

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**PROPUESTA PARA DETERMINAR LA TARIFA
DESTINADA A VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN EL
SISTEMA REGULATORIO PERUANO**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE ELECTRICISTA

ELABORADO POR:

FLORA GARCIA CHUQUIPOMA

ASESOR

ING. LEONCIO JULIO SALVADOR JÁCOME

LIMA-PERÚ

2017

**PROPUESTA PARA DETERMINAR LA TARIFA
DESTINADA A VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN EL
SISTEMA REGULATORIO PERUANO**

Dedicado a mis padres, María Isabel y Víctor, al Ing. Joel Mendoza Calderón por su apoyo y a una persona muy especial Héctor Espejo Canteño quien me motivo a perseverar.

SUMARIO

El presente informe se enfoca en proponer una tarifa para la recarga del vehículo eléctrico, considerando el modelo tarifario existente. Previo a describir la nueva propuesta tarifaria, se realiza un análisis a las opciones tarifarias actuales en el Perú y a las tarifas en los países que aplican discriminación horaria para su cálculo tarifario. Asimismo se hace mención del estado actual de las ventas del vehículo eléctrico a nivel mundial, mostrando que su adquisición es cada vez es mayor, ofreciéndose incentivos a quienes lo adquieran.

ÍNDICE

SUMARIO	V
PRÓLOGO	1
CAPITULO I	2
INTRODUCCIÓN	2
CAPITULO II	3
GENERALIDADES	3
2.1 Objetivo	3
2.2 Alcances	3
2.3 Limitaciones.....	3
CAPITULO III	8
ANÁLISIS DEL SISTEMA TARIFARIO APLICABLE A LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN PAÍSES QUE CUENTAN CON SUMINISTRO ELÉCTRICO VEHICULAR	8
3.1 Modelo tarifario en diferentes países.....	8
3.1.1 Modelo Tarifario en España	8
3.1.2 Modelo tarifario en Brasil.....	9
3.1.3 Modelo Tarifario en Guatemala	10
3.1.4 Modelo Tarifario en Costa Rica.	11
3.1.5 Modelo tarifario en Argentina.	12
3.2 Visión respecto al vehículo eléctrico en el mundo.	12
3.2.1 Mercado del vehículo eléctrico en Europa.....	12
3.2.2 Visión del Vehículo Eléctrico a nivel mundial.....	15
3.2.3 Proyectos destacados sobre vehículos eléctricos en el mundo.	16
CAPITULO IV	19
ANALISIS DEL SISTEMA TARIFARIO NACIONAL Y OPCIONES PARA SU IMPLEMENTACIÓN	19
4.1 Etapas a seguir para la provisión de electricidad al Usuarios Finales.....	19
4.2 Calculo de la Tarifa de Generación	20
4.3 Calculo de las Tarifas de Transmisión (Parámetros)	22
4.4 Calculo de la tarifa de Distribución (Parámetros).....	23
4.4.1 Valores agregados de distribución ponderados.....	24
4.4.2 Parámetros que intervienen en el traslado de distribución	24
4.4.4 Resumen de las opciones tarifarias en media tensión (MT) y baja tensión (BT).28	
4.4.5 Opciones Tarifarias y cálculo de cargos Tarifarios	30
4.5 Descripción general, autonomía y modo de recarga del vehículo eléctrico.....	32
4.5.1 Descripción de los componentes principales de un vehículo eléctrico.....	33
4.5.2 Tipos de Baterías	33

4.5.3	Modo de recarga del vehículo eléctrico y autonomía.....	34
4.5.5	Impacto económico a los usuarios con el ingreso del vehículo eléctrico al mercado.....	34
4.5.6.	Impacto a la red eléctrica peruana por ingreso del vehículo eléctrico al SEIN....	36
4.6	Necesidad de crear una tarifa para el vehículo eléctrico.	37
4.7	Opciones para la implementación de la tarifa aplicada al vehículo eléctrico.....	39
CAPITULO V.....		41
EVALUACIÓN DE ALTERNATIVA TARIFARIA PARA SU USO EN VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.....		41
5.1.1	Infraestructuras de Recarga.....	41
5.1.2	Conexiones.....	41
5.1.3	Esquemas de medida.....	41
5.1.4	Roles.....	42
5.1.5	Recarga rápida	42
5.1.6	Gestión de la demanda	43
5.2	Impacto generado por la creación de la tarifa horaria en el Perú.....	43
5.2.1	Los vehículos eléctricos como nuevos consumidores – Proyección 2030	43
5.2.2	Mejora de la eficiencia del sistema traslado de carga en la curva de la demanda.....	45
CAPITULO VI.....		47
RESULTADOS DE EVALUACIÓN Y PROPUESTAS		47
6.1	Evaluación	47
6.2	Creación de la tarifa Tri- horaria en MT y BT para el mercado eléctrico peruano.....	48
6.2.1	Cargos para facturación:.....	48
6.2.2	Cálculo de los cargos tarifarios	49
6.3	Condiciones específicas de aplicación	49
6.3.1	Facturación de la Energía Activa.....	49
6.3.2	Facturación del cargo por potencia activa de generación.....	49
6.3.3	Facturación del cargo por potencia por uso de las redes de distribución.....	50
6.3.4	Facturación de Potencia en horas de Punta.....	50
6.3.5	Facturación por exceso de Potencia Activa.....	50
6.4	Cálculo de los factores de los cargos tarifarios de energía y potencia.....	50
6.5	Expansión de Tarifas	51
6.5.1	Sistema Tarifario actual.....	51
6.5.2	Sistema Tarifario Propuesto.....	52
6.8	Propuesta normativa de tarifa tri horaria	53
6.7	Definición de horas de punta, intermedia y valle	54
6.7.1	Discriminación horaria propuesta	54
6.7.2	Grafica de discriminación horaria actual y propuesta.	55
6.8	Calculo de precios de potencia y energía para la tarifa BT2H y MT2H.....	56
6.9	Aplicación práctica de las nuevas opciones tarifas.....	59
CAPITULO VII.....		65
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		65
7.1 Conclusiones		65
7.1.1	Introducción de las opciones tarifarias propuestas al marco regulatorio.....	65
7.1.2	Las condiciones para optar por una tarifa BT2H o MT2H	65

7.1.3	Motivos por el cual se debe introducir al marco regulatorio una tarifa aplicada al vehículo eléctrico	66
7.1.4	Impacto en los usuarios la introducción de las opciones tarifarias propuestas ...	66
7.1.5	Visión del vehículo eléctrico en el Perú a mediano y largo plazo.....	67
7.2	Recomendaciones	68
7.2.1	Recomendaciones a corto plazo (1 año)	68
7.2.3	Recomendaciones a largo plazo (10 años)	69
	GLOSARIO DE TÉRMINOS	70
	BIBLIOGRAFÍA.....	71

PRÓLOGO

En el presente trabajo se realiza una comparación entre las tarifas eléctricas aplicadas en otros países que cuentan con discriminación horaria (tres bloques horarios) y las tarifas actuales del marco regulatorio peruano con la finalidad de proponer una tarifa aplicada al vehículo eléctrico. Para el desarrollo del presente trabajo se expuso el estado del mercado eléctrico a nivel mundial mencionando proyectos e incentivos aplicados por países Europeos para la inclusión del vehículo eléctrico a la sociedad.

El trabajo realizado se ha estructurado en 7 capítulos, siendo los siguientes:

En el capítulo I, se cita la introducción, en la cual se exponen el resumen de todo el trabajo.

En el capítulo II, se detalla el objetivo, alcances y limitaciones.

En el capítulo III, se detalla las tarifas aplicadas en los países que cuentan con discriminación horaria.

En el capítulo IV, se describen las opciones tarifarias existentes en el marco regulatorio actual y opciones para la implementación de una tarifa aplicada al vehículo eléctrico.

En el capítulo V, se realiza una evaluación de la alternativa tarifaria propuesta para el uso del vehículo eléctrico, realizando una comparación entre las opciones tarifarias aplicadas en el marco regulatorio peruano para definir la opción tarifaria a modificar y adecuarla para la utilización del vehículo eléctrico.

