 3.27% de la capacidad de la barra y un 10.57% de la demanda de potencia del AMT QU04 para el caso de estudio esperado que es el más próximo a la situación real del año 2022, en el segmento de situación futura de transformadores se redimensiono en capacidad instalada en base a la potencia máxima proyectada considerando un factor de reserva de 1.25 para cada caso de estudio en todas las SED's seleccionadas para la incorporación de VE, en el último segmento y el más importante se determinó los efectos que traerían consigo la incorporación de VE, para el caso de estudio más próximo a la realidad del 2022 (Esperado) se tiene que el 10 % de las SED's seleccionadas para la incorporación de VE se encontrarían por encima del 100% de cargabilidad, demostrando así el efecto de la incorporación sobre los transformadores de las SED's, para el caso de caídas de tensión se tiene un incremento del 17% respecto de condición sin incorporación de VE, así mismo se determina un incremento del 1.7% de redes que pasan a un estado de sobrecarga mayor al 100% respecto de la condición sin incorporación de VE dentro de los cuales se encuentra el ramal principal del AMT QU04.

Horario sugerido para la recarga de baterías del vehículo eléctrico

Viendo las consecuencias que generará la incorporación de VE en el AMT QU04 en el año 2022 en horas de demanda de potencia punta, se analiza y se sugiere el horario en el que se deberá realizar la recarga de las baterías para disminuir o evitar las deficiencias de sobrecarga en dicho AMT.

Para el análisis se consideró el diagrama de carga de 4 SED's que se muestran a continuación:

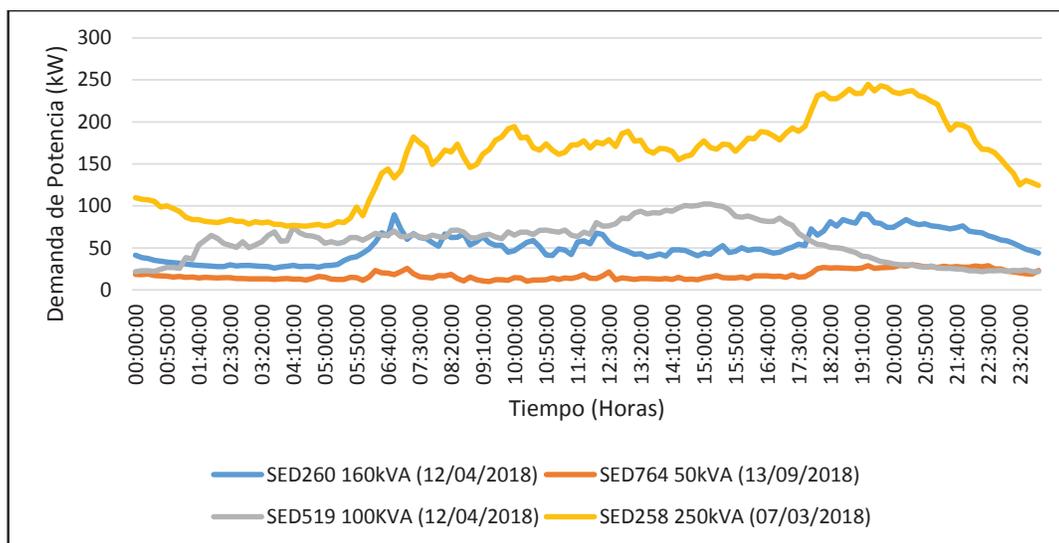


Figura 5-13: Diagramas de Cargas SED's

Fuente de elaboración: ELSE

En la gráfica 5-13 se puede apreciar el diagrama de cargas de 4 SED's que fueron seleccionadas en forma aleatoria caracterizados por diferente Potencia nominal, en donde se incorporara los VE para la recarga de baterías en el AMT QU04. En dicha grafica podemos observar el comportamiento de la curva de demanda de potencia registrada en un día laborable.

De los diagramas de carga de las SED's se genera un diagrama de curvas promedio como se puede observar en la siguiente figura:

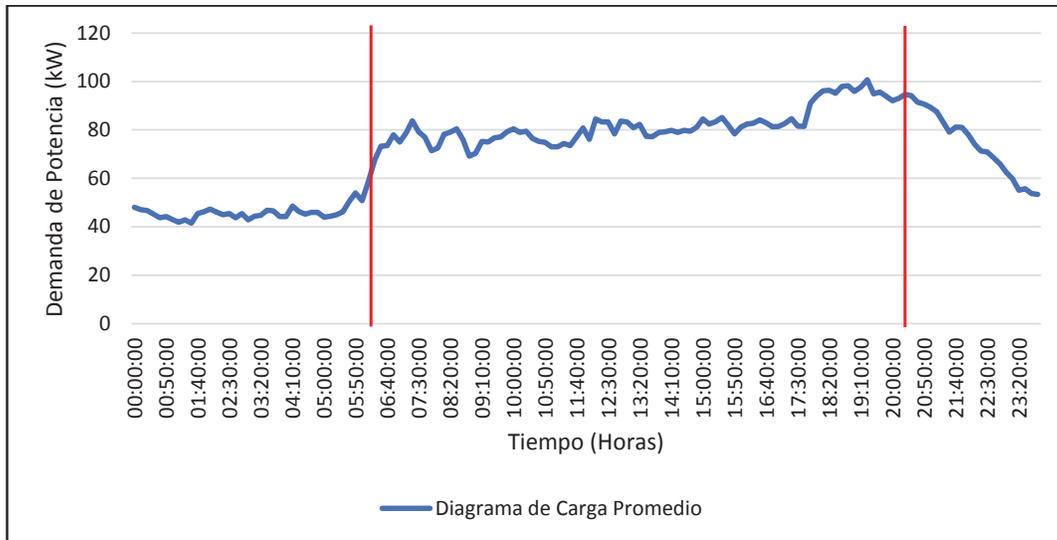


Figura 5-14: Diagrama de Carga Característico de las SED's del AMT QU04

Fuente de elaboración: ELSE

En la figura 5-14 se puede apreciar el diagrama de carga promedio de las 4 SED's seleccionadas aleatoriamente, donde luego de analizar según la gráfica el horario sugerido para la recarga de las baterías de los VE incorporados debe de estar comprendido en los horarios de 22:30:00 horas de la noche a 06:00:00 horas del día de esta manera optimizara el uso de la energía eléctrica y no causara deficiencias de sobrecarga en el AMT QU04. Esta recomendación se da únicamente para la recarga de baterías del VE en días laborables.

Resultados de potencia reactiva en el AMT QU04

En las siguientes tablas se muestran los resultados de potencia reactiva obtenidos de la simulación de flujo de potencia del AMT QU04, para los diferentes escenarios y casos de estudio desarrollados.

Tabla: *Potencia reactiva del AMT QU04 para el caso de demanda de potencia base.*

Caso de estudio	Situación actual 2017	Situación Futura sin VE 2022			Situación Futura con VE 2022		
		Escenario Conservador	Escenario Esperado	Escenario Optimista	Escenario Conservador	Escenario Esperado	Escenario Optimista
Potencia Reactiva (kVAR)	372.6	613.0	793.2	973.1	756.2	942.0	1116.4
					837.7	1017.3	1198.0
					909.3	1088.9	1269.8

Tabla: *Potencia reactiva del AMT QU04 para el caso de demanda de potencia media.*

Caso de estudio	Situación actual 2017	Situación Futura sin VE 2022			Situación Futura con VE 2022		
		Escenario Conservador	Escenario Esperado	Escenario Optimista	Escenario Conservador	Escenario Esperado	Escenario Optimista
Potencia Reactiva (kVAR)	966.3	1303.3	1473.1	765.7	1445.5	1614.7	1907.7
					1528.4	1696.3	1989.5
					1600.3	1768.1	2061.3

Tabla: *Potencia reactiva del AMT QU04 para el caso de demanda de potencia punta.*

Caso de estudio	Situación actual 2017	Situación Futura sin VE 2022			Situación Futura con VE 2022		
		Escenario Conservador	Escenario Esperado	Escenario Optimista	Escenario Conservador	Escenario Esperado	Escenario Optimista
Potencia Reactiva (kVAR)	1880	2523.9	2882.2	3372.6	2664.9	3022.8	3512.7
					27469	3104.9	3595.0
					2819.0	3175.8	3667.3

En las tablas se aprecia un crecimiento considerable de potencia reactiva en el periodo de estudio, tal es caso que para el escenario esperado observamos un crecimiento de 1002.9kVAR en el periodo 2017-2022 sin la incorporación de VE, y un crecimiento de 293.6kVAR con VE para la incorporación del 90% de los 77 VE posibles.

Electro Sur Este S.A.A. y los Vehículos Eléctricos

Plan estratégico de Electro Sur Este S.A.A. periodo 2017 – 2021

El plan estratégico de ELSE son todos aquellos objetivos que se pretenden alcanzar en el periodo dado para cumplir su visión (imagen futura de la empresa), la visión planteada para este periodo es:

- “Ser reconocida como la mejor empresa distribuidora de energía del Estado, en calidad de servicio, al 2021”

Para cumplir esta visión se plantearon los siguientes objetivos:

1. Incrementar el valor económico
2. Incrementar la satisfacción de los grupos relevantes
3. Mejorar la calidad de servicio
4. Incrementar el valor social y ambiental
5. Mejorar la eficiencia operativa
6. Mejorar el portafolio de proyectos
7. Fortalecer la gestión de responsabilidad social
8. Fortalecer el gobierno corporativo
9. Fortalecer la gestión de talento humano y organizacional

Como se puede observar el objetivo número 4 (Incrementar el valor social y ambiental), es el único que tiene relación con el VE de manera indirecta, ya que pretende cumplir con las necesidades de sus clientes adoptando una postura responsable con el medio ambiente.

Por tanto, el plan estratégico de ELSE no contempla la incorporación de vehículos eléctricos dentro del sistema de distribución de concesión, de manera que, si dentro de todos los objetivos planteados no se considera el ingreso de VE, ELSE no llegaría a cumplir con sus objetivos dentro del periodo descrito. Porque la masificación de VE generará problemas tanto en redes primarias, transformadores de las SED`s y problemas de caída de tensión.

Posibles soluciones a los problemas presentes en el año 2022

En este apartado se lista algunas de las posibles soluciones con las que se podrían intervenir y superar las deficiencias presentes. Todo ello haciendo un estudio adecuado tanto técnico como económico, de la que se podría plantear la que sea más factible. Se tiene:

Caída tensión.

- Compensación de potencia reactiva.
- Reemplazo de conductores y/o reconfiguración de la topología.
- Elevar el nivel de tensión de operación por otro mayor

Sobrecarga de transformadores.

- Reemplazo de transformadores por otros de mayor capacidad nominal.
- División de redes secundarias e incremento de nuevas subestaciones
- Inclusión de generación distribuida en el subsistema de distribución secundaria.

Sobrecarga de redes de media tensión.

- Reemplazo de conductores por otros de mayor sección
- División de redes primarias y/o incremento de más alimentadores
- Elevar el nivel de tensión de operación por otro mayor
- Reconfiguración de la topología radial por otro tipo (anillo o malla)

CONCLUSIONES

Respecto al estudio desarrollado se tiene:

Conclusión General

1. La incorporación de vehículos eléctricos en la ciudad del Cusco causa un efecto significativo en la condición operativa de cargabilidad del AMT QU04 en el año 2022 porque la demanda de potencia ocasionada por la recarga de baterías en periodo de máxima demanda hará que algunas redes y subestaciones operen en estado de sobrecarga, además que la variación de tensión en puntos de conexión a la subestación vulnere el límite permitido por la NTCSE.

Conclusiones Específicas

- 1.1. La adquisición de VE en la ciudad del Cusco es viable porque de acuerdo a los cálculos y análisis realizados se determinó que técnicamente un VE puede ocupar el lugar de un VCI tanto por características físicas y de operación, se determinó también que económicamente es más conveniente adquirir un VE debido principalmente a los costos de operación y de mantenimiento. Se calcula que para el año 2022 se tendrá un mínimo de 77 VE propiedad de clientes que pertenecen al AMT QU04

Múltiples factores influyen a la hora de decidir el cambio de tecnología de un Vehículo convencional a uno eléctrico, según la encuesta realizada se identificó los principales factores.

- La reducción de la contaminación ambiental y acústica, disminución de gastos de operación y de mantenimiento, eficiencia energética los cuales son positivos que impulsan la incorporación de VE.
- El costo de adquisición, la autonomía del VE, infraestructura de recargas y el desconocimiento de las personas sobre esta nueva tecnología son factores negativos que pueden impedir el cambio de tecnología.

1.2. La variación de la condición operativa de cargabilidad en el AMT QU04 desde el año 2018 hacia el año 2022 tendrá un incremento considerable debido principalmente al crecimiento de la demanda es así que en el escenario esperado para la demanda de potencia punta se tiene 6,500.9kW que representa un porcentaje de crecimiento de 42.6% en este periodo. En el diagnostico actual se tiene que el AMT QU04 no presenta problemas de operación para los tipos de demanda base y media en los aspectos considerados en este estudio (Cargabilidad de SED's, cargabilidad de líneas de MT y caída de tensión en puntos de entrega a SED's), más si se tiene un total de 28 SED's que presentan sobrecarga mayor al 100% para el tipo de demanda punta, los cuales deberán ser reemplazados por otros de mayor capacidad. En las proyecciones realizadas hacia el año 2022, se demostró que habrá un incremento considerable en las condiciones de cargabilidad debido principalmente a la expansión poblacional en el distrito de San Jerónimo, trayendo consigo mayor demanda de potencia en el AMT QU04. Se prevé serios problemas de cargabilidad en SED's, caídas de tensión y cargabilidad de líneas, es así que para el caso de estudio esperado que es el que más se aproxima a la realidad en el año 2022 se tendrá 43 SED's con sobrecarga mayor al 100%, 41 nodos de MT con caídas de tensión por encima del 5% y 8 tramos de MT en estado de sobrecarga dentro de estos el ramal principal del AMT QU04 para una demanda de potencia punta.

1.3. Según el análisis demostrado la incorporación de VE afectara significativamente en la condición operativa de cargabilidad, en horas de potencia punta tanto en la SED's y los tramos de MT, ya que presentaran inconvenientes de sobrecarga. Se determinó que los 77VE que se incorporarían en el AMT QU04 demandarían una potencia instantánea total de 476kW con la incorporación al 90% y los puntos de recarga rápida que se plantean en un total de 4 demandarían una potencia de 211.2kW haciendo un total de 687.2kW, que representa un 3.27% de la capacidad de la barra y un 10.57% de la demanda de potencia

del AMT QU04, también la incorporación de VE para el caso de estudio esperado que es el más próximo a la situación real del año 2022, la demanda de potencia punta tendrá un crecimiento del 57.7% respecto del año 2017 generando una variación del 15.1% si no se incorporaría los VE . Con relación a la calidad de energía de igual forma serán afectadas significativamente en horas de potencia punta ya que se demostró que hay un aumento de SED's que sobrepasan los valores permitidos de caída de tensión.

En horas de potencia base y media se observó un crecimiento mínimo que no afectara en gran medida a la red, dependiendo del grado de incorporación de vehículos eléctricos en la ciudad del Cusco.

En base a los resultados obtenidos, confiamos que la incorporación de VE traerá consecuencias positivas en la mejora de la calidad de vida de las personas ayudando en la economía de los ciudadanos y al medio ambiente.

SUGERENCIAS

Para incentivar los vehículos eléctricos como una fuente alternativa de movilidad, el estado peruano y las instituciones pertinentes deberán realizar campañas de información sobre los vehículos eléctricos, sobre las diferentes formas de recarga y los beneficios de utilizar esta tecnología de vehículo. Promover planes de instalaciones de puntos de recarga tanto en viviendas, como en lugares públicos. Otorgar bonos y exonerar algunos impuestos para incentivar la adquisición de vehículos eléctricos.

Las empresas concesionarias de distribución de energía eléctrica tendrán que tener en cuenta la cantidad de vehículos eléctricos que serán incorporados en los AMT gradualmente para no tener deficiencias de sobrecarga, ni problemas relacionados con la calidad de energía ante la llegada de los VE. Así mismo fortalecer el sistema de distribución considerando proyectos para el mejoramiento de la infraestructura eléctrica.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Aima Chaco, A. (2018). *"Estudio de operacion en estado estacionario con la implementacion de la central termica de Quillabamba para la mejora de la calidad de suministro. Cusco"*: UNSAAC.
- [2] APER. (2017). **Las características y ventajas del vehiculo electrico. Asociacion Paraguaya de Energias Renovables.**
- [3] Ascarza, J. L. (2017). *Energia Limpia y Cero Emision*. Cusco: Universidad Nacional De San Antonio Abad Del Cusco.
- [4] Badii, M. H., Castillo, J., & Guillen, A. (2017). *Tamaño óptimo de la muestra*. InnOvaciOnes de NegOciOs, (09).
- [5] Bassantes Fernández, D. P., & Chuquitarco Iza, L. E. (2017). *análisis de la demanda electrica en la empresa servicios industriales y petroleros servinpet para determinar la cargabilidad del sistema en las condiciones actuales con incorporación de la nueva carga*". Latacunga.
- [6] Chapman J., S. (2012). *Máquinas Eléctricas*. (M. G. Hill, Ed.) Mexico DF: Mc Graw Hill.
- [7] Dammert Lira, A., Molinelli Aristondo, F., & Carbajal Navarro, M. A. (2011). *Fundamentos Técnicos y Económicos del Sector Eléctrico Peruano*. Lima: Grapex Perú S.R.L.
- [8] Electricos, Foro Coches. (8 de SEPTIEMBRE de 2017). Obtenido de <http://forococheselectricos.com/2017/09/bateria-tesla-model-s-degradacion.html>
- [9] Espinosa Lara, R. (1990). *Sistemas de distribución*. Mexico: Noriega-Limusa,.
- [10] Freire, B. (2012). *Analisis Tecnico de la Operacion del Alimentador N°2 de la S/E Otavalo, de la Empresa Electrica EMELNORTE S.A.* Quito: EPN.