En el capítulo VI, se muestran los resultados de la evaluación y propuesta de la opción tarifaria aplicada al vehículo eléctrico.

En el capítulo VII, se describen las conclusiones y recomendaciones del trabajo realizado.

CAPITULO I INTRODUCCIÓN

Actualmente en el Perú todavía no se ha masificado la utilización del Vehículo Eléctrico (VE), los países que cuentan con vehículo eléctrico son: Brasil, Chile, España, China, Noruega entre otros; sin embargo algunas empresas de Distribución de Energía Eléctrica como Enel (Ex – Edelnor) cuenta con un modelo de Vehículo Eléctrico que es el Mitsubishi i-miEV, pero aún no se ha propuesto una tarifa aplicada para la utilización del mismo.

Los vehículos eléctricos representan cargas adicionales a la red eléctrica, las opciones tarifarias actuales contemplan dos bloques horarios: hora punta de 6:00 pm a 11:00 pm donde la curva de demanda es mayor y horas fuera de punta (el resto de horas) donde la curva de demanda disminuye, siendo las horas de madrugada donde la demanda llega a su menor valor. La propuesta en el presente trabajo es incluir un nuevo bloque horario en “hora de madrugada” (de 00:00 horas hasta las 6:00 am), en donde la tarifa sea de menor precio y dirigida para la recarga de los vehículos eléctricos, ello incentivaría al usuario a cargar su vehículo en horas de madrugada, de esta manera no aumentaría la curva de demanda y no sería necesario modificar la red eléctrica por un aumento de carga.

La aplicación de un tercer bloque horario no es nuevo, es una opción aplicada en otros países no solo en Europa sino también en Latinoamérica como Brasil, Argentina, Costa Rica, cuya finalidad no es exclusivamente para la recarga del vehículo eléctrico sino por elección del usuario, con el fin de homogeneizar la curva de demanda de energía y evitar sobre cargas.

La venta del vehículo eléctrico se ha venido incrementando en Europa e iniciándose en Latinoamérica y la tendencia de crecimiento y desarrollo se seguirán dando en los próximos años. Para el ingreso de los vehículos eléctricos al mercado es necesario adecuar un marco regulatorio en cuando a su consumo eléctrico, es decir estructurar la tarifaria vigente y contemplar nuevos mecanismos para que la sociedad se vea beneficiada con este tipo de carga ya que el vehículo eléctrico deberá consumir electricidad en horas de madrugada. De crearse a futuro una nueva tarifa aplicada al vehículo eléctrico esta deberá ser beneficiosa para los usuarios, debido a que sus recargas serían en horarios establecidos y a un bajo costo.

CAPITULO II GENERALIDADES

2.1 Objetivo

El objetivo del presente informe es analizar el marco tarifario nacional actual y proponer una tarifa para el suministro de electricidad a los vehículos eléctricos, que sea beneficiosa tanto para los usuarios de vehículo eléctrico y para los suministradores de energía.

2.2 Alcances

Realizar un análisis a las opciones tarifarias existentes en el marco regulatorio peruano y sobre la base de él proponer una tarifa para vehículo eléctrico.

El análisis se realizará considerando metodologías de comparación de opciones tarifarias que se viene aplicando en los países que ya tienen implementado tarifas para el suministro de energía eléctrica al vehículo eléctrico y cuentan con discriminación horaria para su facturación.

2.3 Limitaciones

En el Perú aún no se masifica el uso y la adquisición de los vehículos eléctricos que no es materia del presente informe. Sin embargo, se menciona que actualmente el Ministerio de Energía Minas (MINEM) no considera como prioridad proponer una norma que regule el consumo de energía aplicado a vehículo eléctrico “por ahora”, porque su prioridad es la masificación del gas de Camisea, para uso doméstico, industrial y vehicular, orientado al cambio de matriz energética, cambiando el uso del petróleo por el gas natural, desde su descubrimiento entre el año 1983 y 1987¹, se han desarrollado importantes proyectos como el Gaseoducto de Camisea hasta la planta de conversión en Melchorita, y el nuevo proyecto de Gaseoducto del Sur, aunque paralizado, no deja de ser importante para el desarrollo de los últimos gobiernos por depender más del gas que es un recurso nuestro, que importar petróleo.

El gas natural es la tercera fuente de energía a nivel mundial, si bien en el Perú recientemente se ha está masificando su utilización, en otros países se viene utilizando muchos años atrás y cuentan con mucha mayor cantidad de reservas de gas natural que

¹ Red de transporte y distribución del gas natural en Lima y Callao
(<http://www2.osinerg.gob.pe/Pagina%20Osinergmin/Gas%20Natural/Contenido/Redes001.html>)

Perú. La mayor parte de las reservas probadas de gas natural (GN) en el mundo se encuentra en el Medio Oriente (43%) la segunda región con mayor cantidad de reservas es Europa y Eurasia (31%) esto se debe a la presencia de dos países con altos volúmenes de reservas: Rusia (1,104 TCF) y Turkmenistán (617 TCF), la tercera región es Asia Pacífico (8%), la cuarta región es África, la quinta región es Norteamérica (6%). Latinoamérica (incluido Centroamérica) tiene 4% de las reservas probadas de GN en el mundo. Venezuela posee el mayor volumen (197 TCF), muy superior al del resto de países de esta región².

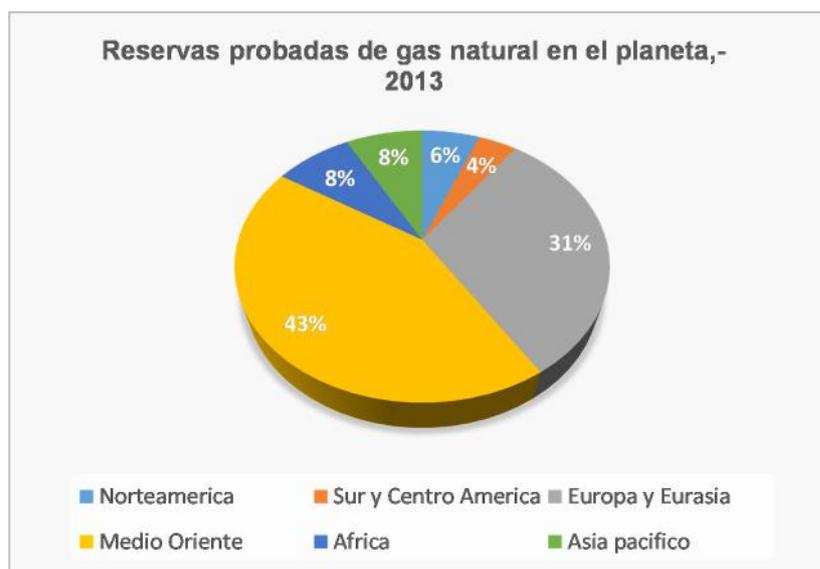


Fig. 1.1: Reservas de gas natural en el mundo
(Fuente: BP Statistical Review of World.
Elaboración: OEE-Osinergmin).

En esa línea, se considera como ejemplo Europa donde el recurso del gas es limitado en algunas regiones, han cambiado su matriz energética del petróleo por energías limpias, si no se hacen nuevos descubrimientos el gobierno se verá obligada a modificar su matriz energética, cambiando el recurso de uso del gas o petróleo por electricidad, ya que se dispone de abundantes recursos.

² Libro Industria del Gas Natural en el Perú – Osinergmin .Publicado en febrero del 2017.