- [11] Juárez Cervantes, J. D. (1995). *Sistemas de distribución de energía eléctrica*. Mexico DF: Editorial Ducere.
- [12] Motors, T. (Enero de 2018). https://www.tesla.com/es_ES/?redirect=no.
- [13] Osinergmin. (2018). *Catalogo:instalaciones de transmision en alerta cuarto trimestre 2017*.
- [14] Ramirez Castaño, S. (2004). *Redes de Distribucion de Energía* . Manizales: Centro de Publicaciones de Universidad Nacional de Colombia.
- [15] Rivera, J. (2013). *Eficiencia Eléctrica en Alimentadores Primarios de Distribución de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. Ecuador*. Cuenca: UC.
- [16] Superintendencia Nacional de Registros Públicos. (12 de abril de 2018). Obtenido de <https://www.sunarp.gob.pe/estadisticas/post/2-1-primera-de-dominio-primera-inscripcion-de-vehiculo>
- [17] Taday Alvarez, C. A. (2016). *Análisis de la demanda eléctrica del sistema de distribución de bajo voltaje para determinar la cargabilidad del sistema eléctrico de la empresa agrinag ubicada en la parroquia joseguango bajo del cantón latacunga en el periodo abril – diciembre 2015*. Latacunga.
- [18] Todo Coches. (2015). Obtenido de <https://coches1a.es/ventajas-desventajas-de-los-coches-electricos/>
- [19] VIAKON. (29 de Mayo de 2012). **Conductores Electricos. Manual del Electricista**, 75. Recuperado el 16 de Abril de 2018, de VIAKON: <http://www.viakon.com/manuales/Manual%20Electrico%20Viakon%20-%20Capitulo%202.pdf>
- [20] Warthon Ascarza, J. (2017). *Vehiculos Electricos*. Cusco: UNSAAC
- [21] Hernández Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodologia de la Investigación*. Mexico: McGraw-Hill.

RELACIÓN DE ANEXOS

ANEXO A:	Encuesta Nro. 1
ANEXO B:	Densidad de VE
ANEXO C:	Encuesta Nro. 2
ANEXO D:	Detalle de SED's AMT QU04
ANEXO E:	Modelo DIgSILENT
ANEXO F:	Demanda histórica 2015-2017
ANEXO G:	Análisis método de tendencias de series de tiempo
ANEXO H:	Proyección de la demanda 2018-2022
ANEXO I:	Equipamiento y detalle técnico del Nissan Leaf 2018
ANEXO J:	Comportamiento del motor del VE respecto al VCI

Anexo A
Encuesta Nro. 1

PERTINENCIA DE INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS

Cusco, junio de 2018.

Presente.

Que, a petición de los interesados y en cumplimiento al procedimiento para el empleo de instrumentos de recolección de datos en la elaboración de proyectos de investigación. Se me nombra como Revisor de los instrumentos de recolección de datos **“ENCUESTA NRO.1 VIABILIDAD SOCIAL Y TECNICA”** y **“ENCUESTA NRO.2 COSTO DE MANTENIMIENTO”** de la tesis para Optar al Título Profesional de Ingeniero Electricista denominada **“ESTUDIO DE LA CARGABILIDAD EN LAS REDES DEL AMT QU04 CON LA IMPLEMENTACIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LA CIUDAD DEL CUSCO PROYECTADO DESDE EL AÑO 2018 AL 2022 ”**, presentado por los bachilleres **DIEGO EDUARDO VERA LOPEZ Y GLENHS DARIO PUMA POLANCO**, el que luego de ser llevado a juicio y subsanadas las observaciones formuladas, es a mi criterio **PERTINENTE**, por lo que se puede aplicar para obtener la información requerida.

Y para que conste donde convenga, se firma el presente.

Atentamente.




Mg. Julio Warthon Ascarza

JUICIO SOBRE LA PERTINENCIA DEL INSTRUMENTO

Instrucciones:

Coloque en la casilla un check (✓) correspondiente al aspecto cualitativo que a su juicio es pertinente a los criterios conocidos, es decir si están referidos a las variables, que aparecen en la tesis de investigación que se alcanza adjunto al presente, considerando:

B= Bueno / M= Mejorar / E= Eliminar / C= Cambiar

Las categorías a evaluar son: Redacción, contenido, congruencia y pertinencia.

Instrumento 1: "Encuesta Nro.1 Viabilidad Social y Técnica"

Pregunta	B	M	E	C	Observaciones
Pregunta Nro.1	✓				
Pregunta Nro.2	✓				
Pregunta Nro.4	✓				
Pregunta Nro.5	✓				
Pregunta Nro.6	✓				
Pregunta Nro.7	✓				
Pregunta Nro.8	✓				
Pregunta Nro.9	✓				
Pregunta Nro.10	✓				
Pregunta Nro.11	✓				
Pregunta Nro.12	✓				
Pregunta Nro.13	✓				

Instrumento 2: "Encuesta Nro.2 Costo de Mantenimiento"

Pregunta	B	M	E	C	Observaciones
Pregunta Nro.1	✓				
Pregunta Nro.2	✓				

Evaluado por:



Firma:

Nombre:

D.N.I.:

[Handwritten Signature]

Julio Warthon Ascarza

93929253

Ficha Nro. _____

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA ELECTRICA****ESTUDIO DE LA CARGABILIDAD EN LAS REDES DEL AMT QU04 CON LA IMPLEMENTACION DE VEHICULOS ELECTRICOS EN LA CIUDAD DEL CUSCO PROYECTADO AL 2022****Encuesta Nro. 01****Objetivo**

El objetivo es conocer la opinión de la población, la información recabada será empleada para determinar el grado de viabilidad social y técnica que tienen los vehículos eléctricos.

a. Perfil del encuestado

Edad _____ Sexo M F Carga familiar < 5 > 5
 Ahorro mensual < 1000 1000-3000 > 3000 Vehículo Si No
 Tipo de vivienda Casa Departamento Garaje Si No
 Consumo de energía eléctrica mensual S/. _____

b. Generales

1. ¿Qué opina Ud. Sobre la contaminación ambiental en la ciudad del Cusco?
 Alta Media Baja

2. ¿Estaría de acuerdo a contribuir con la disminución de contaminación?
 Si No

c. Vehículo eléctrico

3. ¿Conoce o ha oído hablar del vehículo eléctrico?
 Si No

4. ¿En cuánto estima Ud. el costo de un vehículo eléctrico?
 < 15000 15000-30000 > 30000

5. ¿Cuál sería el impedimento para no adquirir un vehículo eléctrico
 Costo Desconocimiento Mercado

6. ¿Optaría por adquirir un vehículo eléctrico? sabiendo que el costo actual aproximado es de 30000 USD.
 Si No

7. En caso su respuesta sea NO. Si el gobierno otorgara un bono y exonerara algunos impuestos sobre la tenencia de vehículos. ¿Optaría por adquirirlo?
 Si No

d. Infraestructura eléctrica

8. Del 1 al 6, si 1 es muy simple y 6 es muy complejo. ¿Qué complejidad cree que tiene una instalación eléctrica para recarga de vehículos en su vivienda?
 1 2 3 4 5 6

9. ¿Su vivienda tiene una instalación eléctrica exclusiva para la recarga de vehículos?
 Si No

10. ¿Su vivienda cuenta con un sistema de puesta a tierra?
 Si No

e. Expectativa del vehículo eléctrico

El encuestador de manera sencilla plantea las ventajas y desventajas de adquirir un vehículo eléctrico. Luego de haber recibido la información, responda.

11. Del 1 al 6, si 1 es poco interesante y 6 es muy interesante. ¿Cómo le parece la adquisición del vehículo eléctrico?
 1 2 3 4 5 6

12. ¿Su próximo vehículo será un vehículo eléctrico?
 a. Definitivamente, ¿Por qué?
 b. Probablemente
 c. No lo sabe
 d. No, ¿Por qué?

13. Si conociera a alguien que está a punto de adquirir un vehículo, ¿recomendaría que adquiera un vehículo eléctrico?
 Si No

Anexo B

Densidad de vehículos en el Perú

Vehículos por cada mil habitantes

(Unidades por mil habitantes.)

Representación	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Amazonas	3.34	4.09	4.6	4.81	4.96	5.04	5.21	5.34	5.43	5.58	5.78	5.79	5.75	5.61	5.49	5.38	5.36
Ancash	16.92	17.97	17.93	17.8	17.91	17.88	18.12	18.55	19.03	19.2	19.79	20.8	22.51	24.25	25.9	27.17	29.05
Apurímac	5.93	6.98	7.45	8.43	8.66	8.81	8.9	8.93	8.91	8.94	8.88	8.83	8.94	8.99	9.06	9.14	9.15
Arequipa	63.61	66.25	68.43	69.26	69.06	68.85	69.59	71.85	76.85	81.53	87.44	96.6	108	119	129	137	144.42
Ayacucho	5.89	6.52	6.49	6.44	6.43	6.41	6.41	6.62	8.51	8.67	8.78	8.78	8.92	8.86	8.84	8.74	8.68
Cajamarca	4.66	5.2	5.54	5.81	6.13	6.51	6.99	7.62	8.34	9.08	10.07	11.5	12.99	14.12	14.9	15.52	16.26
Cusco	24.92	27.34	28.08	28.98	29.02	29.07	29.25	30.13	31.58	33.32	35.37	37.8	41.54	45.72	49.5	52.56	55.87
Huancavelica	1.9	2.07	2.32	2.32	2.31	2.33	2.35	2.38	2.6	2.74	2.77	2.75	2.74	2.67	2.68	2.6	2.58
Huanuco	14.08	14.31	14.12	14.35	14.05	13.81	13.61	13.54	13.86	13.89	14.35	15.1	16.02	16.82	17.5	18.18	18.9
Ica	32.03	32.74	32.94	32.95	32.62	32.28	31.99	32.08	34.89	34.76	34.97	35	34.77	34.22	33.9	37.75	34.08
Junín	34.35	35.17	35.43	35.28	34.96	34.81	35.17	36.19	37.23	38.23	39.25	40.5	42.56	44.33	46.2	47.81	49.28
La Libertad	25.56	25.97	26.33	61.68	60.41	93.87	92.05	91.1	91.22	90.81	90.83	91.6	93.39	95.34	97.1	98.91	100.97
Lambayeque	32.39	32.97	33.48	33.51	33.34	33.24	33.31	34	35.36	36.51	37.99	40.6	43.85	46.89	49.5	51.69	53.72
Lima	100	101.4	102.9	103.8	104	104.5	106.07	109.7	117.1	123.2	131.2	139	148.5	157	164	170.2	175.48
Loreto	6.42	6.39	6.25	6.08	5.9	5.76	5.6	5.46	5.36	5.24	5.18	5.24	5.28	5.35	5.38	5.29	5.24
Madre De Dios	6.79	6.83	7.28	8.17	8.07	7.78	7.63	7.8	7.95	7.98	8.14	8.26	8.32	8.58	8.47	8.45	8.7
Moquegua	52.78	53.51	55.6	56.84	58.73	59.31	63.34	68.84	72.8	74.94	77.99	80.9	83.54	84.56	83.9	82.73	81.89
Pasco	13.33	14.17	14.86	15.94	17.2	18.68	19.51	21.29	23.64	24.74	25.09	24.7	24.32	23.69	23	22.37	22.21
Piura	18.23	18.33	18.75	18.88	18.9	18.72	18.61	18.73	19.25	19.75	20.55	21.9	23.56	25.37	27.1	28.41	29.62
Puno	18.03	18.85	19.4	19.84	20.02	20	20.25	21.29	22.49	23.6	25.26	27.2	29.44	31.29	32.1	32.64	33.37
San Martín	6.95	7.16	7.05	14.85	14.46	14.06	13.66	13.35	13.07	12.94	12.97	13.1	13.55	13.78	14	14.33	14.51
Tacna	98.74	103.9	105.8	104.7	104.8	104.9	106.09	110.8	115.5	121.9	126.4	130	135.1	137.9	140	141	142.72
Tumbes	15.05	15.07	15.25	15.07	14.81	14.79	14.6	14.43	14.18	14.01	13.93	13.9	14.27	14.34	14.4	14.37	14.34
Ucayali	14.9	15.5	15.19	17.85	17.36	16.89	16.5	16.62	16.49	16.24	16.09	16.3	16.73	17.2	17.9	18.27	18.57

Elaborado por: Ministerio del Ambiente - MINAM

Fuentes de información:

- Vehículos totales: Ministerio de Transportes y Comunicaciones
- Población total: Instituto Nacional de Estadística e Informática

Anexo C
Encuesta Nro. 2

Nro. Ficha 1**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO****ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA ELÉCTRICA****ESTUDIO DE LA CARGABILIDAD EN LAS REDES DEL AMT QU04 CON LA
IMPLEMENTACION DE VEHICULOS ELECTRICOS EN LA CIUDAD DEL
CUSCO PROYECTADO AL 2022****Encuesta Nro. 02**

La presente encuesta tiene por objetivo determinar el costo de mantenimiento de un vehículo convencional, para realizar las comparaciones con el costo de mantenimiento de un vehículo eléctrico.

Nombre del trabajador	Oscarina Fajardo
Empresa	Andean Motors
Actividad	Jeje de post venta
Fecha	07 de junio de 2018

1. Completar la siguiente tabla:

Plan de mantenimiento del vehículo convencional		
Descripción	Cada cuantos kilómetros se hace el mantenimiento/cambio	Costo del mantenimiento
Lubricante motor	5000 Km	125.70
Filtro de aceite	5000 Km	66.30
Lubricante caja	40000 Km	96.00
Bandas	100000 Km	350.00
Líquido de frenos	30000 Km	16.00
Frenos (pastillas, tambores y otros componentes)	30000 Km	350.00
Neumáticos	Depende del uso	—
Reparación motora		900.00
Refrigerante del motor	60000 Km	225.00
Suspensión (espirales, amortiguadores, terminales, etc.)	Depende del uso	660.00
Cambio de bujías	20000 Km	120.00
Cambio de filtro de aire	10000 Km	66.30

Firma: _____



Andean Motors E.I.R.L.
 TÉCNICO
 FECHA: _____

Nro. Ficha 2

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA ELÉCTRICA

**ESTUDIO DE LA CARGABILIDAD EN LAS REDES DEL AMT QU04 CON LA
 IMPLEMENTACION DE VEHICULOS ELECTRICOS EN LA CIUDAD DEL
 CUSCO PROYECTADO AL 2022**

Encuesta Nro. 02

La presente encuesta tiene por objetivo determinar el costo de mantenimiento de un vehículo convencional, para realizar las comparaciones con el costo de mantenimiento de un vehículo eléctrico.

Nombre del trabajador	JORGE GARCIA BENAVENTE
Empresa	INCAMOTORS SAC
Actividad	JEFE DE POST VENTA
Fecha	07/06/2018

1. Completar la siguiente tabla:

Plan de mantenimiento del vehículo convencional		
Descripción	Cada cuantos kilómetros se hace el mantenimiento/cambio	Costo del mantenimiento
Lubricante motor	5000 Km ← Mineral	S/100.00
Filtro de aceite	5000 Km	S/ 50.00
Lubricante caja	20 000 Km	S/150.00
Bandas	80 000 Km	S/ 370.00
Líquido de frenos	20 000 Km	S/ 35.00
Frenos (pastillas, tambores y otros componentes)	20 000 Km depende del uso	S/ 401.00
Neumáticos	80 000 Km (depende)	S/ 650.00
Reparación motora	20 000 Km	S/ 10000.00
Refrigerante del motor	30 000 Km	S/ 60.00
Suspensión (espirales, amortiguadores, terminales, etc.)	40 000 (depende uso)	S/ 1000.00
Cambio de bujías	20 000 Km	S/ 80.00
Cambio de filtro de aire	15 000 Km	S/ 86.465

Mano de
Obra
S/ 60.00

Firma:


 JORGE L. GARCIA B. 
 Jefe de Servicios
 Post venta
 AUTOMOTRIZ INCAMOTORS S A C

Anexo D

Detalle de SED's AMT QU04

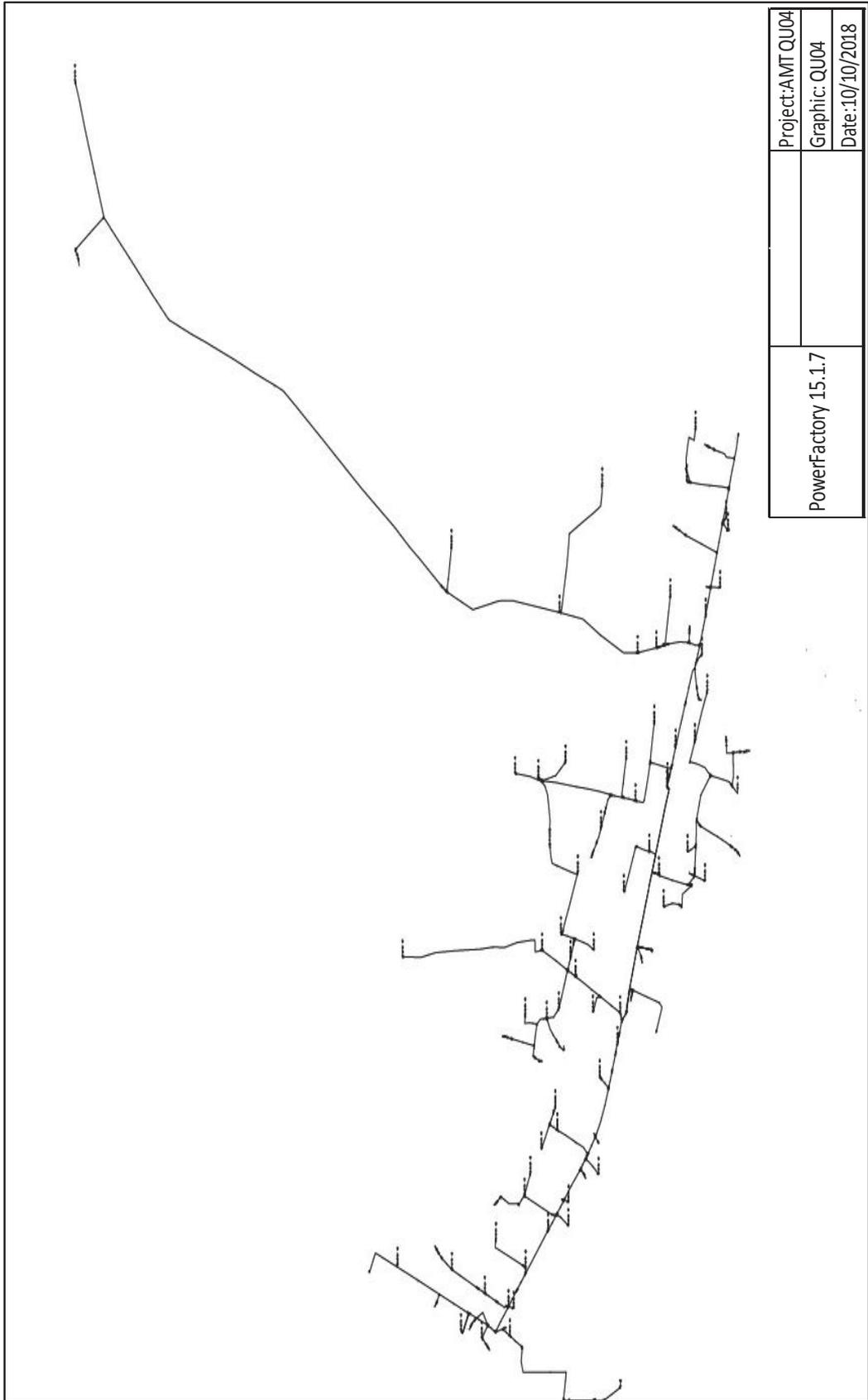
Nº	Nombre Sed	Código SED	Potencia KVA	Relación Tensión (V)	Conexión	Nro. fases
1	Patapata	10032	100	10500/400	Dyn5	3Ø
2	San Jerónimo III	10059	100	10000/220	Yd11	3Ø
3	CRAS de Quencoro	10064	250	10000/220	Yd11	3Ø
4	San Jerónimo IV	10104	150	10500/220	Dyn11	3Ø
5	Fe y Alegría (San Jerónimo)	10147	160	10000/220	Yd11	3Ø
6	Planta Tratamiento S.J.	10158	500	10500/460	Yd11	3Ø
7	Larapa I	10258	250	10500/220	Yd11	3Ø
8	Aprovite	10260	160	10500/220	Yd5	3Ø
9	San Jerónimo I	10262	250	10000/220	Dyn11	3Ø
10	Plaza 2 De Noviembre	10263	50	10000/380	Dyn5	3Ø
11	Curtiembre Machupicchu	10294	50	10000/220	Yd11	3Ø
12	Planta Lechera S.J.	10295	160	10000/220	Dyn5	3Ø
13	Urb. Villa Miraflores	10306	50	10500/220	Dyn5	3Ø
14	Chimpahuaila	10307	100	10000/220	Yd11	3Ø
15	Villa Del Carmen Versalles	10322	50	10500/220	Dy11	3Ø
16	Centro Esparcimiento Cervezero	10323	50	10000/220	Yd11	3Ø
17	Asoc. Constructores	10365	100	10500/220	Dyn11	3Ø
18	Los Retamales	10366	100	10500/220	Dy11	3Ø
19	Comunidad Chahuanqosqo	10367	100	10000/220	Dyn11	3Ø
20	San Isidro Patapata	10402	25	10500/220	Dyn5	3Ø
21	A.P.V. Banco de Credito	10420	100	10500/220	Dy5	3Ø
22	C.E. Especial Virgen del Carmen	10447	100	10500/220	Yd5	3Ø
23	Penal Quencoro Mujeres	10464	100	10000/220	Dy11	3Ø
24	Telefonica del Peru (S.J.)	10465	50	10000/220	Dd6	3Ø
25	Servicentro San Antonio	10467	25	10000/380	Dyn5	3Ø
26	Larapa	10518	250	10500/220	Yd11	3Ø
27	Villa Los Pinos	10519	100	10000/400	Dyn5	3Ø
28	Santa Martha	10520	50	10500/220	Yd11	3Ø
29	Kantu Versalles A.V. La Cultura	10531	160	10500/400	Dyn5	3Ø
30	San Jeronimo	10557	160	10500/220	Dy5	3Ø
31	Comunidad Huaccoto	10608	50	10500/380	Dyn5	3Ø
32	Mercado Mayorista Vinocanchon	10613	160	10500/220	Dyn5	3Ø
33	24 de Junio (San Jeronimo)	10661	80	10500/220	Yd11	3Ø
34	Clorinda Matto de Turner	10662	100	10500/400	Dyn5	3Ø
35	La Molinera	10667	75	10500/220	Yd11	3Ø
36	Patapata I	10681	50	10500/220	Yd5	3Ø
37	Huayllapampa	10682	10	10500/440	Ii0	3Ø
38	Centro Recreacional Magisterial	10704	200	10500/220	Dyn5	3Ø
39	Centro Recreacional Magisterial B	10705	200	10500/380	Dyn5	3Ø
40	Universidad Andina De Cusco B	10706	400	10000/220	Dy5	3Ø

41	APV Alfonso Barrantes Lingan Uvima IX Pata Pata	10762	50	10500/400	Dyn5	3Ø
42	APV Tipo Huerta Versalles	10763	50	10500/400	Dyn5	3Ø
43	Prop. Asociacion Monterrico	10764	50	10000/380	Dyn5	3Ø
44	Av. Patapata San Jeronimo	10799	100	10000/400	Dyn5	3Ø
45	Juan Pablo II	10824	35	10500/400	Dyn5	3Ø
46	Mercado Vinocanchon	10834	50	10000/220	Yd5	3Ø
47	APV. Villa Magisterial	10861	100	10500/220	Dyn5	3Ø
48	APV. La Victoria- Lideres	10866	50	10000/380	Dyn5	3Ø
49	Presbitero Andres G.	10869	75	10500/220	Dy5	3Ø
50	Cauce Seco De Llocll	10870	50	10500/220	Dy5	3Ø
51	Llollopata	10871	75	10500/220	Dy5	3Ø
52	Cajonahuaylla	10872	50	10500/220	Dy5	3Ø
53	Centro De Salud San Jeronimo	10882	75	10500/220	Dyn5	3Ø
54	Cc. Collana	10886	50	10500/400	Dyn5	3Ø
55	Chimpahuaylla	10887	50	10000/380	Dyn5	3Ø
56	Pinchapampa	10888	50	10500/400	Dyn5	3Ø
57	Pampachacra I	10903	75	10500/400	Dyn5	3Ø
58	Asociacion Patapata – 2	10929	75	10500/400	Dyn5	3Ø
59	A.P.V. Sutep Uvima XVII	10932	25	10500/400	Dyn5	3Ø
60	Asociacion Patapata – 1	10933	75	10500/400	Dyn5	3Ø
61	Uvima Xii	10935	25	10500/400	Dyn5	3Ø
62	APV. Magisterial "Sutep" Uvima Xiii Jose Antonio Encinas	10953	100	10000/220	Yd11	3Ø
63	Asociacion Pata Pata- Lircay	10955	37.5	10000/400	Dyn5	1Ø
64	APV. Buena Vista – Alfacancha	10962	15	10000/400	Dyn5	3Ø
65	APV Villa Washington Vera	11041	50	10500/220	Dyn5	3Ø
66	Planta De Tratamiento De Aguas Residuales Sedacusco	11066	800	10500/460	Dyn5	3Ø
67	Sed Aprovite	11096	160	10500/220	Dyn11	3Ø
68	Pampachacra IE	11105	50	10500/220	Dyn5	3Ø
69	SS. EE. Cementerio Jardin – Picol	11133	25	10500/460	Ii0	3Ø
70	A.P.V. Villa Los Ayllus	11153	50	10500/440	Dyn5	3Ø
71	Radio Jerusalen C.C. Huaccoto	11182	15	10000/400	Dyn5	3Ø
72	Pampachacra III	11184	80	10500/220	Dyn5	3Ø
73	Universidad Andina Cusco	11185	400	10500/220	Dyn5	3Ø
74	Campamento de Chimpahuaylla	11189	160	10500/220	Dyn5	3Ø
75	Easy Wash	11190	25	10500/220	Dyn5	3Ø
76	Sed Nueva	11193	100	10500/220	Dyn5	3Ø
77	Universidad Andina del Cusco	11199	100	10500/220	Dyn5	3Ø
78	Chimpahuaylla Via Expresa	11233	75	10500/380	Dyn5	3Ø
79	APV. Ayllu Rau Rau	11252	100	10500/230	Dyn5	3Ø
80	Huerta Versalles Sed 02	11273	160	10500/230	Dyn5	3Ø
81	Pampachacra IV	11274	100	10500/400	Dyn5	3Ø
82	Circunvalacion	11300	100	10000/400	Dyn5	3Ø
83	EP Varones Cusco	11306	250	10500/230	Dyn5	3Ø

Anexo E

Modelo de DIgSILENT POWER FACTORY

AMT QU04



Project:AMT QU04	PowerFactory 15.1.7
Graphic: QU04	
Date:10/10/2018	

Anexo F

Demanda histórica 2015-2017



**Electro
Sur Este S.A.A.**

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres".
"Año del diálogo y la reconciliación Nacional"

www.else.com.pe, ✉ electro@else.com.pe
AV. Mariscal Sucre 400 Urb. Bancopata
☎ (51-84) 233700 Fax (51-84)234700
Cusco - Perú

Cusco, diciembre de 2018.

Señor:

**DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA,
INFORMATICA Y MECANICA.**

Presente.

Me dirijo a Ud. de conformidad a la petición recibida de los interesados y en cumplimiento al procedimiento para el empleo de instrumentos de recolección de datos en la elaboración de proyectos de investigación, se me solicitó información y validación de datos históricos de demanda del AMT QU04, para la elaboración de tesis para Optar al Título Profesional de Ingeniero Electricista denominada "ESTUDIO DE LA CARGABILIDAD EN LAS REDES DEL AMT QU04 CON LA IMPLEMENTACIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LA CIUDAD DEL CUSCO, PROYECTADO DESDE EL AÑO 2018 AL 2022", presentado por los bachilleres **DIEGO EDUARDO VERA LOPEZ** y **GLENHS DARIO PUMA POLANCO**.

Mediante este documento doy fe que la información entregada a los interesados es fiel a la que se tiene en la base de datos de la Oficina de Centro de Control de la Gerencia de Operaciones de Electro Sur Este S.A.A. por lo que se puede aplicar para la conclusión del trabajo de investigación antes mencionada.

Sin otro particular hago uso de la oportunidad para reiterarle mis consideraciones más distinguidas.

Atentamente,

Ernesto Delgado Olivera
OPERACIONES (e)
Electro Sur Este S.A.A.

Demanda de Potencia de Clientes Menores en kW									
Codigo SED	2015			2016			2017		
	Base (kW)	Media (kW)	Punta (kW)	Base (kW)	Media (kW)	Punta (kW)	Base (kW)	Media (kW)	Punta (kW)
10032	18.89	34.44	71.01	19.50	34.15	66.60	20.40	35.60	78.71
10059	37.20	58.88	95.00	39.14	61.98	98.00	41.34	65.54	102.00
10104	5.53	14.47	40.95	8.67	18.67	45.71	13.67	24.46	53.09
10147	38.78	58.56	109.50	41.39	68.21	117.77	45.86	80.43	133.60
10258	39.30	72.20	106.14	46.90	80.90	129.68	58.34	93.76	164.70
10260	19.07	45.20	84.88	19.66	50.10	84.76	26.42	56.57	96.14
10262	20.30	35.70	80.10	29.50	38.50	85.54	40.20	48.89	91.05
10263	12.30	30.38	57.34	14.50	26.05	56.81	18.50	31.81	58.40
10306	10.44	28.72	31.46	9.66	22.31	41.99	13.19	30.48	55.90
10307	3.73	9.75	27.61	6.49	13.97	34.20	10.30	18.43	40.01
10322	11.80	29.07	41.96	11.46	26.37	37.30	13.21	32.92	48.09
10365	8.44	20.01	31.80	7.36	17.00	40.00	9.57	22.11	50.69
10366	20.48	44.84	66.83	18.50	33.84	72.72	21.60	46.10	83.49
10367	4.44	8.90	21.74	4.26	9.65	26.56	6.27	13.69	36.79
10402	5.24	13.70	18.84	5.90	16.43	21.85	6.70	19.41	27.86
10420	21.56	47.90	83.55	24.50	53.60	95.40	29.80	59.39	103.94
10518	35.70	67.32	98.90	42.21	75.40	124.10	56.61	90.98	159.82
10519	20.59	54.60	98.94	20.54	54.35	101.72	20.66	56.83	111.68
10520	21.56	33.24	41.56	16.19	39.55	41.88	28.50	46.16	50.86
10531	9.03	20.01	50.12	6.00	13.73	45.06	9.45	21.35	54.58
10557	5.28	12.77	26.38	6.67	14.20	30.30	8.35	16.51	35.40
10608	3.50	7.51	15.06	4.11	7.92	14.56	6.36	9.84	18.04
10613	15.46	36.50	81.96	17.50	37.20	86.16	21.14	40.71	96.78
10661	19.23	46.08	68.20	22.23	48.78	72.16	30.45	51.93	76.79
10662	28.64	50.41	89.16	28.74	54.60	91.76	38.07	58.88	97.15
10681	1.05	2.30	4.34	1.60	4.18	12.72	2.27	6.13	18.70
10682	0.75	2.34	8.36	1.05	2.70	4.55	1.30	3.76	8.50
10704	9.98	31.24	78.63	11.33	38.64	77.86	16.09	46.50	90.22
10762	3.12	8.14	17.23	3.39	9.30	19.99	3.70	10.73	23.70
10763	14.72	19.10	36.10	19.04	20.40	39.23	24.90	24.67	42.16
10764	11.44	24.83	33.57	15.60	31.32	39.06	19.88	38.14	51.54
10799	0.08	0.10	1.40	0.08	0.13	2.35	0.10	0.26	4.20
10824	7.62	20.20	27.46	7.95	22.01	31.31	8.74	24.03	35.42
10861	4.24	10.16	21.24	3.82	9.13	19.74	4.66	11.37	26.35
10866	5.70	15.40	34.16	10.30	20.76	40.20	14.53	26.37	49.96
10869	6.50	16.99	48.09	10.60	22.82	55.87	16.46	29.46	63.94
10870	11.20	31.38	40.82	7.70	27.47	47.60	13.96	34.89	53.90
10871	12.62	26.98	53.90	12.95	27.13	54.74	14.65	29.97	57.51
10872	6.67	18.54	33.30	8.47	19.19	38.46	10.92	21.60	46.32
10886	2.87	5.76	14.07	2.97	6.72	18.50	4.43	9.68	26.01
10887	5.24	13.70	38.78	8.35	17.98	44.02	13.09	23.43	50.85
10888	3.99	11.98	31.45	4.72	16.00	32.44	7.01	20.26	39.31

10903	4.32	10.45	21.58	5.58	12.65	25.35	7.41	14.66	31.43
10929	7.91	17.02	32.58	8.02	20.78	42.10	11.16	26.44	57.33
10932	3.81	7.68	16.85	3.45	8.12	21.58	4.05	8.94	25.00
10933	3.73	7.09	15.59	3.45	8.86	22.35	4.48	10.80	28.83
10935	3.13	6.32	8.40	4.03	8.31	12.74	6.25	11.63	21.40
10953	8.04	20.18	41.89	11.76	22.10	44.00	15.70	24.32	47.76
10955	2.54	5.05	12.03	3.10	6.68	14.98	3.72	8.32	18.51
10962	2.63	7.10	9.30	3.56	8.00	10.10	4.98	9.40	12.11
11041	2.81	7.34	20.79	4.75	10.01	24.50	7.32	13.09	28.42
11105	2.89	5.84	9.70	3.59	7.40	14.18	6.09	11.33	26.06
11153	4.67	9.88	24.50	6.50	15.01	33.45	9.45	20.17	40.60
11184	0.18	2.54	12.80	0.20	2.78	13.03	0.33	3.33	14.98
11193	3.98	8.04	13.36	5.24	10.81	20.73	9.42	17.52	30.65
11233	7.34	19.18	54.29	11.82	25.45	62.31	18.29	32.73	71.04
11252	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.72	1.54	3.10
11273	1.67	4.20	13.26	1.80	4.46	14.28	2.23	5.30	16.19
11274	1.02	3.76	11.88	1.59	4.06	12.40	3.75	8.86	18.79
11306	15.87	33.12	56.83	22.55	38.17	62.30	30.04	43.52	71.30

Demanda de Potencia de Clientes Mayores en kW

Código SED	2015			2016			2017		
	Base (kW)	Media (kW)	Punta (kW)	Base (kW)	Media (kW)	Punta (kW)	Base (kW)	Media (kW)	Punta (kW)
10064	43.24	78.53	113.83	43.24	78.53	113.83	43.24	78.53	113.83
10158	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10294	7.54	22.50	47.77	7.54	22.50	47.77	7.54	22.50	47.77
10295	33.04	60.01	86.98	33.04	60.01	86.98	33.04	60.01	86.98
10323	0.14	0.26	0.38	0.14	0.26	0.38	0.14	0.26	0.38
10447	0.47	0.85	1.23	0.47	0.85	1.23	0.47	0.85	1.23
10464	7.07	12.83	18.59	7.07	12.83	18.59	7.07	12.83	18.59
10465	1.46	2.66	3.86	1.46	2.66	3.86	1.46	2.66	3.86
10467	0.84	1.52	2.20	0.84	1.52	2.20	0.84	1.52	2.20
10667	0.71	1.29	1.87	0.71	1.29	1.87	0.71	1.29	1.87
10705	44.06	80.01	115.97	44.06	80.01	115.97	44.06	80.01	115.97
10706	40.33	73.24	106.15	40.33	73.24	106.15	40.33	73.24	106.15
10834	9.85	17.89	25.93	9.85	17.89	25.93	9.85	17.89	25.93
10882	1.10	4.78	6.93	1.10	4.78	6.93	1.10	4.78	6.93
11066	166.87	303.02	439.20	166.87	303.02	439.20	166.87	303.02	439.20
11096	3.59	6.51	9.43	3.59	6.51	9.43	3.59	6.51	9.43
11133	5.98	10.88	14.19	5.98	10.88	14.19	5.98	10.88	14.19
11182	3.30	6.00	14.50	3.30	6.00	14.50	3.30	6.00	14.50
11185	29.97	54.43	81.89	29.97	54.43	81.89	29.97	54.43	81.89
11189	33.04	60.00	86.98	33.04	60.00	86.98	33.04	60.00	86.98
11190	4.94	8.97	13.00	4.94	8.97	13.00	4.94	8.97	13.00
11199	33.59	61.01	88.43	33.59	61.01	88.43	33.59	61.01	88.43
11300	38.92	70.68	102.44	38.92	70.68	102.44	38.92	70.68	102.44

Anexo G

Ejemplo del método de tendencias de series de tiempo

PERTINENCIA DE INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS

Cusco, noviembre de 2018.