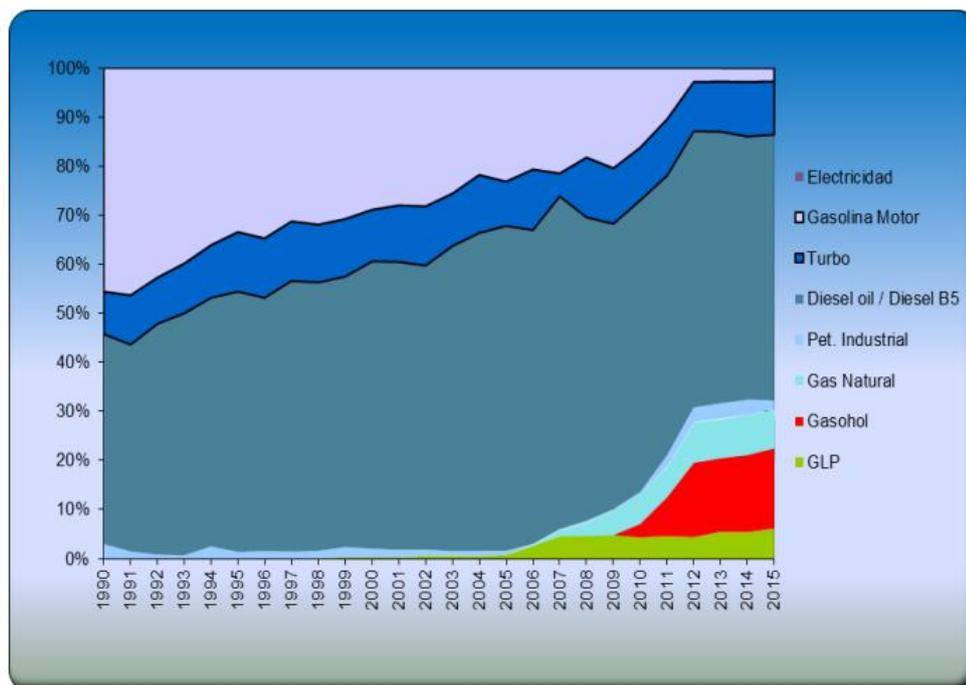


Fig. 1.2: Matriz energética del 1990 al 2015³
(Fuente: Balance Nacional de energía 2015, www.minem.gob.pe)

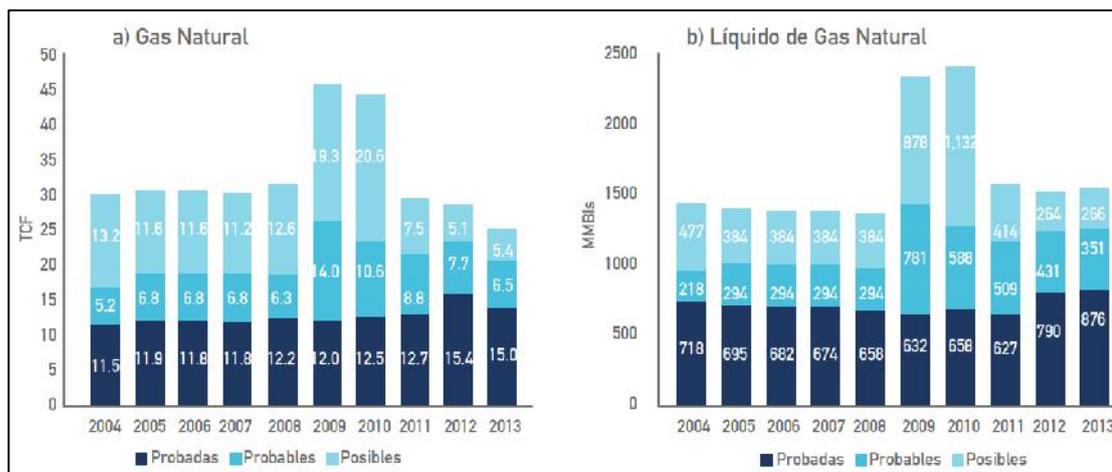


Fig. 1.3: Reservas de gas natural y líquidos de gas natural en el Perú, 2004 -2013
(Fuente: Libro Industria de gas natural Perú, Publicado febrero 2017, Osinergmin)

³ Fuente: Ministerio de Energía y Minas, Publicación "Balance Nacional de Energía 2015", http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/BNE_2015_COLOR.pdf

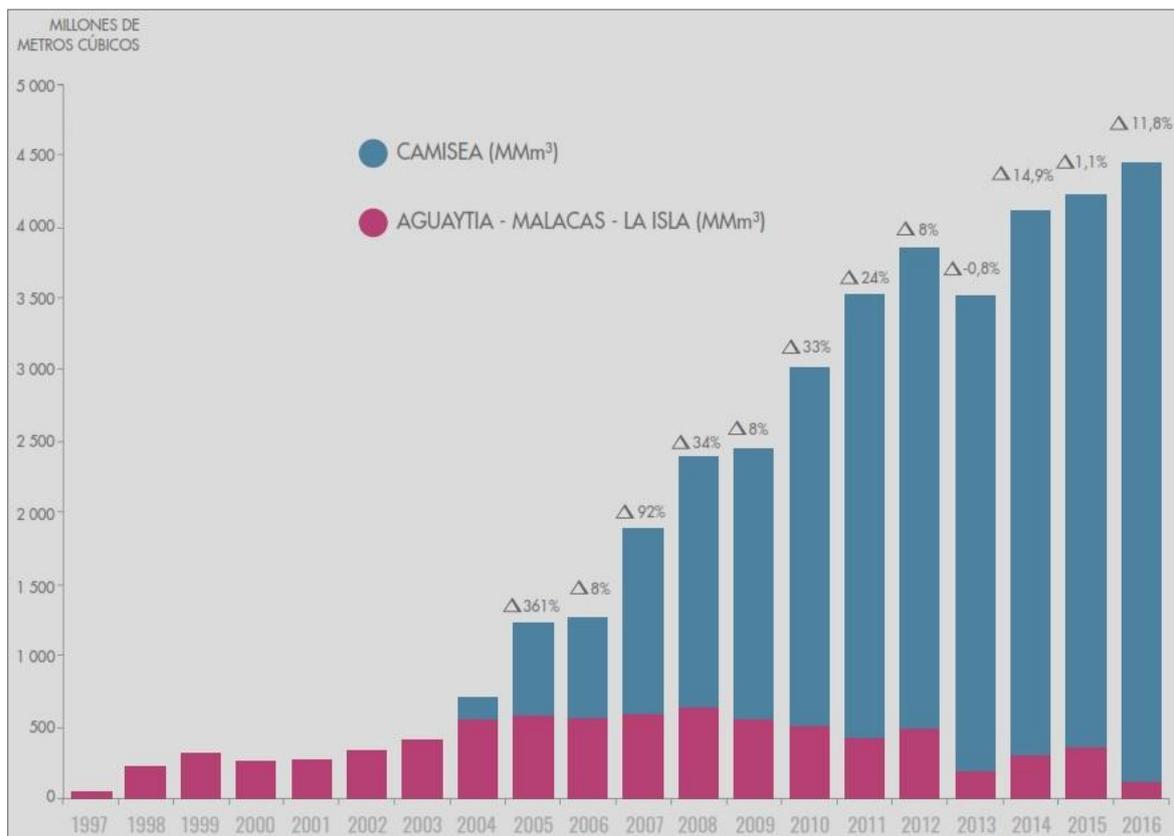


Fig. 1.4: Evolución del uso de gas natural de Camisea 1997-2016 (Millones de m³) en el Perú (Fuente: Memoria Anual 2016– COES)

Otras de las limitaciones y barrera de entrada actual es su costo, el adquirir un vehículo eléctrico resulta más costoso que adquirir un vehículo a gas o gasolina, por ello es necesario realizar un estudio de mercado y ofrecer facilidades de pago e incentivos para la adquisición del mismo, mientras se realizan diseños adecuados para abaratar costos. Está proyectado que para el año 2030 el vehículo eléctrico podría costar lo mismo que un vehículo a gasolina gracias a la reducción del costo de la batería el cual su costo es casi la mitad de lo que cuesta un vehículo eléctrico⁴. Actualmente el valor de un vehículo eléctrico tiene un valor alrededor de US\$ 20.860⁵- modelo Nissan Leaf (precio en España, sin incluir costo de importación a Perú, siendo alrededor de US\$ 14.000 adicionales) y el valor del vehículo a combustible (su equivalente) es US\$ 17.850⁶- modelo Nissan Versa (precio en Perú).

⁴ Informe Bloomberg: para el año 2022 está programada la revolución del coche eléctrico. (<http://www.hibridosyelectricos.com/articulo/sector/informe-bloomberg-ano-2022-programada-revolucion-coche-electrico/20160227102415011165.html>). Publicado 27 de Febrero 2016.