Presente.

Que, a petición de los interesados y en cumplimiento al procedimiento para el empleo de instrumentos de recolección de datos en la elaboración de proyectos de investigación. Se me nombra como revisor de los resultados obtenidos de la proyección de datos demanda de potencia, realizado con el instrumento **“METODO DE TENDENCIAS DE SERIES DE TIEMPO”** de la tesis para Optar al Título Profesional de Ingeniero Electricista denominada **“ESTUDIO DE LA CARGABILIDAD EN LAS REDES DEL AMT QU04 CON LA IMPLEMENTACIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LA CIUDAD DEL CUSCO PROYECTADO DESDE EL AÑO 2018 AL 2022 ”**, presentado por los bachilleres **DIEGO EDUARDO VERA LOPEZ Y GLENHS DARIO PUMA POLANCO**, el que luego de ser llevado a juicio y subsanadas las observaciones formuladas, es a mi criterio **PERTINENTE**, por lo que los resultados obtenidos se pueden aplicar para el desarrollo del estudio.

Y para que conste donde convenga, se firma el presente.

Atentamente.

 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO
Alex Aima Chaco
.....
Ing. Alex Aima Chaco
INGENIERO ELECTRICISTA
CIP 219957

Ing. Alex Aima Chaco

PROTECCION DE LA DEMANDA MAXIMA
SED 10059
NOMBRESD SAN JERONIMO III

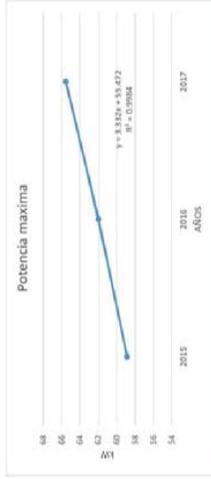
ANO	POTENCIA MAXIMA	TC
2015	58.88	5.27%
2016	61.984	5.27%
2017	65.544	5.74%

1

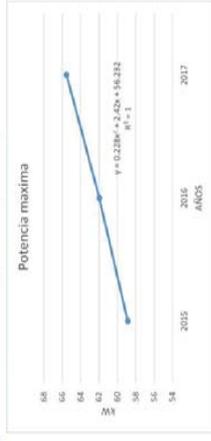
ESCRIBIRLO	INDICADOR	UNIDAD	VALOR	COMENTARIO
Lineal	Polinomial2	Exponencial	1	
Optimista	1	1	1	
Esperado	0	1	0	
Conservador	1	0	0	

Escenarios	TC
Optimista	4.614%
Esperado	4.155%
Conservador	3.179%

3

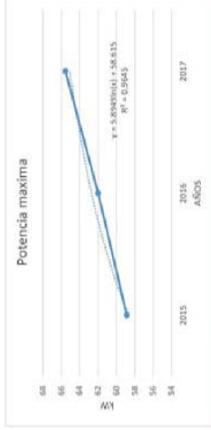


ANO	CURVA LINEAL	m	b
2015	58.804	3.332	55.472
2016	62.136	5.66%	
2017	65.468	5.09%	
2018	68.8	5.09%	
2019	72.132	4.84%	
2020	75.464	4.61%	
2021	78.796	4.41%	
2022	82.128	4.22%	

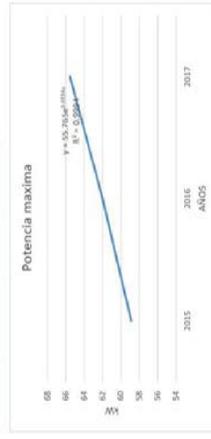


ANO	CURVA POLINOMICA	m	n	b
2015	58.88	5.27%	0.228	56.232
2016	61.984	5.74%	2.42	
2017	65.544	5.74%		
2018	69.104	6.17%		
2019	72.664	6.42%		
2020	76.224	6.65%		
2021	79.784	6.81%		
2022	83.344	6.94%		

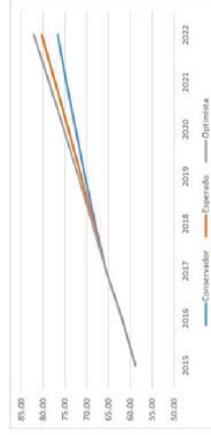
2



ANO	IVA LOGARITMICA	m	b
2015	58.615	8.971%	58.615
2016	62.70333	8.971%	
2017	66.79166	8.971%	
2018	70.88	8.971%	
2019	74.97166	8.971%	
2020	79.06333	8.971%	
2021	83.155	8.971%	
2022	87.24666	8.971%	



ANO	CURVA EXPONENCIAL	m	b
2015	58.8355591	5.506%	55.765
2016	62.37922	5.506%	
2017	66.03325	5.506%	
2018	69.794266	5.506%	
2019	73.657233	5.506%	
2020	77.618501	5.506%	
2021	81.673254	5.506%	
2022	85.822573	5.506%	



Resumen De Proyeccion energia

Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
kw	58.88	61.984	65.544	68.4052692	71.2783718	74.2131671	77.2307594	80.3381978
TC	5.27%	5.74%	5.74%	4.36%	4.19%	4.11%	4.06%	4.02%
kw	58.88	61.984	65.544	68.7113447	71.9315929	75.2333072	78.6289302	82.1248877
TC	5.27%	5.74%	5.74%	4.83%	4.68%	4.59%	4.51%	4.46%
kw	58.88	61.98	65.54	68.0576094	70.384278	72.5653006	74.6439107	76.612952
TC	5.27%	5.74%	5.74%	3.84%	3.40%	3.09%	2.86%	2.67%

4

Procedimiento para la proyección de la demanda con el Método de tendencias de series de tiempo

Paso 1. Introducir los datos históricos de la demanda de la SED's el cual se quiere proyectar.

SED		10059	
NOMBRESED SAN JERONIMO III			
AÑO	POTENCIA MAXIMA	TC	
2015	58.88		
2016	61.984	5.27%	
2017	65.544	5.74%	

Paso 2. Automáticamente con los datos introducidos en el paso 1 se proyectara con las diferentes funciones (Lineal, logarítmica, exponencial y polinómica) generándose curvas de proyección.

Paso 3. Se introduce el modelo de combinación de las funciones que mejor se ajuste a la curva, y para comprobar observamos el porcentaje promedio de crecimiento debajo de la tabla.

ESCENARIO	Indices			
	Lineal	Logaritmica	Polinomic2	Exponencial
Optimista	1	1	1	1
Esperado	0	1	1	0
Conservador	1	1	0	0

Escenarios	TC
	PORCENTAJE
Optimista	4.614%
Esperado	4.155%
Conservador	3.179%

En la tabla 4-9 se puede apreciar las 3 tipos de combinaciones para el ajuste óptimo de las curvas, en este ejemplo utilizamos el modelo 2 que es el que mejor se ajusta a la curva.

Pasó 4. Eligiendo el modelo que mejor se ajuste a la curva, en la tabla resumen de proyección se generara el porcentaje de crecimiento por año y con este dato podemos obtener el valor aproximado de la proyección. Por último se muestra la curva que se genera en los diferentes casos de estudios (Conservador,)

Anexo H

Proyección de la demanda 2018-2022

Proyección de Demanda Caso de Estudio 1: Conservador de Potencia Base

Código SED	Potencia Base en kW - Caso de Estudio 1: CONSERVADOR								
	Año 2015	Año 2016	Año 2017	Año 2018	Año 2019	Año 2020	Año 2021	Año 2022	
1	10032	18.89	19.50	20.40	20.97	21.49	21.99	22.46	22.92
2	10059	37.20	39.14	41.34	42.91	44.35	45.70	46.99	48.24
3	10064	43.24	43.24	43.24	43.46	43.67	43.89	44.11	44.32
4	10104	5.53	8.67	13.67	16.84	19.70	22.34	24.80	27.13
5	10147	38.78	41.39	45.86	48.54	51.00	53.31	55.51	57.60
6	10158	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	10258	39.30	46.90	58.34	65.62	72.26	78.43	84.23	89.74
8	10260	19.07	19.66	26.42	29.26	31.86	34.28	36.56	38.73
9	10262	20.30	29.50	40.20	45.44	49.51	52.83	55.64	58.07
10	10263	12.30	14.50	18.50	20.88	23.05	25.06	26.96	28.75
11	10294	7.54	7.54	7.54	8.31	9.09	9.86	10.64	11.41
12	10295	33.04	33.04	33.04	33.21	33.37	33.54	33.70	33.87
13	10306	10.44	9.66	13.19	14.25	15.22	16.13	16.99	17.81
14	10307	3.73	6.49	10.30	12.85	15.15	17.27	19.24	21.11
15	10322	11.80	11.46	13.21	13.74	14.22	14.68	15.12	15.54
16	10323	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
17	10365	8.44	7.36	9.57	9.99	10.37	10.74	11.09	11.42
18	10366	20.48	18.50	21.60	21.98	22.34	22.69	23.02	23.35
19	10367	4.44	4.26	6.27	6.99	7.64	8.25	8.82	9.37
20	10402	5.24	5.90	6.70	7.25	7.76	8.24	8.68	9.11
21	10420	21.56	24.50	29.80	32.95	35.82	38.50	41.03	43.43
22	10447	0.47	0.47	0.47	0.47	0.48	0.48	0.48	0.48
23	10464	7.07	7.07	7.07	7.11	7.14	7.18	7.21	7.25
24	10465	1.46	1.46	1.46	1.47	1.48	1.48	1.49	1.50
25	10467	0.84	0.84	0.84	0.84	0.85	0.85	0.86	0.86
26	10518	35.70	42.21	56.61	64.68	72.02	78.84	85.24	91.31
27	10519	20.59	20.54	20.66	20.68	20.71	20.73	20.75	20.77
28	10520	21.56	16.19	28.50	32.37	36.24	40.11	43.98	47.85
29	10531	9.03	6.00	9.45	9.71	9.96	10.19	10.41	10.62
30	10557	5.28	6.67	8.35	9.52	10.59	11.58	12.51	13.39
31	10608	3.50	4.11	6.36	7.48	8.50	9.45	10.33	11.17
32	10613	15.46	17.50	21.14	23.31	25.29	27.14	28.88	30.54
33	10661	19.23	22.23	30.45	34.80	38.75	42.42	45.87	49.13
34	10662	28.64	28.74	38.07	42.98	47.90	52.81	57.72	62.64
35	10667	0.71	0.71	0.71	0.71	0.72	0.72	0.73	0.73
36	10681	1.05	1.60	2.27	2.74	3.16	3.55	3.92	4.27
37	10682	0.75	1.05	1.30	1.51	1.70	1.87	2.04	2.19
38	10704	9.98	11.33	16.09	18.47	20.63	22.64	24.52	26.31
39	10705	44.06	44.06	44.06	44.28	44.50	44.72	44.95	45.17
40	10706	40.33	40.33	40.33	40.53	40.74	40.94	41.14	41.34

		Potencia Base en kW - Caso de Estudio 1: CONSERVADOR							
Código SED		Año 2015	Año 2016	Año 2017	Año 2018	Año 2019	Año 2020	Año 2021	Año 2022
41	10762	3.12	3.39	3.70	3.98	4.27	4.56	4.87	5.19
42	10763	14.72	19.04	24.90	27.56	29.63	31.32	32.75	33.98
43	10764	11.44	15.60	19.88	23.10	26.02	28.72	31.26	33.67
44	10799	0.08	0.08	0.10	0.11	0.11	0.12	0.13	0.13
45	10824	7.62	7.95	8.74	9.16	9.55	9.92	10.27	10.60
46	10834	9.85	9.85	9.85	9.90	9.95	10.00	10.05	10.10
47	10861	4.24	3.82	4.66	4.81	4.95	5.09	5.22	5.34
48	10866	5.70	10.30	14.53	17.89	20.93	23.73	26.35	28.82
49	10869	6.50	10.60	16.46	20.32	23.81	27.03	30.03	32.87
50	10870	11.20	7.70	13.96	15.03	16.02	16.95	17.83	18.67
51	10871	12.62	12.95	14.65	15.42	16.12	16.78	17.41	18.02
52	10872	6.67	8.47	10.92	12.55	14.03	15.40	16.69	17.91
53	10882	1.10	1.10	1.10	1.11	1.11	1.12	1.12	1.13
54	10886	2.87	2.97	4.43	5.04	5.60	6.12	6.60	7.06
55	10887	5.24	8.35	13.09	16.14	18.90	21.44	23.81	26.05
56	10888	3.99	4.72	7.01	8.19	9.26	10.25	11.18	12.07
57	10903	4.32	5.58	7.41	8.60	9.68	10.67	11.61	12.50
58	10929	7.91	8.02	11.16	12.42	13.58	14.65	15.66	16.62
59	10932	3.81	3.45	4.05	4.13	4.21	4.29	4.36	4.43
60	10933	3.73	3.45	4.48	4.76	5.03	5.27	5.51	5.73
61	10935	3.13	4.03	6.25	7.47	8.58	9.60	10.56	11.46
62	10953	8.04	11.76	15.70	17.71	19.28	20.55	21.63	22.57
63	10955	2.54	3.10	3.72	4.17	4.58	4.96	5.32	5.66
64	10962	2.63	3.56	4.98	5.89	6.71	7.47	8.18	8.85
65	11041	2.81	4.75	7.32	9.06	10.64	12.09	13.45	14.73
66	11066	166.87	166.87	166.87	167.71	168.54	169.38	170.21	171.04
67	11096	3.59	3.59	3.59	3.61	3.63	3.64	3.66	3.68
68	11105	2.89	3.59	6.09	7.36	8.51	9.57	10.56	11.50
69	11133	5.98	5.98	5.98	6.01	6.04	6.07	6.10	6.13
70	11153	4.67	6.50	9.45	11.30	12.98	14.53	15.98	17.35
71	11182	3.30	3.30	3.30	3.32	3.33	3.35	3.37	3.38
72	11184	0.18	0.20	0.33	0.39	0.44	0.49	0.54	0.58
73	11185	29.97	29.97	29.97	30.12	30.27	30.42	30.57	30.72
74	11189	33.04	33.04	33.04	33.21	33.37	33.54	33.70	33.87
75	11190	4.94	4.94	4.94	4.97	4.99	5.02	5.04	5.06
76	11193	3.98	5.24	9.42	11.59	13.55	15.35	17.04	18.63
77	11199	33.59	33.59	33.59	33.76	33.93	34.10	34.27	34.43
78	11233	7.34	11.82	18.29	22.54	26.37	29.91	33.21	36.33
79	11252	0.00	0.00	0.72	0.83	0.93	1.02	1.10	1.18
80	11273	1.67	1.80	2.23	2.44	2.64	2.82	3.00	3.16
81	11274	1.02	1.59	3.75	4.86	5.87	6.79	7.65	8.45
82	11300	38.92	38.92	38.92	39.11	39.31	39.50	39.70	39.89
83	11306	15.87	22.55	30.04	34.27	37.76	40.78	43.45	45.87

Proyección de Demanda Caso de Estudio 1: Conservador de Potencia Media

Código SED	Potencia Media en kW - Caso de Estudio 1: CONSERVADOR								
	Año 2015	Año 2016	Año 2017	Año 2018	Año 2019	Año 2020	Año 2021	Año 2022	
1	10032	34.44	34.15	35.60	36.02	36.42	36.79	37.15	37.50
2	10059	58.88	61.98	65.54	68.07	70.38	72.57	74.64	76.64
3	10064	78.53	78.53	78.53	78.92	79.32	79.71	80.10	80.49
4	10104	14.47	18.67	24.46	28.29	31.78	35.00	38.03	40.90
5	10147	58.56	68.21	80.43	88.76	96.36	103.44	110.12	116.48
6	10158	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	10258	72.20	80.90	93.76	101.96	109.46	116.47	123.09	129.40
8	10260	45.20	50.10	56.57	60.89	64.84	68.54	72.04	75.38
9	10262	35.70	38.50	48.89	53.64	57.96	61.99	65.80	69.42
10	10263	30.38	26.05	31.81	32.21	32.60	32.98	33.35	33.72
11	10294	22.50	22.50	22.50	19.04	19.55	20.02	20.48	20.92
12	10295	60.01	60.01	60.01	60.31	60.61	60.91	61.21	61.51
13	10306	28.72	22.31	30.48	31.03	31.56	32.07	32.57	33.06
14	10307	9.75	13.97	18.43	21.28	24.12	26.97	29.81	32.66
15	10322	29.07	26.37	32.92	34.35	35.67	36.91	38.11	39.25
16	10323	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.27	0.27
17	10365	20.01	17.00	22.11	22.86	23.57	24.23	24.88	25.50
18	10366	44.84	33.84	46.10	46.33	46.59	46.85	47.13	47.41
19	10367	8.90	9.65	13.69	15.56	17.26	18.83	20.32	21.72
20	10402	13.70	16.43	19.41	21.58	23.56	25.41	27.14	28.80
21	10420	47.90	53.60	59.39	63.75	67.74	71.47	75.01	78.38
22	10447	0.85	0.85	0.85	0.85	0.86	0.86	0.87	0.87
23	10464	12.83	12.83	12.83	12.90	12.96	13.02	13.09	13.15
24	10465	2.66	2.66	2.66	2.67	2.68	2.70	2.71	2.72
25	10467	1.52	1.52	1.52	1.53	1.54	1.54	1.55	1.56
26	10518	67.32	75.40	90.98	100.02	108.27	115.97	123.23	130.15
27	10519	54.60	54.35	56.83	57.65	58.41	59.13	59.82	60.50
28	10520	33.24	39.55	46.16	49.52	52.12	54.25	56.04	57.60
29	10531	20.01	13.73	21.35	21.74	22.13	22.51	22.87	23.24
30	10557	12.77	14.20	16.51	17.93	19.24	20.45	21.60	22.70
31	10608	7.51	7.92	9.84	11.03	12.23	13.43	14.62	15.82
32	10613	36.50	37.20	40.71	42.29	43.75	45.12	46.43	47.69
33	10661	46.08	48.78	51.93	54.14	56.17	58.08	59.90	61.65
34	10662	50.41	54.60	58.88	62.09	65.03	67.80	70.42	72.94
35	10667	1.29	1.29	1.29	1.30	1.30	1.31	1.32	1.32
36	10681	2.30	4.18	6.13	7.60	8.92	10.14	11.28	12.36
37	10682	2.34	2.70	3.76	4.31	4.81	5.28	5.71	6.13
38	10704	31.24	38.64	46.50	52.31	57.60	62.51	67.14	71.54
39	10705	80.01	80.01	80.01	80.41	80.81	81.21	81.61	82.01
40	10706	73.24	73.24	73.24	73.61	73.97	74.34	74.71	75.07

		Potencia Media en kW - Caso de Estudio 1: CONSERVADOR							
Código SED		Año 2015	Año 2016	Año 2017	Año 2018	Año 2019	Año 2020	Año 2021	Año 2022
41	10762	8.14	9.30	10.73	11.72	12.62	13.46	14.25	15.01
42	10763	19.10	20.40	24.67	27.51	30.35	33.20	36.04	38.88
43	10764	24.83	31.32	38.14	43.21	47.82	52.10	56.13	59.95
44	10799	0.10	0.13	0.26	0.32	0.38	0.44	0.49	0.53
45	10824	20.20	22.01	24.03	25.49	26.82	28.07	29.25	30.38
46	10834	17.89	17.89	17.89	17.98	18.07	18.16	18.25	18.34
47	10861	10.16	9.13	11.37	11.81	12.23	12.62	12.99	13.35
48	10866	15.40	20.76	26.37	30.55	34.35	37.87	41.17	44.30
49	10869	16.99	22.82	29.46	34.23	38.55	42.56	46.32	49.88
50	10870	31.38	27.47	34.89	36.17	37.35	38.48	39.56	40.60
51	10871	26.98	27.13	29.97	31.09	32.12	33.10	34.03	34.92
52	10872	18.54	19.19	21.60	22.76	23.83	24.83	25.78	26.69
53	10882	4.78	4.78	4.78	4.81	4.83	4.85	4.88	4.90
54	10886	5.76	6.72	9.68	11.21	12.59	13.88	15.09	16.23
55	10887	13.70	17.98	23.43	27.16	30.54	33.68	36.62	39.41
56	10888	11.98	16.00	20.26	23.42	26.29	28.94	31.44	33.80
57	10903	10.45	12.65	14.66	16.26	17.72	19.07	20.35	21.57
58	10929	17.02	20.78	26.44	30.05	33.33	36.38	39.25	41.97
59	10932	7.68	8.12	8.94	9.68	10.53	11.46	12.49	13.58
60	10933	7.09	8.86	10.80	12.21	13.50	14.69	15.82	16.89
61	10935	6.32	8.31	11.63	13.68	15.54	17.26	18.88	20.40
62	10953	20.18	22.10	24.32	25.89	27.33	28.68	29.95	31.18
63	10955	5.05	6.68	8.32	9.57	10.70	11.75	12.73	13.66
64	10962	7.10	8.00	9.40	10.28	11.08	11.82	12.53	13.20
65	11041	7.34	10.01	13.09	15.29	17.29	19.14	20.87	22.51
66	11066	303.02	303.02	303.02	304.54	306.05	307.57	309.08	310.60
67	11096	6.51	6.51	6.51	6.54	6.58	6.61	6.64	6.67
68	11105	5.84	7.40	11.33	13.48	15.42	17.22	18.90	20.50
69	11133	10.88	10.88	10.88	10.94	10.99	11.05	11.10	11.16
70	11153	9.88	15.01	20.17	24.10	27.65	30.94	34.02	36.92
71	11182	6.00	6.00	6.00	6.03	6.06	6.09	6.12	6.15
72	11184	2.54	2.78	3.33	3.90	4.42	4.90	5.34	5.76
73	11185	54.43	54.43	54.43	54.70	54.97	55.25	55.52	55.79
74	11189	60.00	60.00	60.00	60.30	60.60	60.90	61.20	61.50
75	11190	8.97	8.97	8.97	9.01	9.06	9.10	9.15	9.19
76	11193	8.04	10.81	17.52	21.25	24.62	27.73	30.63	33.38
77	11199	61.01	61.01	61.01	61.32	61.62	61.93	62.23	62.54
78	11233	19.18	25.45	32.73	37.91	42.62	46.98	51.07	54.94
79	11252	0.00	0.00	1.54	1.82	2.09	2.36	2.63	2.89
80	11273	4.20	4.46	5.30	5.72	6.10	6.46	6.80	7.13
81	11274	3.76	4.06	8.86	10.95	12.84	14.58	16.20	17.73
82	11300	70.68	70.68	70.68	71.03	71.38	71.74	72.09	72.44
83	11306	33.12	38.17	43.52	48.42	52.89	57.05	60.97	64.69

Proyección de Demanda Caso de Estudio 1: Conservador de Potencia Punta

Código SED	Potencia Punta en kW - Caso de Estudio 1: CONSERVADOR								
	Año 2015	Año 2016	Año 2017	Año 2018	Año 2019	Año 2020	Año 2021	Año 2022	
1	10032	71.01	66.60	78.71	81.55	84.18	86.66	89.04	91.33
2	10059	95.00	98.00	102.00	104.64	107.08	109.37	111.57	113.68
3	10064	113.83	113.83	113.83	114.40	114.96	115.53	116.10	116.67
4	10104	40.95	45.71	53.09	57.71	61.94	65.89	69.62	73.17
5	10147	109.50	117.77	133.60	142.75	151.13	158.99	166.43	173.55
6	10158	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	10258	106.14	129.68	164.70	187.14	207.55	226.50	244.33	261.23
8	10260	84.88	84.76	96.14	100.37	104.27	107.94	111.44	114.80
9	10262	80.10	85.54	91.05	95.20	99.01	102.59	105.99	109.26
10	10263	57.34	56.81	58.40	58.78	59.13	59.47	59.80	60.11
11	10294	47.77	47.77	47.77	47.14	50.47	53.60	56.56	59.39
12	10295	86.98	86.98	86.98	87.41	87.85	88.28	88.72	89.15
13	10306	31.46	41.99	55.90	65.28	73.79	81.67	89.06	96.05
14	10307	27.61	34.20	40.01	44.71	49.00	52.98	56.74	60.31
15	10322	41.96	37.30	48.09	50.37	52.48	54.47	56.37	58.20
16	10323	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.39	0.39	0.39
17	10365	31.80	40.00	50.69	57.92	64.49	70.58	76.31	81.75
18	10366	66.83	72.72	83.49	89.82	95.62	101.05	106.18	111.09
19	10367	21.74	26.56	36.79	42.62	47.91	52.82	57.42	61.78
20	10402	18.84	21.85	27.86	31.32	34.47	37.41	40.17	42.79
21	10420	83.55	95.40	103.94	109.21	112.23	113.20	112.15	109.03
22	10447	1.23	1.23	1.23	1.24	1.24	1.25	1.25	1.26
23	10464	18.59	18.59	18.59	18.69	18.78	18.87	18.97	19.06
24	10465	3.86	3.86	3.86	3.87	3.89	3.91	3.93	3.95
25	10467	2.20	2.20	2.20	2.21	2.22	2.23	2.24	2.25
26	10518	98.90	124.10	159.82	183.17	204.40	224.09	242.59	260.12
27	10519	98.94	101.72	111.68	116.48	120.90	125.06	129.02	132.82
28	10520	41.56	41.88	50.86	54.40	57.65	60.70	63.59	66.35
29	10531	50.12	45.06	54.58	56.18	57.67	59.09	60.45	61.77
30	10557	26.38	30.30	35.40	38.83	41.97	44.90	47.66	50.29
31	10608	15.06	14.56	18.04	19.17	20.21	21.19	22.11	23.00
32	10613	81.96	86.16	96.78	102.39	107.55	112.38	116.97	121.37
33	10661	68.20	72.16	76.79	80.04	83.03	85.84	88.51	91.08
34	10662	89.16	91.76	97.15	100.15	102.92	105.53	108.03	110.43
35	10667	1.87	1.87	1.87	1.88	1.89	1.90	1.91	1.92
36	10681	4.34	12.72	18.70	22.38	24.44	24.96	23.83	20.68
37	10682	8.36	4.55	8.50	8.46	8.43	8.42	8.41	8.41
38	10704	78.63	77.86	90.22	94.58	98.60	102.38	105.98	109.43
39	10705	115.97	115.97	115.97	116.54	117.12	117.70	118.28	118.86
40	10706	106.15	106.15	106.15	106.68	107.21	107.74	108.28	108.81

		Potencia Punta en kW - Caso de Estudio 1: CONSERVADOR							
Código SED		Año 2015	Año 2016	Año 2017	Año 2018	Año 2019	Año 2020	Año 2021	Año 2022
41	10762	17.23	19.99	23.70	26.17	28.41	30.51	32.49	34.37
42	10763	36.10	39.23	42.16	45.19	48.22	51.24	54.27	57.30
43	10764	33.57	39.06	51.54	58.47	64.78	70.64	76.15	81.37
44	10799	1.40	2.35	4.20	5.30	6.30	7.22	8.07	8.88
45	10824	27.46	31.31	35.42	38.45	41.21	43.80	46.24	48.57
46	10834	25.93	25.93	25.93	26.06	26.19	26.32	26.45	26.58
47	10861	21.24	19.74	26.35	28.30	30.10	31.79	33.38	34.91
48	10866	34.16	40.20	49.96	56.01	61.52	66.64	71.47	76.05
49	10869	48.09	55.87	63.94	69.96	75.45	80.58	85.43	90.04
50	10870	40.82	47.60	53.90	58.87	63.40	67.63	71.63	75.44
51	10871	53.90	54.74	57.51	58.86	60.11	61.29	62.42	63.51
52	10872	33.30	38.46	46.32	51.29	55.82	60.04	64.02	67.81
53	10882	6.93	6.93	6.93	6.96	7.00	7.03	7.07	7.10
54	10886	14.07	18.50	26.01	30.63	34.81	38.68	42.31	45.75
55	10887	38.78	44.02	50.85	55.44	59.64	63.55	67.25	70.78
56	10888	31.45	32.44	39.31	42.31	45.05	47.62	50.06	52.39
57	10903	21.58	25.35	31.43	35.20	38.63	41.83	44.84	47.70
58	10929	32.58	42.10	57.33	70.28	81.74	92.23	102.01	111.24
59	10932	16.85	21.58	25.00	27.19	29.19	31.06	32.82	34.50
60	10933	15.59	22.35	28.83	33.67	37.92	41.72	45.16	48.31
61	10935	8.40	12.74	21.40	26.51	31.12	35.37	39.34	43.08
62	10953	41.89	44.00	47.76	49.98	52.02	53.94	55.76	57.51
63	10955	12.03	14.98	18.51	20.98	23.23	25.32	27.29	29.15
64	10962	9.30	10.10	12.11	13.18	14.16	15.08	15.95	16.77
65	11041	20.79	24.50	28.42	31.32	33.96	36.43	38.76	40.97
66	11066	439.20	439.20	439.20	441.39	443.59	445.78	447.98	450.18
67	11096	9.43	9.43	9.43	9.48	9.53	9.57	9.62	9.67
68	11105	9.70	14.18	26.06	32.56	38.43	43.83	48.88	53.64
69	11133	14.19	14.19	14.19	14.26	14.34	14.41	14.48	14.55
70	11153	24.50	33.45	40.60	46.70	52.25	57.39	62.21	66.79
71	11182	14.50	14.50	14.50	14.57	14.65	14.72	14.79	14.86
72	11184	12.80	13.03	14.98	15.80	16.56	17.27	17.95	18.60
73	11185	81.89	81.89	81.89	82.30	82.71	83.12	83.53	83.94
74	11189	86.98	86.98	86.98	87.41	87.85	88.28	88.72	89.15
75	11190	13.00	13.00	13.00	13.07	13.13	13.20	13.26	13.33
76	11193	13.36	20.73	30.65	37.33	43.36	48.93	54.14	59.05
77	11199	88.43	88.43	88.43	88.88	89.32	89.76	90.20	90.64
78	11233	54.29	62.31	71.04	77.40	83.22	88.64	93.77	98.66
79	11252	0.00	0.00	3.10	3.57	3.99	4.38	4.75	5.10
80	11273	13.26	14.28	16.19	17.30	18.32	19.28	20.18	21.05
81	11274	11.88	12.40	18.79	21.51	23.98	26.27	28.43	30.47
82	11300	102.44	102.44	102.44	102.96	103.47	103.98	104.49	105.00
83	11306	56.83	62.30	71.30	76.83	81.89	86.61	91.07	95.32

Proyección de Demanda Caso de Estudio 2: Esperado de Potencia Base

	Código SED	Potencia Base en kW - Caso de Estudio 2: Esperado							
		Año 2015	Año 2016	Año 2017	Año 2018	Año 2019	Año 2020	Año 2021	Año 2022
1	10032	18.89	19.50	20.40	21.05	21.67	22.29	22.90	23.51
2	10059	37.20	39.14	41.34	43.20	45.07	46.95	48.85	50.80
3	10064	43.24	43.24	43.24	43.67	44.11	44.54	44.97	45.40
4	10104	5.53	8.67	13.67	18.07	22.67	27.43	32.31	37.27
5	10147	38.78	41.39	45.86	48.98	52.07	55.16	58.28	61.44
6	10158	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	10258	39.30	46.90	58.34	68.29	78.80	89.79	101.16	112.82
8	10260	19.07	19.66	26.42	32.62	39.83	47.59	55.66	63.92
9	10262	20.30	29.50	40.20	47.83	54.73	61.12	67.10	72.75
10	10263	12.30	14.50	18.50	21.03	23.72	26.50	29.32	32.14
11	10294	7.54	7.54	7.54	8.32	9.14	10.01	10.93	11.90
12	10295	33.04	33.04	33.04	33.37	33.70	34.03	34.36	34.69
13	10306	10.44	9.66	13.19	14.44	15.69	16.97	18.27	19.62
14	10307	3.73	6.49	10.30	13.62	17.01	20.47	23.99	27.55
15	10322	11.80	11.46	13.21	13.82	14.41	15.00	15.58	16.17
16	10323	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.15	0.15	0.15
17	10365	8.44	7.36	9.57	10.18	10.81	11.46	12.13	12.83
18	10366	20.48	18.50	21.60	22.18	22.77	23.37	23.98	24.59
19	10367	4.44	4.26	6.27	7.14	8.03	8.97	9.95	10.98
20	10402	5.24	5.90	6.70	7.36	8.03	8.70	9.40	10.12
21	10420	21.56	24.50	29.80	34.50	39.65	45.31	51.52	58.36
22	10447	0.47	0.47	0.47	0.48	0.48	0.49	0.49	0.49
23	10464	7.07	7.07	7.07	7.14	7.21	7.28	7.35	7.42
24	10465	1.46	1.46	1.46	1.48	1.49	1.50	1.52	1.53
25	10467	0.84	0.84	0.84	0.85	0.86	0.87	0.87	0.88
26	10518	35.70	42.21	56.61	69.42	83.53	98.51	114.10	130.13
27	10519	20.59	20.54	20.66	20.69	20.72	20.74	20.77	20.79
28	10520	21.56	16.19	28.50	32.57	36.95	41.69	46.82	52.39
29	10531	9.03	6.00	9.45	9.75	10.04	10.33	10.61	10.89
30	10557	5.28	6.67	8.35	9.79	11.23	12.69	14.17	15.65
31	10608	3.50	4.11	6.36	7.85	9.47	11.27	13.28	15.54
32	10613	15.46	17.50	21.14	24.33	27.81	31.52	35.40	39.42
33	10661	19.23	22.23	30.45	35.97	41.79	48.03	54.77	62.09
34	10662	28.64	28.74	38.07	43.44	49.24	55.53	62.36	69.78
35	10667	0.71	0.71	0.71	0.72	0.73	0.73	0.74	0.75
36	10681	1.05	1.60	2.27	2.94	3.70	4.59	5.62	6.84
37	10682	0.75	1.05	1.30	1.55	1.81	2.07	2.34	2.62
38	10704	9.98	11.33	16.09	19.12	22.33	25.79	29.54	33.63
39	10705	44.06	44.06	44.06	44.50	44.95	45.39	45.83	46.27
40	10706	40.33	40.33	40.33	40.74	41.14	41.54	41.95	42.35