⁵ Fuente : <https://www.nissan.es/vehiculos/nuevos-vehiculos/leaf/autonomia.html>

⁶ Fuente: <https://peru.todoautos.com.pe/ficha-catalogo/nissan/versa/2016>

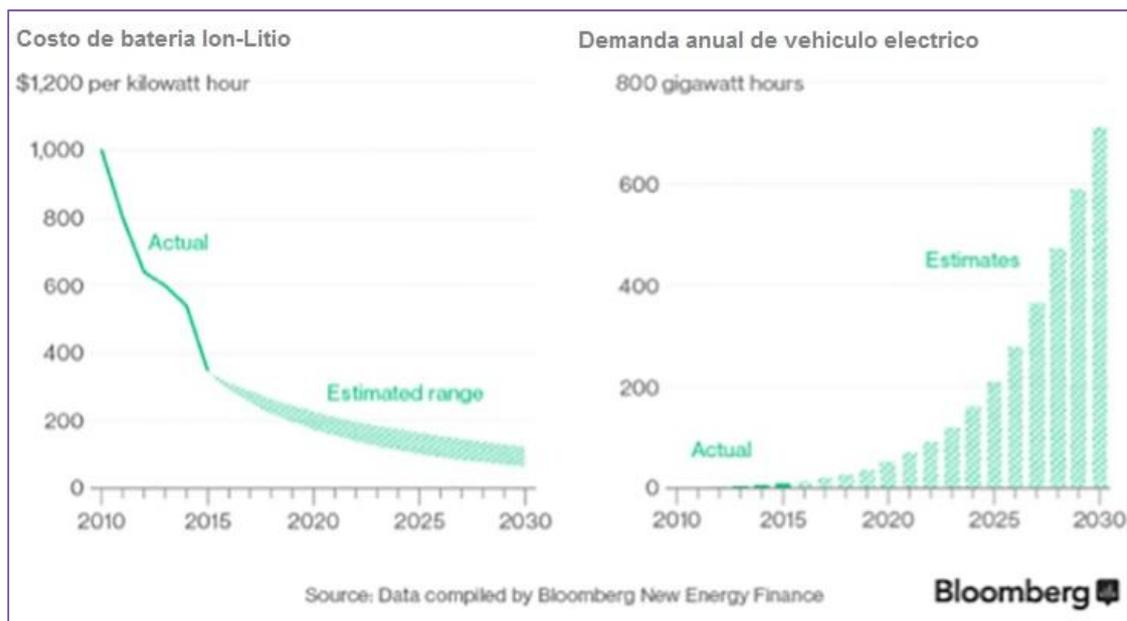


Fig. 1.5: (izquierda) Evolución del coste de las baterías y (derecha) el aumento de la demanda de potencia eléctrica de los VE⁷.

Otro punto de importancia es la contaminación ambiental, los vehículos eléctricos no contaminan el medio ambiente a diferencia de los vehículos a combustible o a gas.

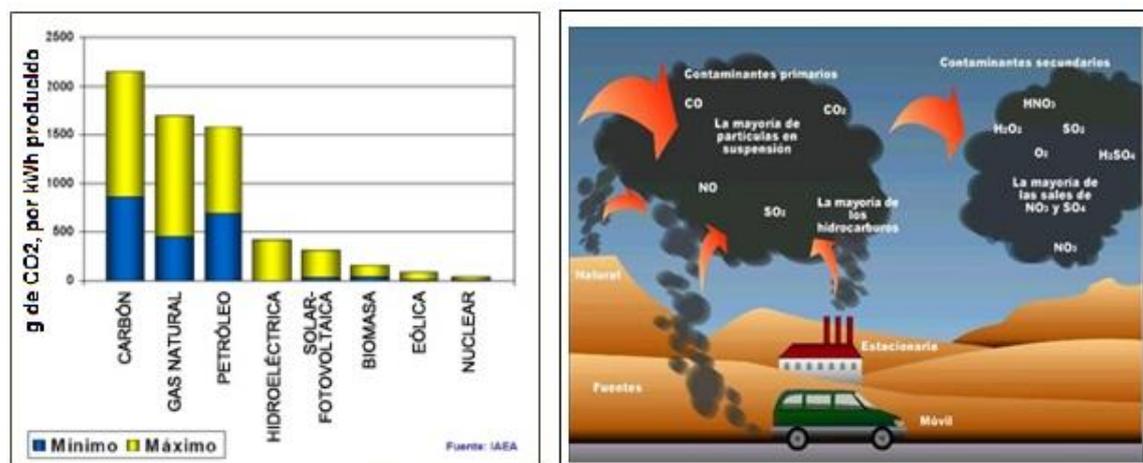


Fig.1.6: Emisiones totales de CO₂ por tipo de combustible (Fuente: International Atomic Energy Agency)

Lo expuesto en párrafos anteriores son limitaciones del presente trabajo que no se desarrolla a profundidad pero no deja de ser importante para conceptualizar el objetivo del presente informe.

⁷ Salim Morsy, "Informe Bloomberg: para el año 2022 está programada la revolución del coche eléctrico" (Fuente: Data compiled by Bloomberg New Energy Finance), Febrero 2016.

CAPITULO III

ANÁLISIS DEL SISTEMA TARIFARIO APLICABLE A LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN PAÍSES QUE CUENTAN CON SUMINISTRO ELÉCTRICO VEHICULAR

3.1 Modelo tarifario en diferentes países

Se ha realizado un Benchmarking de opciones tarifarias en los países que cuentan con un sistema regulatorio aplicado al vehículo eléctrico, considerando los países que aplican discriminación horaria para su cálculo tarifario.

3.1.1 Modelo Tarifario en España

Desde el año 2010, el modelo tarifario Súper valle en España se ha ido implementando para la utilización del vehículo eléctrico con el fin de optimizar la calidad y reducción de los costos en el valor de la energía. La tarifa “Súper Valle” es la nueva alternativa de discriminación horaria para los suministros en BT con potencias contratadas no superiores a 15kW.

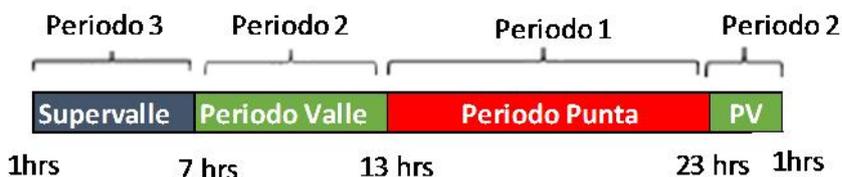


Fig.3.1: Tarifa con discriminación horaria

(Fuente: Página web de Endesa España, <https://www.endesa.com/>)

De aplicación a los suministros con tensiones no superiores a 1 kV y con potencia contratada mayor de 10 kW y menor o igual a 15 kW que diferencia tres periodos tarifarios, periodo 1, periodo 2 y periodo 3 (súper valle).

Tabla Nº 3.1: Precios de acuerdo a horarios de consumo (enero – 2017)⁸
(Elaboración: Propia)

Precio Fijo Discriminacion Horaria Supervalle (*)				
Termino Potencia € / kW/mes	Termino Potencia \$ / kW/mes	Termino Energia	Tarifa electrica aplicada € / kWh	Tarifa electrica aplicada \$/kWh
3,170	3,601	Hora punta	0,1695	0,1926
		Hora valle	0,0938	0,1065
		Hora supervalle	0,0743	0,0844

⁸ Precios tarifas reguladas de luz y gas. (<https://www.endesaclientes.com/articulos/tarifas-reguladas-luz-gas.html>). Publicado 1 de enero 2017.

€ Euro

Tipo de cambio: 1 Euro equivale a 1.140 Dólar al 03.07.2017

(Fuente: <https://themoneyconverter.com>)

*La tarifa súper valle no es exclusiva para el vehículo eléctrico. Cualquier consumo eléctrico puede acogerse a la misma. El Real Decreto 647/2011 del 9 de mayo define el nuevo esquema tarifario aplicado al vehículo eléctrico. Para la aplicación de discriminación horaria, es necesario el uso de un medidor inteligente.

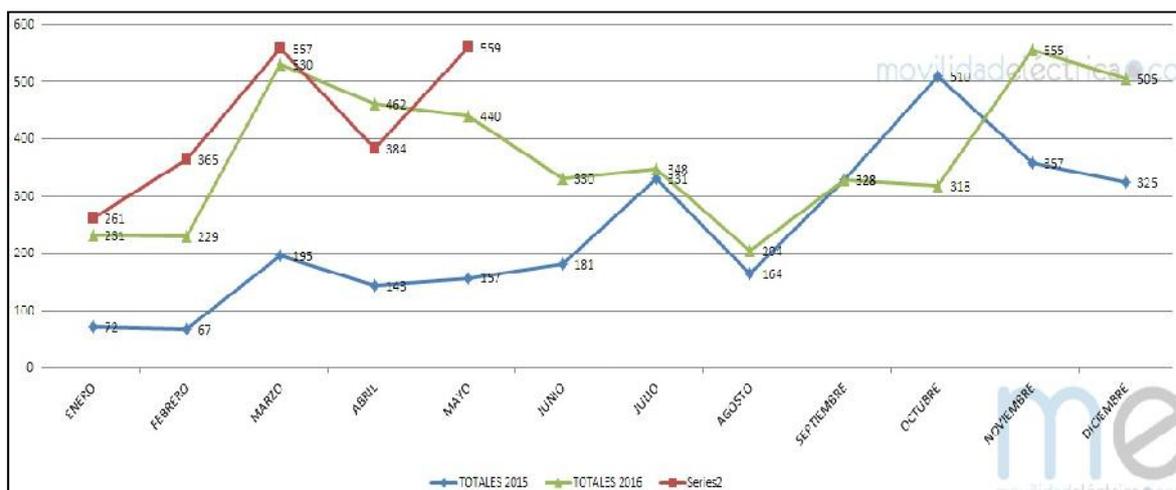


Fig.3.2: Resumen de ventas vehículos eléctricos comparados 2015/2016/2017⁹
(Fuente: <http://movilidadelectrica.com/ventas-vehiculos-electricos-febrero-2017/>)

La figura 3.2 muestra el aumento de las ventas del vehículo eléctrico en España, observándose la diferencia significativa de ventas entre los primeros meses de los años 2015 y 2016, sin embargo la curva de demanda de los primeros meses del año 2017, está en aumento.

3.1.2 Modelo tarifario en Brasil

La tarifa “blanca” es la nueva alternativa de discriminación horaria para los suministros en baja tensión con potencias contratadas no superiores a 15kW. La discriminación horaria aplicada es la siguiente:

Hora Punta: Periodo de tres horas diarias, excepto feriados, sábados y domingo y feriados nacionales.

Hora Intermedia: Periodo formado por las horas inmediatamente anteriores y por la hora inmediatamente posterior al periodo de punta, totalizando 2 horas.

Hora Fuera de punta: Periodo compuesta por las horas complementarias.

⁹ Ventas de vehículos eléctricos en febrero de 2017 (<http://movilidadelectrica.com/ventas-vehiculos-electricos-febrero-2017/>).

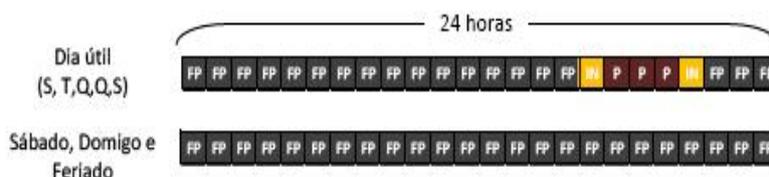


Fig. 3.3: Discriminación horaria
(Fuente: <http://www.aneel.gov.br/tarifa-branca>)

Tabla Nº 3.2: Tarifas por consumo de energía en Brasil (marzo – 2017)¹⁰
(Elaboración: Propia)

Tarifa Electrica Grupo B1 (empresa Ienergia)						
Grupo	Modalidades	Clase	Subclase	Periodos horarios	Tarifa electrica aplicada	
					R\$/kWh	\$/kWh
B1	Blanca	Residencial	Residencial	Hora punta	0,341	0,103
				Hora intermedia	0,2176	0,066
				Hora fuera de punta	0,2176	0,066

R\$: Real Brasileño

Tipo de cambio: 1 Real brasileño equivale a 0.302 Dólar al 03.07.2017

(Fuente: <https://themoneyconverter.com>)

La modalidad tarifaria horaria blanca: aplicada a las unidades consumidoras BT, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energía eléctrica de acuerdo a:

- Tarifa para el consumo de energía (R\$/kWh) para tarifario punta;
- Tarifa para el consumo de energía (R\$/kWh) para tarifario intermediario; y
- Tarifa para el consumo de energía (R\$/kWh) para tarifario fuera de punta.

Tanto la empresa distribuidora como los consumidores de energía pueden proponer alteraciones a la estructura del padrón del horario en relación de valor entre las tarifas de los extremos tarifarios. La tarifa blanca no es exclusiva para el vehículo eléctrico. Cualquier consumo eléctrico puede acogerse a la misma. (1º do art. 1º da Resolución Normativa Nº ANEEL 502, de 2012,) Para la aplicación de esta tarifa es necesario el uso de “medidor inteligentes”.

3.1.3 Modelo Tarifario en Guatemala

Las tarifas dependen únicamente del nivel de tensión (MT, BT), en que están conectados los usuarios, y si consume en punta o fuera de punta o por diferenciación horaria. Las tarifas se muestran en la Tabla 3.3.

¹⁰ Tarifa de energía eléctrica (<http://www.aneel.gov.br>). Publicado marzo 2017.

Tabla N° 3.3: Cargos tarifarios en baja tensión (BT) - Guatemala¹¹
(Elaboración: Propia)

RESOLUCION	CNEE - 103 - 2017 CNEE - 104- 2017	
Tarifa: Baja tension horaria - (BTH)		
Cargo por Energia	Tarifa (Q/kWh)	Tarifa (\$/kWh)
Cargo unitario por energia Punta	0,7123	0,097
Cargo unitario por energia Intermedia	0,7113	0,097
Cargo unitario por energia Valle	0,6761	0,092
Cargo por Potencia	Tarifa (Q/kW-mes)	Tarifa (\$/kW-mes)
Cargo unitario por potencia de Punta	27,370	3,729
Cargo unitario por potencia Contratada	42,000	5,722

Q: moneda Quetzal

Tipo de cambio: 1 Q equivale a 0.136 de Dólar al 03.07.2017

(Fuente: <https://themoneyconverter.com>).

3.1.4 Modelo Tarifario en Costa Rica.

Las tarifas dependen únicamente del nivel de tensión (MT, BT), en que están conectados los usuarios, y si consume en punta o fuera de punta para la potencia y por diferenciación horaria la energía en MT, las tarifas son:

Tabla N° 3.4 : Tarifas del servicio de distribucion electrica prestado por coopelesca r.l. para el año 2017, según el mes y tipo de tarifa¹²
(Elaboracion: Propia)

Tarifas del servicio de distribucion electrica Coopelesca R.L. -2017		
Tipo de tarifa y bloque	jun-17	
Residencial	Tarifa (CRC/kWh)	Tarifa (\$/kWh)
T-RE		
a.- Bloque 0-30kWh	2112,900	3,698
b.- Bloque 31-200kWh	70,430	0,123
c.- Bloque mayor a 200 kWh	88,550	0,155
T-MT		
a.- Energia Punta	73,450	0,129
b.- Energia Valle	62,380	0,109
c.- Energia Noche	56,350	0,099
d.- Potencia Punta	4226,040	7,396
e.- Pontencia Valle	4226,040	7,396

CRC: colones costarricense

¹¹ Ajuste tarifario pliego mayo – junio 2017 (<http://www.cnee.gob.gt>).

¹² Autoridad Reguladora de Servicios Públicos, "Tarifas", Costa Rica (<https://aresep.go.cr/electricidad/tarifas>). Publicado 2017.