Código SED	Potencia Base en kW - Caso de Estudio 2: Esperado								
	Año 2015	Año 2016	Año 2017	Año 2018	Año 2019	Año 2020	Año 2021	Año 2022	
41	10762	3.12	3.39	3.70	4.02	4.37	4.74	5.13	5.55
42	10763	14.72	19.04	24.90	28.80	32.35	35.63	38.72	41.64
43	10764	11.44	15.60	19.88	23.49	26.93	30.24	33.46	36.60
44	10799	0.08	0.08	0.10	0.11	0.12	0.14	0.15	0.16
45	10824	7.62	7.95	8.74	9.23	9.71	10.19	10.67	11.15
46	10834	9.85	9.85	9.85	9.95	10.05	10.14	10.24	10.34
47	10861	4.24	3.82	4.66	4.84	5.01	5.18	5.35	5.52
48	10866	5.70	10.30	14.53	18.06	21.25	24.15	26.81	29.26
49	10869	6.50	10.60	16.46	21.58	26.85	32.24	37.74	43.32
50	10870	11.20	7.70	13.96	15.21	16.47	17.75	19.05	20.39
51	10871	12.62	12.95	14.65	15.54	16.41	17.29	18.17	19.06
52	10872	6.67	8.47	10.92	13.02	15.26	17.68	20.31	23.20
53	10882	1.10	1.10	1.10	1.11	1.12	1.13	1.14	1.16
54	10886	2.87	2.97	4.43	5.20	6.00	6.85	7.77	8.76
55	10887	5.24	8.35	13.09	17.66	23.08	29.62	37.54	47.16
56	10888	3.99	4.72	7.01	8.56	10.23	12.07	14.11	16.39
57	10903	4.32	5.58	7.41	9.01	10.72	12.52	14.39	16.31
58	10929	7.91	8.02	11.16	12.70	14.28	15.93	17.66	19.49
59	10932	3.81	3.45	4.05	4.15	4.24	4.34	4.43	4.52
60	10933	3.73	3.45	4.48	4.81	5.14	5.48	5.81	6.16
61	10935	3.13	4.03	6.25	8.24	10.42	12.72	15.09	17.52
62	10953	8.04	11.76	15.70	18.63	21.28	23.73	26.03	28.20
63	10955	2.54	3.10	3.72	4.28	4.86	5.47	6.12	6.81
64	10962	2.63	3.56	4.98	6.21	7.56	9.08	10.80	12.75
65	11041	2.81	4.75	7.32	9.55	11.81	14.11	16.44	18.80
66	11066	166.87	166.87	166.87	168.54	170.21	171.88	173.55	175.22
67	11096	3.59	3.59	3.59	3.63	3.66	3.70	3.73	3.77
68	11105	2.89	3.59	6.09	8.37	10.88	13.52	16.24	19.03
69	11133	5.98	5.98	5.98	6.04	6.10	6.16	6.22	6.28
70	11153	4.67	6.50	9.45	12.12	15.00	18.04	21.21	24.47
71	11182	3.30	3.30	3.30	3.33	3.37	3.40	3.43	3.47
72	11184	0.18	0.20	0.33	0.41	0.49	0.59	0.70	0.82
73	11185	29.97	29.97	29.97	30.27	30.57	30.87	31.17	31.47
74	11189	33.04	33.04	33.04	33.37	33.70	34.03	34.36	34.69
75	11190	4.94	4.94	4.94	4.99	5.04	5.09	5.14	5.19
76	11193	3.98	5.24	9.42	13.23	17.40	21.77	26.28	30.89
77	11199	33.59	33.59	33.59	33.93	34.27	34.60	34.94	35.27
78	11233	7.34	11.82	18.29	23.94	29.78	35.76	41.85	48.05
79	11252	0.00	0.00	0.72	0.85	0.97	1.09	1.21	1.33
80	11273	1.67	1.80	2.23	2.45	2.67	2.88	3.10	3.33
81	11274	1.02	1.59	3.75	5.74	7.89	10.14	12.45	14.81
82	11300	38.92	38.92	38.92	39.31	39.70	40.09	40.47	40.86
83	11306	15.87	22.55	30.04	35.66	40.83	45.68	50.28	54.68

Proyección de Demanda Caso de Estudio 1: Esperado de Potencia Media

	Código SED	Potencia Media en kW - Caso de Estudio 2: Esperado							
		Año 2015	Año 2016	Año 2017	Año 2018	Año 2019	Año 2020	Año 2021	Año 2022
1	10032	34.44	34.15	35.60	36.08	36.54	37.00	37.44	37.89
2	10059	58.88	61.98	65.54	68.41	71.28	74.21	77.23	80.34
3	10064	78.53	78.53	78.53	79.32	80.10	80.89	81.67	82.46
4	10104	14.47	18.67	24.46	29.46	34.83	40.67	47.09	54.17
5	10147	58.56	68.21	80.43	90.59	100.96	111.69	122.90	134.68
6	10158	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	10258	72.20	80.90	93.76	105.04	117.36	130.62	144.68	159.40
8	10260	45.20	50.10	56.57	61.69	66.80	71.98	77.28	82.73
9	10262	35.70	38.50	48.89	54.83	60.89	67.17	73.73	80.61
10	10263	30.38	26.05	31.81	32.26	32.70	33.11	33.52	33.92
11	10294	22.50	22.50	22.50	19.27	20.05	20.85	21.66	22.50
12	10295	60.01	60.01	60.01	60.61	61.21	61.81	62.41	63.01
13	10306	28.72	22.31	30.48	31.42	32.37	33.34	34.32	35.32
14	10307	9.75	13.97	18.43	21.73	25.40	29.48	34.04	39.13
15	10322	29.07	26.37	32.92	34.57	36.20	37.82	39.44	41.08
16	10323	0.26	0.26	0.26	0.26	0.27	0.27	0.27	0.27
17	10365	20.01	17.00	22.11	23.23	24.39	25.57	26.79	28.04
18	10366	44.84	33.84	46.10	46.47	46.86	47.26	47.66	48.07
19	10367	8.90	9.65	13.69	16.03	18.48	21.09	23.88	26.90
20	10402	13.70	16.43	19.41	22.09	24.84	27.71	30.74	33.93
21	10420	47.90	53.60	59.39	64.26	68.90	73.38	77.75	82.02
22	10447	0.85	0.85	0.85	0.86	0.87	0.87	0.88	0.89
23	10464	12.83	12.83	12.83	12.96	13.09	13.22	13.34	13.47
24	10465	2.66	2.66	2.66	2.68	2.71	2.74	2.76	2.79
25	10467	1.52	1.52	1.52	1.54	1.55	1.57	1.58	1.60
26	10518	67.32	75.40	90.98	101.93	113.06	124.55	136.50	149.00
27	10519	54.60	54.35	56.83	57.76	58.66	59.53	60.40	61.26
28	10520	33.24	39.55	46.16	51.07	55.55	59.72	63.66	67.40
29	10531	20.01	13.73	21.35	21.85	22.34	22.84	23.34	23.85
30	10557	12.77	14.20	16.51	18.58	20.81	23.20	25.78	28.56
31	10608	7.51	7.92	9.84	11.15	12.56	14.08	15.73	17.51
32	10613	36.50	37.20	40.71	42.53	44.30	46.06	47.81	49.57
33	10661	46.08	48.78	51.93	54.47	56.95	59.41	61.87	64.34
34	10662	50.41	54.60	58.88	62.61	66.27	69.93	73.62	77.36
35	10667	1.29	1.29	1.29	1.30	1.32	1.33	1.34	1.35
36	10681	2.30	4.18	6.13	7.65	9.05	10.37	11.63	12.85
37	10682	2.34	2.70	3.76	4.46	5.21	6.01	6.87	7.82
38	10704	31.24	38.64	46.50	53.15	59.57	65.84	72.01	78.11
39	10705	80.01	80.01	80.01	80.81	81.61	82.41	83.21	84.01
40	10706	73.24	73.24	73.24	73.97	74.71	75.44	76.17	76.90

Código SED		Potencia Media en kW - Caso de Estudio 2: Esperado							
		Año 2015	Año 2016	Año 2017	Año 2018	Año 2019	Año 2020	Año 2021	Año 2022
41	10762	8.14	9.30	10.73	11.92	13.12	14.35	15.62	16.95
42	10763	19.10	20.40	24.67	27.77	31.10	34.68	38.53	42.68
43	10764	24.83	31.32	38.14	43.45	48.44	53.23	57.87	62.40
44	10799	0.10	0.13	0.26	0.40	0.55	0.72	0.90	1.08
45	10824	20.20	22.01	24.03	25.65	27.24	28.83	30.45	32.08
46	10834	17.89	17.89	17.89	18.07	18.25	18.43	18.61	18.79
47	10861	10.16	9.13	11.37	11.89	12.39	12.89	13.40	13.90
48	10866	15.40	20.76	26.37	30.74	34.82	38.72	42.47	46.13
49	10869	16.99	22.82	29.46	35.75	42.54	49.98	58.20	67.34
50	10870	31.38	27.47	34.89	36.37	37.83	39.28	40.72	42.17
51	10871	26.98	27.13	29.97	31.26	32.51	33.75	34.99	36.24
52	10872	18.54	19.19	21.60	22.95	24.27	25.60	26.93	28.28
53	10882	4.78	4.78	4.78	4.83	4.88	4.93	4.97	5.02
54	10886	5.76	6.72	9.68	12.09	14.84	17.99	21.63	25.84
55	10887	13.70	17.98	23.43	28.01	32.71	37.53	42.46	47.48
56	10888	11.98	16.00	20.26	23.59	26.74	29.75	32.68	35.55
57	10903	10.45	12.65	14.66	16.53	18.39	20.27	22.18	24.13
58	10929	17.02	20.78	26.44	31.45	36.86	42.60	48.62	54.86
59	10932	7.68	8.12	8.94	10.19	11.32	12.37	13.35	14.27
60	10933	7.09	8.86	10.80	12.34	13.82	15.27	16.71	18.14
61	10935	6.32	8.31	11.63	14.65	17.95	21.47	25.14	28.93
62	10953	20.18	22.10	24.32	26.16	27.98	29.81	31.67	33.56
63	10955	5.05	6.68	8.32	9.69	10.99	12.22	13.40	14.55
64	10962	7.10	8.00	9.40	10.46	11.52	12.62	13.76	14.94
65	11041	7.34	10.01	13.09	15.61	18.08	20.54	23.01	25.48
66	11066	303.02	303.02	303.02	306.05	309.08	312.11	315.14	318.18
67	11096	6.51	6.51	6.51	6.58	6.64	6.71	6.77	6.84
68	11105	5.84	7.40	11.33	15.20	19.61	24.38	29.40	34.60
69	11133	10.88	10.88	10.88	10.99	11.10	11.21	11.32	11.43
70	11153	9.88	15.01	20.17	24.12	27.71	31.04	34.17	37.14
71	11182	6.00	6.00	6.00	6.06	6.12	6.18	6.24	6.30
72	11184	2.54	2.78	3.33	3.87	4.40	4.93	5.47	6.02
73	11185	54.43	54.43	54.43	54.97	55.52	56.06	56.61	57.15
74	11189	60.00	60.00	60.00	60.60	61.20	61.80	62.40	63.00
75	11190	8.97	8.97	8.97	9.06	9.15	9.24	9.33	9.42
76	11193	8.04	10.81	17.52	22.86	28.46	34.25	40.21	46.30
77	11199	61.01	61.01	61.01	61.62	62.23	62.84	63.45	64.06
78	11233	19.18	25.45	32.73	38.66	44.51	50.36	56.23	62.13
79	11252	0.00	0.00	1.54	1.86	2.18	2.52	2.87	3.21
80	11273	4.20	4.46	5.30	5.76	6.22	6.69	7.15	7.63
81	11274	3.76	4.06	8.86	11.83	15.30	19.40	24.30	30.16
82	11300	70.68	70.68	70.68	71.38	72.09	72.80	73.51	74.21
83	11306	33.12	38.17	43.52	49.14	54.67	60.20	65.80	71.51

Proyección de Demanda Caso de Estudio 2: Esperado de Potencia Punta

Código SED	Potencia Punta en kW - Caso de Estudio 2: Esperado								
	Año 2015	Año 2016	Año 2017	Año 2018	Año 2019	Año 2020	Año 2021	Año 2022	
1	10032	71.01	66.60	78.71	81.99	85.19	88.37	91.55	94.73
2	10059	95.00	98.00	102.00	104.99	107.88	110.73	113.54	116.34
3	10064	113.83	113.83	113.83	114.96	116.10	117.24	118.38	119.52
4	10104	40.95	45.71	53.09	58.63	64.20	69.89	75.76	81.84
5	10147	109.50	117.77	133.60	144.36	155.05	165.82	176.78	187.99
6	10158	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	10258	106.14	129.68	164.70	195.57	228.84	264.14	301.06	339.30
8	10260	84.88	84.76	96.14	101.02	105.80	110.55	115.31	120.10
9	10262	80.10	85.54	91.05	95.25	99.14	102.84	106.39	109.83
10	10263	57.34	56.81	58.40	58.83	59.25	59.66	60.06	60.46
11	10294	47.77	47.77	47.77	47.77	52.04	56.39	60.84	65.44
12	10295	86.98	86.98	86.98	87.85	88.72	89.59	90.46	91.33
13	10306	31.46	41.99	55.90	67.76	80.03	92.71	105.73	119.04
14	10307	27.61	34.20	40.01	45.47	50.87	56.27	61.72	67.24
15	10322	41.96	37.30	48.09	50.74	53.35	55.95	58.57	61.22
16	10323	0.38	0.38	0.38	0.38	0.39	0.39	0.40	0.40
17	10365	31.80	40.00	50.69	59.74	69.13	78.83	88.83	99.07
18	10366	66.83	72.72	83.49	90.99	98.48	106.06	113.82	121.79
19	10367	21.74	26.56	36.79	44.37	52.49	61.33	71.05	81.77
20	10402	18.84	21.85	27.86	32.17	36.65	41.36	46.38	51.73
21	10420	83.55	95.40	103.94	111.45	117.79	123.00	126.98	129.50
22	10447	1.23	1.23	1.23	1.24	1.25	1.27	1.28	1.29
23	10464	18.59	18.59	18.59	18.78	18.97	19.15	19.34	19.52
24	10465	3.86	3.86	3.86	3.89	3.93	3.97	4.01	4.05
25	10467	2.20	2.20	2.20	2.22	2.24	2.26	2.29	2.31
26	10518	98.90	124.10	159.82	190.89	223.88	258.54	294.56	331.71
27	10519	98.94	101.72	111.68	117.21	122.61	127.98	133.34	138.74
28	10520	41.56	41.88	50.86	55.02	59.16	63.34	67.60	71.95
29	10531	50.12	45.06	54.58	56.44	58.26	60.06	61.85	63.65
30	10557	26.38	30.30	35.40	39.70	44.19	48.89	53.78	58.82
31	10608	15.06	14.56	18.04	19.36	20.67	21.99	23.32	24.68
32	10613	81.96	86.16	96.78	103.32	109.77	116.23	122.75	129.37
33	10661	68.20	72.16	76.79	80.52	84.16	87.78	91.39	95.02
34	10662	89.16	91.76	97.15	100.57	103.89	107.17	110.42	113.67
35	10667	1.87	1.87	1.87	1.89	1.91	1.93	1.94	1.96
36	10681	4.34	12.72	18.70	23.50	27.08	29.40	30.25	29.09
37	10682	8.36	4.55	8.50	8.49	8.50	8.51	8.53	8.56
38	10704	78.63	77.86	90.22	95.27	100.23	105.17	110.13	115.14
39	10705	115.97	115.97	115.97	117.12	118.28	119.44	120.60	121.76
40	10706	106.15	106.15	106.15	107.21	108.28	109.34	110.40	111.46