Tipo de cambio: 1 CRC equivale a 0.00175 de Dólar al 03.07.2017

(Fuente: <http://es.exchange-rates.org/Rate/CRC/USD>).

3.1.5 Modelo tarifario en Argentina.

Las tarifas dependen únicamente del nivel de tensión (MT, BT), en que están conectados los usuarios, y si consume en punta o fuera de punta para la potencia y por diferenciación horaria la energía en BT y MT, las tarifas son:

Tabla N° 3.5: Tarifas de distribución eléctrica prestado por Edesur (Vigente desde 01/02/2017) moneda pesos (\$/.)¹³ (Elaboración: Propia)

Concepto	BT < 300 kW	
	Pesos/kWh	\$/kWh
Cargo por Variable Pico	0,739	0,436
Cargo por Variable Resto	0,733	0,432
Cargo por Variable Valle	0,713	0,421
Potencia	Pesos/kW-mes	\$/kW-mes
Cargo por potencia convenida	128,99	76,104
Cargo por potencia Adquirida	3,63	2,142

Moneda: Peso Argentino

Tipo de cambio: 1 Peso equivale a 0.059 de Dólar al 03.07.2017

(Fuente: <https://www.precio-dolar.com.ar/>).

Los modelos tarifarios en los países antes mencionados, utilizan un tercer horario para el consumo de energía, con el fin de aplanar la curva de demanda de energía. En el presente informe se propone agregar un tercer periodo (de 1am a 6am), utilizando la metodología de cálculo tarifario actual. El fin de agregar un tercer periodo es permitir a los usuarios cargar sus vehículos eléctricos a una menor Tarifa.

3.2 Visión respecto al vehículo eléctrico en el mundo.

3.2.1 Mercado del vehículo eléctrico en Europa.

La venta de vehículos eléctricos se ha incrementado en referencia al 2013, debido a que los países Europeos otorgan incentivos y facilidades de pago a quienes los adquiera. Uno de los fines del ingreso del vehículo eléctrico al mercado Europeo es el mejoramiento medio ambiental, al bajar las emisiones de óxido de carbono (CO₂) sustituyendo el uso del vehículo a combustible por vehículos eléctricos.

¹³ Fuente: http://www.edesur.com.ar/cuadro_tarifario.pdf

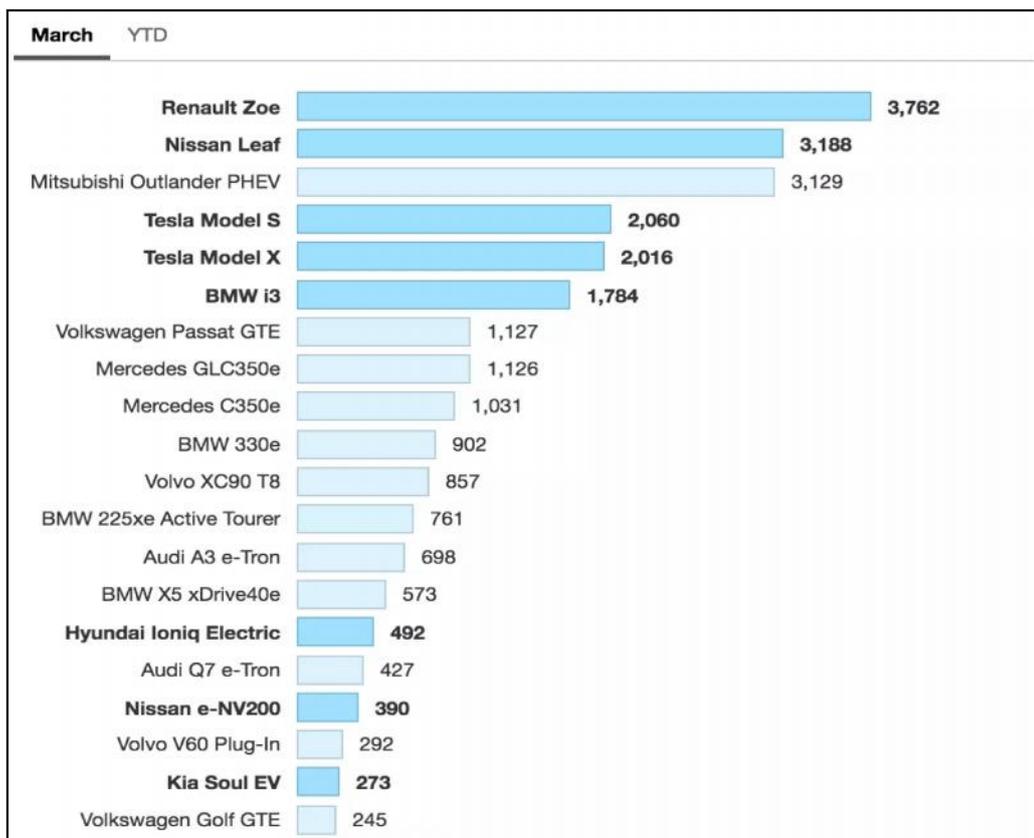


Fig.3.4: Los 20 vehículos eléctricos más vendidos en Europa a marzo del 2017.
(Fuente: <https://cleantechnica.com/2017/05/06/unstoppable-zoe-european-ev-sales-report/>)

A continuación se mencionaran a los primeros cuatro vehículos eléctricos más vendidos en Europa¹⁴.



Fig.3.5: Renault Zoe (izquierda) y Nissan Leaf (derecha)

¹⁴ Fuente: Europe Electric Car Sales Report — March 2017 (<https://evobsession.com/europe-electric-car-sales-report-march-2017/>)

Renault Zoe (Figura 3.5 – lado izquierdo) – El de mayor venta y su nueva versión hatchback la hizo más atractiva por lo que ha aumentado sus ventas, llegando a 3,732 vehículos vendidos. Fue reconocido como el “Best seller” de Europa en los primeros 3 primeros meses del 2017. Actualmente el precio en el mercado español varían desde US\$ 18,612 (16,600 Euros)¹⁵.

Nissan Leaf (Figura 3.5 – lado derecho) – Debido a las promociones de descuento, han aumentado sus ventas de vehículo eléctrico. Sus mercados más fuertes son Noruega, Reino Unido, Francia, Países Bajos, Suecia y Bélgica. Actualmente el precio en el mercado español varían desde US\$ 22,760 (20,300 Euros)¹⁶.



Fig.3.6: VE Mitsubishi Outlander PHEV (izquierda) y Tesla Modelo S (derecha)

Mitsubishi Outlander PHEV (Figura 3.6 – lado izquierdo) - Su competencia es el Nissan Leaf, con 3,129 vehículos eléctricos vendidos en el continente Europeo. Sin embargo debido a la disminución de incentivos y descuentos es muy probable que bajen sus ventas.

Actualmente el precio en el mercado español varían desde US\$ 39,657 (35,370 Euros)¹⁷.

Tesla Modelo S (Figura 3.6 – lado derecho) - En marzo del 2017 tuvo sus mejores ventas, con más de 4.000 vehículos entregados. A pesar de caer un 18%, el Modelo S logró ser el más vendido en Europa, con 2.060 unidades. Sus modelos también llegaron a Noruega, Suiza y Holanda. Actualmente el precio en el mercado español varían desde US\$ 122,236 (109,022 Euros)¹⁸.

¹⁵ <http://promociones.renault.es/vehiculos-electricos/>

¹⁶ <https://configurador.nissan.es/leaf>

¹⁷ <https://www.mitsubishi-motors.es/outlander-phev/#!carconfigurator>

¹⁸ https://www.tesla.com/es_ES/new?model=ms

3.2.2 Visión del Vehículo Eléctrico a nivel mundial¹⁹

En el primer trimestre del 2017, la Agencia Internacional de Energía (IEA), realizó un análisis de los vehículos eléctricos vendidos por países, el cual se muestra en la Figura 3.7.