		Potencia Punta en kW - Caso de Estudio 2: Esperado							
Código SED		Año 2015	Año 2016	Año 2017	Año 2018	Año 2019	Año 2020	Año 2021	Año 2022
41	10762	17.23	19.99	23.70	26.87	30.21	33.73	37.40	41.20
42	10763	36.10	39.23	42.16	45.37	48.73	52.22	55.87	59.68
43	10764	33.57	39.06	51.54	60.27	69.41	79.12	89.55	100.78
44	10799	1.40	2.35	4.20	5.95	7.87	9.90	12.01	14.19
45	10824	27.46	31.31	35.42	38.64	41.72	44.72	47.67	50.60
46	10834	25.93	25.93	25.93	26.19	26.45	26.71	26.97	27.23
47	10861	21.24	19.74	26.35	28.65	30.95	33.28	35.66	38.10
48	10866	34.16	40.20	49.96	58.75	68.44	78.86	89.88	101.35
49	10869	48.09	55.87	63.94	71.21	78.58	86.14	93.99	102.17
50	10870	40.82	47.60	53.90	59.65	65.31	70.96	76.66	82.44
51	10871	53.90	54.74	57.51	59.04	60.53	61.98	63.42	64.86
52	10872	33.30	38.46	46.32	52.40	58.62	65.07	71.84	78.97
53	10882	6.93	6.93	6.93	7.00	7.07	7.14	7.21	7.28
54	10886	14.07	18.50	26.01	32.88	40.39	48.39	56.76	65.42
55	10887	38.78	44.02	50.85	56.62	62.67	69.01	75.62	82.47
56	10888	31.45	32.44	39.31	42.85	46.39	49.98	53.65	57.42
57	10903	21.58	25.35	31.43	36.90	42.93	49.43	56.29	63.43
58	10929	32.58	42.10	57.33	74.46	92.57	111.67	131.61	152.25
59	10932	16.85	21.58	25.00	28.04	30.78	33.20	35.20	36.61
60	10933	15.59	22.35	28.83	34.26	39.27	43.95	48.36	52.53
61	10935	8.40	12.74	21.40	29.86	39.24	49.25	59.72	70.53
62	10953	41.89	44.00	47.76	50.32	52.83	55.32	57.81	60.33
63	10955	12.03	14.98	18.51	21.41	24.32	27.27	30.27	33.31
64	10962	9.30	10.10	12.11	13.39	14.69	16.01	17.38	18.80
65	11041	20.79	24.50	28.42	31.47	34.35	37.13	39.85	42.51
66	11066	439.20	439.20	439.20	443.59	447.98	452.37	456.76	461.16
67	11096	9.43	9.43	9.43	9.53	9.62	9.71	9.81	9.90
68	11105	9.70	14.18	26.06	37.90	51.18	65.40	80.30	95.70
69	11133	14.19	14.19	14.19	14.34	14.48	14.62	14.76	14.90
70	11153	24.50	33.45	40.60	47.68	54.63	61.51	68.29	74.85
71	11182	14.50	14.50	14.50	14.65	14.79	14.94	15.08	15.23
72	11184	12.80	13.03	14.98	15.94	16.88	17.83	18.78	19.74
73	11185	81.89	81.89	81.89	82.71	83.53	84.34	85.16	85.98
74	11189	86.98	86.98	86.98	87.85	88.72	89.59	90.46	91.33
75	11190	13.00	13.00	13.00	13.13	13.26	13.39	13.52	13.65
76	11193	13.36	20.73	30.65	39.18	47.98	57.03	66.29	75.73
77	11199	88.43	88.43	88.43	89.32	90.20	91.09	91.97	92.86
78	11233	54.29	62.31	71.04	77.94	84.60	91.17	97.68	104.18
79	11252	0.00	0.00	3.10	3.64	4.17	4.70	5.21	5.72
80	11273	13.26	14.28	16.19	17.50	18.80	20.11	21.44	22.80
81	11274	11.88	12.40	18.79	22.21	25.82	29.69	33.86	38.39
82	11300	102.44	102.44	102.44	103.47	104.49	105.52	106.54	107.57
83	11306	56.83	62.30	71.30	77.76	84.28	90.98	97.97	105.31

Proyección de Demanda Caso de Estudio 1: Optimista de Potencia Base

Código SED	Potencia Base en kW - Caso de Estudio 3: Optimista								
	Año 2015	Año 2016	Año 2017	Año 2018	Año 2019	Año 2020	Año 2021	Año 2022	
1	10032	18.89	19.50	20.40	21.18	22.02	22.91	23.86	24.85
2	10059	37.20	39.14	41.34	43.30	45.28	47.32	49.40	51.54
3	10064	43.24	43.24	43.24	44.11	44.97	45.84	46.70	47.57
4	10104	5.53	8.67	13.67	18.92	25.25	32.84	41.91	52.74
5	10147	38.78	41.39	45.86	49.79	54.09	58.75	63.72	68.98
6	10158	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	10258	39.30	46.90	58.34	68.99	80.72	93.57	107.56	122.73
8	10260	19.07	19.66	26.42	32.24	39.01	46.44	54.40	62.86
9	10262	20.30	29.50	40.20	48.92	57.50	66.04	74.58	83.14
10	10263	12.30	14.50	18.50	21.18	23.99	26.86	29.76	32.66
11	10294	7.54	7.54	7.54	8.33	9.20	10.16	11.23	12.40
12	10295	33.04	33.04	33.04	33.70	34.36	35.02	35.69	36.35
13	10306	10.44	9.66	13.19	16.09	19.46	23.05	26.80	30.66
14	10307	3.73	6.49	10.30	14.49	19.60	25.83	33.43	42.69
15	10322	11.80	11.46	13.21	14.62	16.37	18.30	20.32	22.41
16	10323	0.14	0.14	0.14	0.14	0.15	0.15	0.15	0.16
17	10365	8.44	7.36	9.57	11.31	13.36	15.50	17.66	19.82
18	10366	20.48	18.50	21.60	23.98	27.01	30.28	33.59	36.88
19	10367	4.44	4.26	6.27	7.97	9.94	12.07	14.33	16.73
20	10402	5.24	5.90	6.70	7.43	8.20	9.00	9.85	10.74
21	10420	21.56	24.50	29.80	34.60	39.94	45.79	52.12	58.92
22	10447	0.47	0.47	0.47	0.48	0.49	0.50	0.51	0.52
23	10464	7.07	7.07	7.07	7.21	7.35	7.50	7.64	7.78
24	10465	1.46	1.46	1.46	1.49	1.52	1.55	1.58	1.61
25	10467	0.84	0.84	0.84	0.86	0.87	0.89	0.91	0.92
26	10518	35.70	42.21	56.61	69.89	85.07	102.03	120.75	141.29
27	10519	20.59	20.54	20.66	20.75	20.89	21.06	21.27	21.52
28	10520	21.56	16.19	28.50	32.77	37.67	43.31	49.79	57.25
29	10531	9.03	6.00	9.45	9.81	10.20	10.61	11.05	11.51
30	10557	5.28	6.67	8.35	9.97	11.71	13.61	15.67	17.91
31	10608	3.50	4.11	6.36	7.84	9.53	11.48	13.77	16.44
32	10613	15.46	17.50	21.14	24.43	28.09	32.08	36.41	41.04
33	10661	19.23	22.23	30.45	35.84	41.69	48.15	55.38	63.49
34	10662	28.64	28.74	38.07	43.89	50.60	58.34	67.26	77.55
35	10667	0.71	0.71	0.71	0.73	0.74	0.75	0.77	0.78
36	10681	1.05	1.60	2.27	2.97	3.77	4.69	5.75	6.98
37	10682	0.75	1.05	1.30	1.56	1.82	2.08	2.35	2.63
38	10704	9.98	11.33	16.09	20.41	25.41	31.02	37.21	44.00
39	10705	44.06	44.06	44.06	44.95	45.83	46.71	47.59	48.47
40	10706	40.33	40.33	40.33	41.14	41.95	42.75	43.56	44.37

		Potencia Base en kW - Caso de Estudio 3: Optimista							
Código SED		Año 2015	Año 2016	Año 2017	Año 2018	Año 2019	Año 2020	Año 2021	Año 2022
41	10762	3.12	3.39	3.70	4.04	4.41	4.82	5.27	5.76
42	10763	14.72	19.04	24.90	29.93	35.20	40.67	46.32	52.13
43	10764	11.44	15.60	19.88	24.17	28.75	33.69	39.05	44.91
44	10799	0.08	0.08	0.10	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19
45	10824	7.62	7.95	8.74	9.42	10.19	11.04	11.95	12.92
46	10834	9.85	9.85	9.85	10.05	10.24	10.44	10.64	10.83
47	10861	4.24	3.82	4.66	5.32	6.12	6.98	7.84	8.71
48	10866	5.70	10.30	14.53	19.34	24.79	31.03	38.22	46.54
49	10869	6.50	10.60	16.46	22.73	30.25	39.29	50.12	63.09
50	10870	11.20	7.70	13.96	18.91	24.14	29.39	34.66	39.97
51	10871	12.62	12.95	14.65	16.08	17.77	19.65	21.66	23.77
52	10872	6.67	8.47	10.92	13.27	15.87	18.74	21.90	25.38
53	10882	1.10	1.10	1.10	1.12	1.14	1.17	1.19	1.21
54	10886	2.87	2.97	4.43	5.71	7.19	8.83	10.62	12.55
55	10887	5.24	8.35	13.09	18.11	24.14	31.39	40.06	50.43
56	10888	3.99	4.72	7.01	9.13	11.61	14.42	17.57	21.09
57	10903	4.32	5.58	7.41	9.18	11.16	13.37	15.83	18.57
58	10929	7.91	8.02	11.16	14.04	16.55	18.91	21.20	23.47
59	10932	3.81	3.45	4.05	4.51	5.10	5.73	6.37	7.00
60	10933	3.73	3.45	4.48	5.31	6.30	7.35	8.44	9.55
61	10935	3.13	4.03	6.25	8.39	10.92	13.85	17.22	21.08
62	10953	8.04	11.76	15.70	18.79	21.69	24.46	27.15	29.77
63	10955	2.54	3.10	3.72	4.31	4.93	5.59	6.28	7.03
64	10962	2.63	3.56	4.98	6.38	7.98	9.80	11.87	14.21
65	11041	2.81	4.75	7.32	10.12	13.47	17.50	22.35	28.18
66	11066	166.87	166.87	166.87	170.21	173.55	176.88	180.22	183.56
67	11096	3.59	3.59	3.59	3.66	3.73	3.81	3.88	3.95
68	11105	2.89	3.59	6.09	8.49	11.35	14.70	18.59	23.08
69	11133	5.98	5.98	5.98	6.10	6.22	6.34	6.46	6.58
70	11153	4.67	6.50	9.45	12.41	15.87	19.87	24.48	29.79
71	11182	3.30	3.30	3.30	3.37	3.43	3.50	3.56	3.63
72	11184	0.18	0.20	0.33	0.45	0.59	0.75	0.93	1.13
73	11185	29.97	29.97	29.97	30.57	31.17	31.77	32.37	32.97
74	11189	33.04	33.04	33.04	33.70	34.36	35.02	35.69	36.35
75	11190	4.94	4.94	4.94	5.04	5.14	5.24	5.34	5.44
76	11193	3.98	5.24	9.42	13.55	18.57	24.57	31.69	40.13
77	11199	33.59	33.59	33.59	34.27	34.94	35.61	36.28	36.95
78	11233	7.34	11.82	18.29	25.17	33.42	43.28	55.08	69.16
79	11252	0.00	0.00	0.72	0.85	0.98	1.10	1.23	1.35
80	11273	1.67	1.80	2.23	2.58	2.97	3.40	3.86	4.33
81	11274	1.02	1.59	3.75	6.10	9.22	13.30	18.63	25.55
82	11300	38.92	38.92	38.92	39.70	40.47	41.25	42.03	42.81
83	11306	15.87	22.55	30.04	36.55	43.13	49.87	56.82	64.02

Proyección de Demanda Caso de Estudio 3: Optimista de Potencia Media

	Código SED	Potencia Media en kW - Caso de Estudio 3: Optimista							
		Año 2015	Año 2016	Año 2017	Año 2018	Año 2019	Año 2020	Año 2021	Año 2022
1	10032	34.44	34.15	35.60	36.76	38.28	40.10	42.13	44.32
2	10059	58.88	61.98	65.54	68.71	71.93	75.23	78.63	82.12
3	10064	78.53	78.53	78.53	80.10	81.67	83.24	84.81	86.38
4	10104	14.47	18.67	24.46	30.04	36.28	43.24	50.97	59.54
5	10147	58.56	68.21	80.43	91.75	103.80	116.68	130.41	145.06
6	10158	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	10258	72.20	80.90	93.76	105.39	117.98	131.53	146.02	161.44
8	10260	45.20	50.10	56.57	62.42	68.62	75.19	82.15	89.49
9	10262	35.70	38.50	48.89	57.84	68.16	79.55	91.82	104.93
10	10263	30.38	26.05	31.81	36.07	41.31	46.72	52.03	57.16
11	10294	22.50	22.50	22.50	19.95	21.77	23.83	26.03	28.31
12	10295	60.01	60.01	60.01	61.21	62.41	63.61	64.81	66.01
13	10306	28.72	22.31	30.48	36.66	43.66	50.59	57.27	63.68
14	10307	9.75	13.97	18.43	22.18	26.70	32.14	38.69	46.57
15	10322	29.07	26.37	32.92	38.11	44.35	51.00	57.78	64.60
16	10323	0.26	0.26	0.26	0.27	0.27	0.28	0.28	0.29
17	10365	20.01	17.00	22.11	26.08	30.75	35.58	40.38	45.13
18	10366	44.84	33.84	46.10	55.26	65.55	75.54	84.97	93.85
19	10367	8.90	9.65	13.69	17.28	21.44	26.07	31.12	36.61
20	10402	13.70	16.43	19.41	22.23	25.16	28.24	31.49	34.93
21	10420	47.90	53.60	59.39	64.72	70.07	75.47	80.98	86.62
22	10447	0.85	0.85	0.85	0.87	0.88	0.90	0.92	0.93
23	10464	12.83	12.83	12.83	13.09	13.34	13.60	13.86	14.11
24	10465	2.66	2.66	2.66	2.71	2.76	2.82	2.87	2.92
25	10467	1.52	1.52	1.52	1.55	1.58	1.61	1.64	1.67
26	10518	67.32	75.40	90.98	104.96	120.60	137.72	156.22	176.03
27	10519	54.60	54.35	56.83	58.83	61.40	64.43	67.81	71.44
28	10520	33.24	39.55	46.16	51.29	56.13	60.77	65.27	69.68
29	10531	20.01	13.73	21.35	27.10	33.16	38.94	44.40	49.61
30	10557	12.77	14.20	16.51	18.58	20.86	23.32	25.95	28.76
31	10608	7.51	7.92	9.84	11.26	12.89	14.76	16.89	19.33
32	10613	36.50	37.20	40.71	43.65	47.14	51.04	55.26	59.72
33	10661	46.08	48.78	51.93	54.73	57.59	60.54	63.59	66.73
34	10662	50.41	54.60	58.88	62.77	66.63	70.51	74.43	78.41
35	10667	1.29	1.29	1.29	1.32	1.34	1.37	1.39	1.42
36	10681	2.30	4.18	6.13	8.34	10.92	13.97	17.59	21.90
37	10682	2.34	2.70	3.76	4.73	5.84	7.10	8.48	10.00
38	10704	31.24	38.64	46.50	54.04	61.91	70.21	79.01	88.37
39	10705	80.01	80.01	80.01	81.61	83.21	84.81	86.41	88.01
40	10706	73.24	73.24	73.24	74.71	76.17	77.64	79.10	80.57

		Potencia Media en kW - Caso de Estudio 3: Optimista							
Código SED		Año 2015	Año 2016	Año 2017	Año 2018	Año 2019	Año 2020	Año 2021	Año 2022
41	10762	8.14	9.30	10.73	12.05	13.44	14.91	16.47	18.11
42	10763	19.10	20.40	24.67	29.00	34.24	40.16	46.57	53.33
43	10764	24.83	31.32	38.14	44.74	51.66	58.97	66.76	75.09
44	10799	0.10	0.13	0.26	0.39	0.55	0.74	0.98	1.26
45	10824	20.20	22.01	24.03	25.86	27.73	29.65	31.63	33.67
46	10834	17.89	17.89	17.89	18.25	18.61	18.97	19.32	19.68
47	10861	10.16	9.13	11.37	13.17	15.34	17.63	19.95	22.28
48	10866	15.40	20.76	26.37	31.96	37.93	44.37	51.37	58.99
49	10869	16.99	22.82	29.46	36.04	43.19	51.02	59.63	69.13
50	10870	31.38	27.47	34.89	40.69	47.62	54.87	62.17	69.43
51	10871	26.98	27.13	29.97	32.32	35.16	38.36	41.81	45.42
52	10872	18.54	19.19	21.60	23.66	26.04	28.68	31.52	34.51
53	10882	4.78	4.78	4.78	4.88	4.97	5.07	5.16	5.26
54	10886	5.76	6.72	9.68	12.73	16.41	20.72	25.73	31.49
55	10887	13.70	17.98	23.43	28.75	34.62	41.11	48.29	56.24
56	10888	11.98	16.00	20.26	24.49	29.00	33.86	39.15	44.91
57	10903	10.45	12.65	14.66	16.59	18.51	20.44	22.39	24.38
58	10929	17.02	20.78	26.44	31.76	37.66	44.17	51.30	59.09
59	10932	7.68	8.12	8.94	10.04	11.19	12.39	13.66	14.98
60	10933	7.09	8.86	10.80	12.67	14.63	16.73	18.97	21.37
61	10935	6.32	8.31	11.63	14.85	18.55	22.76	27.51	32.87
62	10953	20.18	22.10	24.32	26.33	28.40	30.54	32.76	35.07
63	10955	5.05	6.68	8.32	9.94	11.64	13.44	15.37	17.45
64	10962	7.10	8.00	9.40	10.67	12.05	13.55	15.16	16.87
65	11041	7.34	10.01	13.09	16.17	19.54	23.26	27.37	31.94
66	11066	303.02	303.02	303.02	309.08	315.14	321.21	327.27	333.33
67	11096	6.51	6.51	6.51	6.64	6.77	6.90	7.03	7.16
68	11105	5.84	7.40	11.33	15.09	19.51	24.62	30.45	37.08
69	11133	10.88	10.88	10.88	11.10	11.32	11.54	11.75	11.97
70	11153	9.88	15.01	20.17	25.59	31.54	38.15	45.54	53.84
71	11182	6.00	6.00	6.00	6.12	6.24	6.36	6.48	6.60
72	11184	2.54	2.78	3.33	3.95	4.63	5.37	6.16	7.00
73	11185	54.43	54.43	54.43	55.52	56.61	57.69	58.78	59.87
74	11189	60.00	60.00	60.00	61.20	62.40	63.60	64.80	66.00
75	11190	8.97	8.97	8.97	9.15	9.33	9.51	9.69	9.87
76	11193	8.04	10.81	17.52	23.51	30.47	38.57	47.98	58.90
77	11199	61.01	61.01	61.01	62.23	63.45	64.67	65.89	67.11
78	11233	19.18	25.45	32.73	39.91	47.70	56.24	65.63	75.97
79	11252	0.00	0.00	1.54	1.86	2.20	2.56	2.92	3.29
80	11273	4.20	4.46	5.30	6.00	6.81	7.69	8.63	9.62
81	11274	3.76	4.06	8.86	13.41	18.91	25.42	33.12	42.20
82	11300	70.68	70.68	70.68	72.09	73.51	74.92	76.33	77.75
83	11306	33.12	38.17	43.52	51.29	59.91	69.26	79.29	90.01