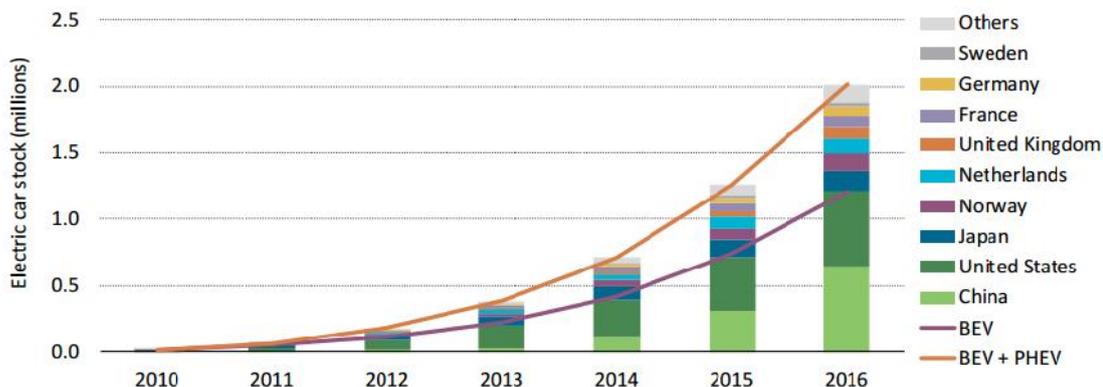


Fig.3.7: Evolución global de la utilización de automóviles eléctricos, 2010-16 (Fuente: IEA, “Análisis basados en las presentaciones de los países de EVI”, complementados por EAFO (2017a), IHS Polk (2016), MarkLines (2017), ACEA (2017a, 2017b) y EEA (2017))

América del Norte y Europa tendrá una mejor demanda de vehículos eléctricos enchufables²⁰, en llegarán a tener el 50% de la ventas totales en el 2020.

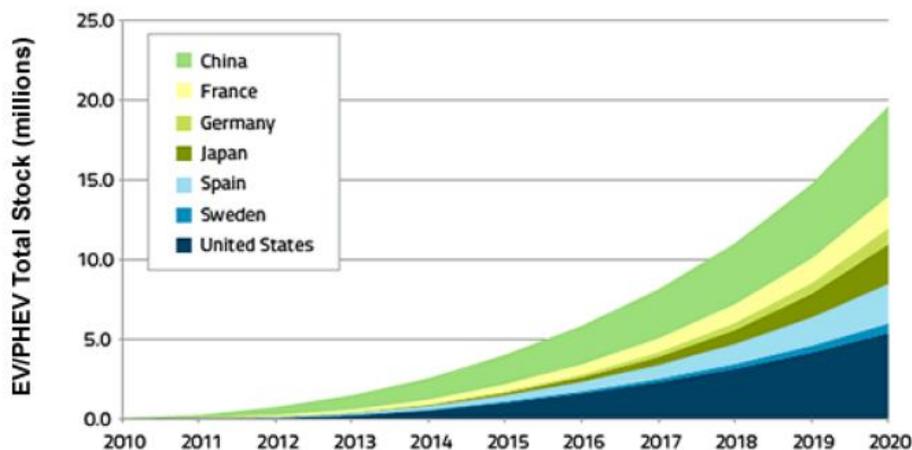


Fig.3.8: Estimación de los vehículos eléctricos enchufables, basada en los objetivos por países de la iniciativa EVI (Fuente: <http://www.cleanenergyministerial.org/EVI/>)

¹⁹ INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA), publico el artículo “Global EV Outlook 2017- (http://www.iea.org)

²⁰ Se denomina vehículo Híbrido enchufable, es un vehículo combustible - eléctrico (serie o

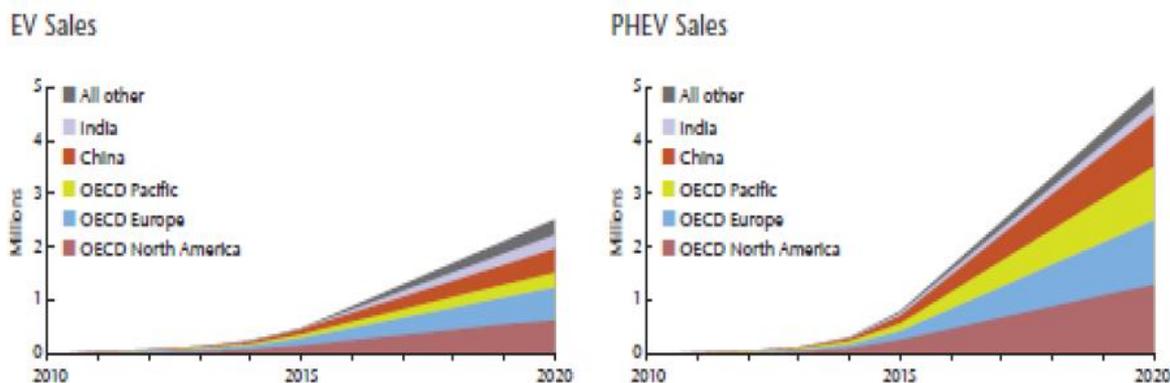


Fig.3.9: Evolución esperada de venta de vehículos eléctricos e Híbridos enchufables²¹ 2010 - 2020
(Fuente: <http://www.iea.org>)

3.2.3 Proyectos destacados sobre vehículos eléctricos en el mundo.

A continuación se mencionara algunos de los proyectos creados para impulsar la utilización del vehículo eléctrico:

a) Proyecto Live Barcelona²²

El proyecto Live (Logística para la Implementación del Vehículo Eléctrico) es una plataforma público-privada liderada por el ayuntamiento de Barcelona que tiene por objetivo dar soporte e impulsar el desarrollo de la movilidad eléctrica en la ciudad y en el Área Metropolitana de Barcelona impulsa el vehículo eléctrico en la ciudad como una oportunidad para situar a Barcelona como núcleo de innovación en movilidad eléctrica a escala mundial.

LIVE promociona la venta de vehículos eléctricos y también brinda servicios de movilidad. Ha realizado estudios y demostraciones de viabilidad y potencial en cuadrillas tanto públicas como privadas.

b) Fabricación de baterías

La utilización y desarrollo de las energías renovables están en aumento, donde los vehículos eléctricos están formando parte importante de este desarrollo. Los fabricantes de vehículos eléctricos y baterías están realizando estudios para una mejora y abaratamiento de las baterías, ya que actualmente el valor de la batería equivale a casi la mitad del costo del vehículo eléctrico.

Una de las empresas que está realizando los estudios para mejorar la calidad de las baterías y abaratar su precio es Tesla, actualmente cuenta con una fábrica de baterías en

²¹ Se denomina vehículo Híbrido enchufable, es un vehículo combustible - eléctrico (serie o paralelo)

²² <http://w41.bcn.cat>. Publicado 2017.

Nevada y otra en Nueva York centrada en paneles solares, el cual ampliara su número de fábricas.

Por otro lado está “Exhibit A”, es una nueva fábrica de baterías en Alemania, suministrará baterías a su matriz, quien también está ingresando fuertemente en el mercado de vehículos eléctricos.

Asia es el mercado principal de producción de baterías, donde empresas como BYD, Samsung, LG y Panasonic (actual socio de Tesla) están invirtiendo fuerte para la producción de baterías. Benchmarking Minerals (Base de datos e información especializados en minerales y metales utilizados para la fabricación de baterías) ha realizado un análisis donde se estima que para 2030 la batería estará por debajo de los 40 dólares. Esto coincide con el pronóstico de los analistas de Bloomberg (empresa que brinda servicios financieros en New York), quienes aseguran que para 2030 los coches eléctricos serán por primera vez más económicos que los de combustión interna, esto siempre y cuando la producción de baterías siga aumentando de forma importante año con año.

c) Proyecto Surtidor Eléctrico

El proyecto “Surtidor” tiene como objetivo instalar una estación de carga eléctrica para la recarga de los vehículos eléctricos (electrolineras) adecuando la actual infraestructura de distribución de energía eléctrica.