Proyección de Demanda Caso de Estudio 3: Optimista de Potencia Punta

	Código SED	Potencia Punta en kW - Caso de Estudio 3: Optimista							
		Año 2015	Año 2016	Año 2017	Año 2018	Año 2019	Año 2020	Año 2021	Año 2022
1	10032	71.01	66.60	78.71	88.33	100.20	113.14	126.51	140.06
2	10059	95.00	98.00	102.00	105.49	109.15	113.00	117.04	121.26
3	10064	113.83	113.83	113.83	116.10	118.38	120.66	122.93	125.21
4	10104	40.95	45.71	53.09	59.74	66.99	74.81	83.20	92.12
5	10147	109.50	117.77	133.60	147.52	162.98	179.82	197.88	217.02
6	10158	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	10258	106.14	129.68	164.70	197.66	234.15	274.33	318.36	366.46
8	10260	84.88	84.76	96.14	105.53	116.90	129.58	143.10	157.16
9	10262	80.10	85.54	91.05	96.03	100.94	105.85	110.77	115.74
10	10263	57.34	56.81	58.40	59.65	61.37	63.48	65.91	68.57
11	10294	47.77	47.77	47.77	59.90	77.12	94.39	111.79	129.44
12	10295	86.98	86.98	86.98	88.72	90.46	92.20	93.94	95.68
13	10306	31.46	41.99	55.90	69.57	84.81	101.83	120.84	142.05
14	10307	27.61	34.20	40.01	45.65	51.24	56.83	62.46	68.14
15	10322	41.96	37.30	48.09	56.63	66.76	77.42	88.25	99.14
16	10323	0.38	0.38	0.38	0.39	0.40	0.40	0.41	0.42
17	10365	31.80	40.00	50.69	60.92	72.12	84.37	97.79	112.47
18	10366	66.83	72.72	83.49	93.03	103.58	115.07	127.39	140.46
19	10367	21.74	26.56	36.79	46.39	57.41	69.83	83.69	99.08
20	10402	18.84	21.85	27.86	37.23	46.93	57.09	67.83	79.25
21	10420	83.55	95.40	103.94	112.11	119.39	125.78	131.20	135.46
22	10447	1.23	1.23	1.23	1.25	1.28	1.30	1.33	1.35
23	10464	18.59	18.59	18.59	18.97	19.34	19.71	20.08	20.45
24	10465	3.86	3.86	3.86	3.93	4.01	4.09	4.16	4.24
25	10467	2.20	2.20	2.20	2.24	2.29	2.33	2.37	2.42
26	10518	98.90	124.10	159.82	193.89	231.63	273.32	319.24	369.70
27	10519	98.94	101.72	111.68	120.11	129.93	140.88	152.69	165.16
28	10520	41.56	41.88	50.86	58.39	67.29	77.06	87.42	98.23
29	10531	50.12	45.06	54.58	62.00	71.12	80.83	90.68	100.49
30	10557	26.38	30.30	35.40	40.09	45.08	50.41	56.10	62.14
31	10608	15.06	14.56	18.04	20.90	24.30	28.00	31.86	35.85
32	10613	81.96	86.16	96.78	105.94	116.36	127.83	140.15	153.18
33	10661	68.20	72.16	76.79	80.91	85.13	89.48	93.96	98.60
34	10662	89.16	91.76	97.15	101.76	106.94	112.63	118.79	125.34
35	10667	1.87	1.87	1.87	1.91	1.94	1.98	2.02	2.06
36	10681	4.34	12.72	18.70	24.11	28.98	33.45	37.63	41.56
37	10682	8.36	4.55	8.50	11.42	14.18	16.63	18.83	20.84
38	10704	78.63	77.86	90.22	100.38	112.67	126.29	140.70	155.62
39	10705	115.97	115.97	115.97	118.28	120.60	122.92	125.24	127.56
40	10706	106.15	106.15	106.15	108.28	110.40	112.52	114.64	116.77

		Potencia Punta en kW - Caso de Estudio 3: Optimista							
Código SED		Año 2015	Año 2016	Año 2017	Año 2018	Año 2019	Año 2020	Año 2021	Año 2022
41	10762	17.23	19.99	23.70	27.12	30.80	34.75	38.99	43.52
42	10763	36.10	39.23	42.16	45.56	49.24	53.21	57.51	62.15
43	10764	33.57	39.06	51.54	62.95	75.98	90.47	106.39	123.77
44	10799	1.40	2.35	4.20	6.21	8.74	11.92	15.87	20.80
45	10824	27.46	31.31	35.42	39.23	43.12	47.13	51.28	55.58
46	10834	25.93	25.93	25.93	26.45	26.97	27.49	28.01	28.53
47	10861	21.24	19.74	26.35	31.76	38.08	44.84	51.86	59.09
48	10866	34.16	40.20	49.96	58.97	68.95	79.91	91.83	104.74
49	10869	48.09	55.87	63.94	71.48	79.16	87.05	95.23	103.72
50	10870	40.82	47.60	53.90	59.85	65.72	71.59	77.49	83.45
51	10871	53.90	54.74	57.51	59.83	62.56	65.63	69.00	72.61
52	10872	33.30	38.46	46.32	53.52	61.40	69.96	79.20	89.13
53	10882	6.93	6.93	6.93	7.07	7.21	7.35	7.48	7.62
54	10886	14.07	18.50	26.01	33.30	41.68	51.22	62.02	74.20
55	10887	38.78	44.02	50.85	57.09	63.74	70.81	78.33	86.30
56	10888	31.45	32.44	39.31	45.15	51.99	59.52	67.54	75.98
57	10903	21.58	25.35	31.43	37.04	43.25	50.06	57.46	65.48
58	10929	32.58	42.10	57.33	73.72	92.02	112.54	135.50	161.15
59	10932	16.85	21.58	25.00	27.99	30.75	33.27	35.47	37.23
60	10933	15.59	22.35	28.83	35.49	42.58	50.22	58.52	67.57
61	10935	8.40	12.74	21.40	30.50	41.66	55.20	71.52	91.14
62	10953	41.89	44.00	47.76	51.03	54.63	58.54	62.72	67.14
63	10955	12.03	14.98	18.51	21.89	25.51	29.42	33.65	38.23
64	10962	9.30	10.10	12.11	13.88	15.89	18.09	20.47	23.00
65	11041	20.79	24.50	28.42	32.10	35.88	39.80	43.89	48.17
66	11066	439.20	439.20	439.20	447.98	456.76	465.55	474.33	483.12
67	11096	9.43	9.43	9.43	9.62	9.81	10.00	10.19	10.38
68	11105	9.70	14.18	26.06	38.28	53.47	72.09	94.79	122.39
69	11133	14.19	14.19	14.19	14.48	14.76	15.05	15.33	15.61
70	11153	24.50	33.45	40.60	47.90	55.11	62.27	69.34	76.25
71	11182	14.50	14.50	14.50	14.79	15.08	15.37	15.66	15.95
72	11184	12.80	13.03	14.98	16.62	18.55	20.70	23.00	25.40
73	11185	81.89	81.89	81.89	83.53	85.16	86.80	88.44	90.08
74	11189	86.98	86.98	86.98	88.72	90.46	92.20	93.94	95.68
75	11190	13.00	13.00	13.00	13.26	13.52	13.78	14.04	14.30
76	11193	13.36	20.73	30.65	41.05	53.22	67.50	84.26	103.90
77	11199	88.43	88.43	88.43	90.20	91.97	93.74	95.51	97.28
78	11233	54.29	62.31	71.04	79.14	87.46	96.09	105.07	114.45
79	11252	0.00	0.00	3.10	3.66	4.21	4.75	5.29	5.82
80	11273	13.26	14.28	16.19	17.87	19.73	21.76	23.94	26.24
81	11274	11.88	12.40	18.79	24.42	30.96	38.22	46.15	54.78
82	11300	102.44	102.44	102.44	104.49	106.54	108.59	110.64	112.69
83	11306	56.83	62.30	71.30	79.49	88.46	98.16	108.58	119.75

ANEXO I

Equipamiento y detalle técnico del Nissan

Leaf 2018

Combinaciones eléctricas

Elige el color perfecto para tu nuevo Nissan LEAF®; deja que tu estilo y su innovación se complementen.

BITONO



BLANCO SATINADO



PLATA



AZUL COBALTO



ROJO BURDEOS

Imágenes de uso ilustrativo.
Combinaciones disponibles en exterior. Consulta con tu Distribuidor Autorizado Nissan.

NISSAN LEAF®

EQUIPAMIENTO	S (40KW)	SL (40KW)	SL BITONO (40KW)
Interior			
Pantalla digital de 5"	•	•	•
Radio AM/FM/USB/AUX/Manos libres por Bluetooth*	•	•	•
4 Bocinas	•	•	•
6 Bocinas	-	•	•
Volante calefactable de 3 brazos forrado con piel	-	•	•
Volante con ajuste de altura manual	•	•	•
Cristales eléctricos tintados (de un solo toque para el conductor)	•	•	•
Visera del conductor y pasajero con espejo, iluminación y extensiones	•	•	•
Portales en consola superior	•	•	•
Cuantera con seguro e iluminación	•	•	•
Asiento del conductor de 6 posiciones con ajuste manual	•	•	•
Asiento del conductor de 8 posiciones con ajuste eléctrico	-	•	•
Asiento del copiloto 4 posiciones con ajuste manual	•	•	•
Asientos forrados con piel	-	•	•
Asientos delanteros calefactables	-	•	•
Espejo retrovisor antideslumbrante automático	-	•	•
Faros de halógeno	•	•	•
Faros de LED	-	•	•
Exterior			
Antena de techo en forma de aleta de tiburón	•	•	•

EQUIPAMIENTO	S (40KW)	SL (40KW)	SL BITONO (40KW)
Confort y tecnología			
Portavasos (2) y portabotellas (2)	•	•	•
Control de Velocidad Crucero (ASCD)	•	-	-
Control Crucero Inteligente (ICC)	-	•	•
Volante con controles de audio, reconocimiento de voz, Velocidad Crucero y manos libres	•	-	-
Volante con controles de audio, manos libres, reconocimiento de voz y Control Crucero Inteligente	-	•	•
Aire acondicionado automático	•	•	•
Ducto de calefacción trasero	-	•	•
Selector de cambios electrónico tipo Joystick	•	•	•
e-Pedal con función de regeneración de frenado	•	•	•
Llave inteligente con función de apertura de puerto de carga y alarma de pánico	•	•	•
Botón de encendido iluminado	•	•	•
HomeLink*	-	•	•
Termómetro exterior	•	•	•
Iluminación en la cajuela	•	•	•
Panel de instrumentos análogo y pantalla de 7"	•	•	•
Desempañador trasero con temporizador	•	•	•
Seguridad activa y pasiva			
Seguros eléctricos con cierre automático sensible a la velocidad	•	•	•
Sistema de sonido vehicular para transeúntes	•	•	•

ESEPECIFICACIONES	S (40KW)	SL (40KW)	SL BITONO (40KW)
Motor			
Eléctrico	Motor síncrono de corriente alterna		
Potencia máxima de motor	147 hp (110 kW) @ 3,283-9795 rpm		
Torque	236 ft-lbs (320 Nm) @ 0-3,283 rpm		
Mecánico eléctrico			
Tipo de batería	Batería ion-litio laminada		
Tamaño de batería			
Capacidad	40 kW		
Dirección			
Electro-asistida	•		
Frenos			
Frenos delanteros	Discos ventilados		
Frenos traseros	Discos		
Sistemas ABS, BA, EBD	•		
Suspensión			
Suspensión delantera	Independiente tipo Mc Pherson con barra estabilizadora		
Suspensión trasera	Barra de torsión con barra estabilizadora		
Dimensiones (mm)			
Largo total	4,480		
Distancia entre ejes	2,700		
Altura total	1,560	1,565	1,565
Ancho total	1,790		
Rines			
Acero 16" + tapones	•		
Aluminio 17"	-		
Lantas			
205/55 R16 Verano	•		
215/50 R17 Verano	-		
Peso (kg)			
Peso vehicular	1,556	1,582	1,582

• Aplica - No aplica

Techo y antena en color negro	-	-	-	-	-
Spoiler trasero	•	•	•	•	•
Moldura de las ventanas en negro mate	•	-	-	-	-
Moldura de las ventanas en negro brillante	-	•	•	•	•
Manijas cromadas	•	•	•	•	•
Puerto de carga con iluminación y apertura/cierre con llave inteligente	•	•	•	•	•
Precableado para faros de niebla	•	-	-	-	-
Faros de niebla	-	•	•	•	•
Luces de circulación diurna (Daytime running light)	-	•	•	•	•
Espesjes del color de la carrocería, abatibles manualmente y con ajuste eléctrico	•	-	-	-	-
Espesjes calefactables del color de la carrocería, abatibles manualmente, con ajuste eléctrico y con luces intermitentes	-	•	•	•	•
Espesjes calefactables en color negro, abatibles manualmente y con ajuste eléctrico y luces intermitentes	-	-	-	-	-
Faros delanteros con encendido/apagado automático y temporizador	•	•	•	•	•
Limpaparabrisas trasero con función intermitente	•	•	•	•	•
Limpaparabrisas delantero con función intermitente ajustable y función de niebla	•	•	•	•	•
Sistema Antivolcadura (Intelligent Trace Control)	•	•	•	•	•
Bolsas de aire frontales, laterales y de tipo cortina	•	•	•	•	•
Cinturones de seguridad delanteros de 3 puntos con pretensores, limitador de carga y ajuste de altura	•	•	•	•	•
Cinturones de seguridad traseros de 3 puntos	•	•	•	•	•
Sistema de anclaje para silla de bebé (ISO-FIX)	•	•	•	•	•
Alarma antirrobo e inmovilizador	•	•	•	•	•
Asistente de Ascenso en Pendientes (HSA)	•	•	•	•	•
Alarma de recordatorio de cinturones de seguridad	•	•	•	•	•
Cámara de Visión Trasera (RVM)	•	-	-	-	-
Monitor Inteligente de Visión Periférica (AVM) con Detección de Objetos en Movimiento (MOD)	-	•	•	•	•
Monitor Inteligente de Alerta al Conductor (DAA)	-	•	•	•	•
Frenado Inteligente de Emergencia (FEB)	•	•	•	•	•
Alerta Inteligente de Punto Ciego (BSW)	-	•	•	•	•
Alerta Inteligente de Tráfico Cruzado (CTA)	-	•	•	•	•
Control Dinámico Vehicular (VDC)	•	•	•	•	•



Nissan Mexicana, S.A. de C.V. se reserva el derecho de efectuar cualquier modificación sin previo aviso con respecto a colores, equipos o especificaciones detalladas en este folleto o discontinuar la producción de un modelo determinado. Los colores de los vehículos entregados podrán diferir ligeramente de los que figuran en este folleto. Las versiones aquí mostradas son las únicas aprobadas y certificadas por Nissan Mexicana, S.A. de C.V. para este modelo, conforme a las condiciones y requerimientos del mercado. Los accesorios mostrados en este catálogo se venden por separado. Consulta nivel de equipamiento y disponibilidad por versión con tu Distribuidor Autorizado Nissan.

ANEXO J

Comportamiento del motor del VE respecto al VCI

En la figura siguiente podemos ver las curvas típicas de un motor eléctrico y de un motor de combustión interna de 1600 cm³. Hemos comparado dos motores de Nissan de 109 CV de potencia. La potencia máxima es la misma, pero en realidad el motor eléctrico es más potente en casi todas las circunstancias: hasta 1000 rpm ofrece más del triple de potencia, hasta 2000 rpm más del doble y aunque las curvas se van acercando hacia las 6000 rpm, el motor de combustión interna corta a 6500 rpm y el del Leaf aún ofrece su potencia máxima hasta 9800 rpm y gira hasta las 10400 rpm. Por eso cuando la gente prueba un coche eléctrico por primera vez, se sorprende por la sensación de potencia a velocidades bajas o medias. No es una sensación, es real. Son mucho más potentes que un vehículo de combustión interna equivalente en esas condiciones.

Otro factor diferenciador importante es que el motor de combustión interna es incapaz de girar por debajo del régimen de ralentí (número de revoluciones por minuto que debe tener el motor de un automóvil u otro vehículo cuando no está acelerando) con un valor de 700 rpm, el giro se vuelve inestable y obtiene su par máximo a los 3600 rpm. En cambio el eléctrico es capaz de girar igual de equilibrado y con la misma fuerza (par) a 20 rpm que a 2000 rpm. Y desde 0 rpm dispone ya del par máximo. Y como para el inicio de la marcha lo importante es el par y no la potencia.