En este proyecto se busca que el vehículo sea cargado en el menor tiempo posible (15 min), pero ello deberá depender del tipo de batería instalada en cada vehículo eléctrico, a mayor calidad de la batería menor tiempo de recarga, como se indicaba en el párrafo anterior está proyectado que para el 2030 el costo de la batería baje considerablemente así como también la calidad de la misma por lo tanto el tiempo de recarga será mucho menor. El proyecto ha sido cofinanciado por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, dentro del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011.

d) AVERE (European Association for Battery, Hybrid and fuel cell electric vehicles)²³

Averie es la asociación europea para las baterías, los vehículos híbridos y los vehículos con pilas de combustible. Tiene como objetivo principal la promoción del uso de los vehículos híbridos y eléctricos, tanto a nivel particular como en cuadrillas, para conseguir una movilidad más ecológica en las ciudades. Recientemente, AVERE fue el coordinador de ELEDRIIVE (red de trabajo de la comisión europea enfocada a los vehículos eléctricos e híbridos).

²³ Hybrid and fuel cell electric vehicles <http://www.averie.org/www/index.php>. Publicado 2013

e) Iniciativa del Vehículo Eléctrico (EVI)²⁴

Esta iniciativa ofrece un foro para la cooperación mundial en el desarrollo y despliegue de los vehículos eléctricos. Dicha iniciativa busca facilitar el despliegue de 20 millones de vehículos eléctricos, incluidos vehículos híbridos enchufables y vehículos con pilas de combustible, a escala mundial, en el año 2020. Para alcanzar este objetivo está agendados realizar las siguientes actividades:

Fomentar el desarrollo de iniciativas nacionales de impulso del vehículo eléctrico
Lanzar proyectos piloto, en entornos urbanos, para promover la incorporación del vehículo eléctrico en las ciudades, y así poder compartir lecciones aprendidas entre los diferentes miembros de la iniciativa.

Intercambiar información sobre las mejores políticas de impulso del vehículo eléctrico, regulación y objetivos fijados (y conseguidos) a nivel local o nacional, que permita acelerar el desarrollo conjunto del vehículo eléctrico en los diferentes países.

Intercambiar información sobre programas de investigación. Involucrar a las diferentes partes interesadas del sector privado, fomentando la incorporación de vehículos eléctricos en cuadrillas y la creación de programas de innovación con financiación público-privada. Los países participantes son: China, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, India, Japón, Portugal, Suráfrica, España, Suecia y Estados Unidos.

f) Carro Eléctrico Itaipu- Brasil²⁵

El proyecto vehículo eléctrico es el resultado de la asociación entre Itaipú Binacional, una de las mayores generadoras de energía limpia y renovable del Planeta, y KWO - Kraftwerke Oberhasli AG, que controla centrales hidroeléctricas en la región de los Alpes, en Suiza.

En los primeros años del proyecto vehículo eléctrico, más de 80 prototipos salieron del Centro de Investigación, Desarrollo y Montaje de Vehículos Eléctricos (CPDM-VE), construido dentro de Itaipú.

Los prototipos utilizados son de modelo Palio Weekend, viabilizados a partir de una asociación con Fiat, tienen autonomía de 100 kilómetros, con una velocidad máxima de 110 km / h. El tiempo de recarga de la batería es de 8 horas. Los prototipos giran en la planta de Itaipú y en otras empresas del sistema eléctrico de Brasil.

²⁴ Electric Vehicles Initiative (EVI) (<http://www.cleanenergyministerial.org/EVI/>). Publicado 2017.

²⁵ <https://www.itaipu.gov.br/tecnologia/veiculos-eletricos> y 2017
<http://www.veiculoelétrico.blog.br/>. Publicado

CAPITULO IV

ANALISIS DEL SISTEMA TARIFARIO NACIONAL Y OPCIONES PARA SU IMPLEMENTACIÓN

En este capítulo se explica el modelo actual tarifario del mercado eléctrico peruano, se describe el marco legal y bases teóricas aplicados a las empresas Generadoras, transmisoras y distribuidoras. Se muestra los costos aplicados a los usuarios finales (residenciales e industriales) de acuerdo al nivel tensión, consumo de potencia y energía, de acuerdo al uso y condiciones de conexión y utilización.

En base a la modelo tarifario existente se propondrá una tarifa específica para la utilización del Vehículo Eléctrico (VE).

4.1 Etapas a seguir para la provisión de electricidad al Usuarios Finales

La industria eléctrica desarrolla las siguientes actividades:

- **Generación de Energía:** Referente a la producción de electricidad, la cual puede ser generada por centrales Hidráulicas, Térmicas y Renovables.
- **Transmisión de Energía:** Relacionado con el transporte de energía, con la utilización de líneas de transmisión, considerando altos niveles de voltaje desde las centrales de generación eléctrica hacia los centros de consumo.
- **Distribución de Energía:** Relacionado al transporte de energía, con la utilización de las redes de distribución, llegando la energía al usuario final.



Fig.4.1: Mercado eléctrico Peruano²⁶
(Fuente: Ministerio de energía y minas)

²⁶ Fuente : Ministerio de Energía y Minas – Dirección General de Electricidad (DGE)

El cálculo de las tarifas que se aplican a los usuarios finales, deben tener en cuenta el traspaso de los costos de generación (energía y potencia) a través del mecanismo denominado pass-through aplicando los factores de expansión de pérdidas de cada una de las etapas eléctricas utilizada hasta el nivel de tensión donde se vende la electricidad. A continuación se analizará el sistema de venta de energía y potencia del distribuidor a usuario final, para lo cual se evaluará el traslado del costo de compra de energía y potencia a las tarifas aplicables a los usuarios finales por actividades de generación, transmisión y distribución.

Se tienen los siguientes costos: generación, transmisión, distribución en media tensión y distribución en baja tensión. En la figura 4.2 se muestran esquemáticamente la formación de los costos:

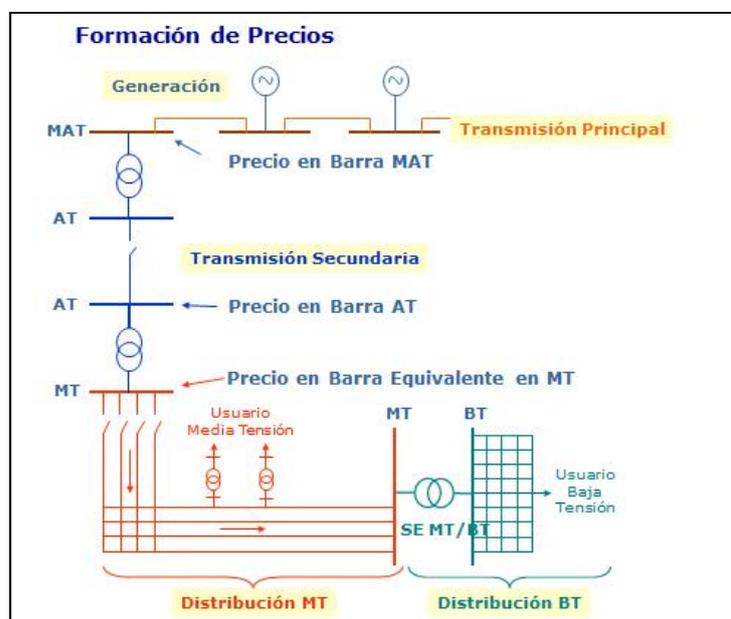


Fig.4.2: Formación de precios G-T-D
(Fuente: Ministerio de energía y minas)²⁷

Los precios de barra de la energía y potencia son establecidos mediante las resoluciones publicada por Osinergmin en las barras del SEIN en los niveles de tensión de las barras de referencia, que son:

- Media Tensión (MT): tensiones mayores o iguales a 1 kV y menores a 30 kV
- Baja Tensión (BT): tensiones menores a 1 kV

4.2 Calculo de la Tarifa de Generación

De acuerdo a la Norma vigente de Opciones Tarifarias y Condiciones de Aplicación de las Tarifas a Usuario Final, los parámetros que intervienen en el traslado de los costos

²⁷ Fuente: Ministerio de Energía y Minas, www.minem.gob.pe

de generación y transmisión a los usuarios finales son los que se describen a continuación:

Tarifa de Generación = Tarifa de Potencia + Tarifa de Energía

Los precios que se transfieren a las tarifas a usuarios finales son los precios de barra equivalentes de media tensión (PPM, PEMP, y PEMF) que se determinan según se indica a continuación:

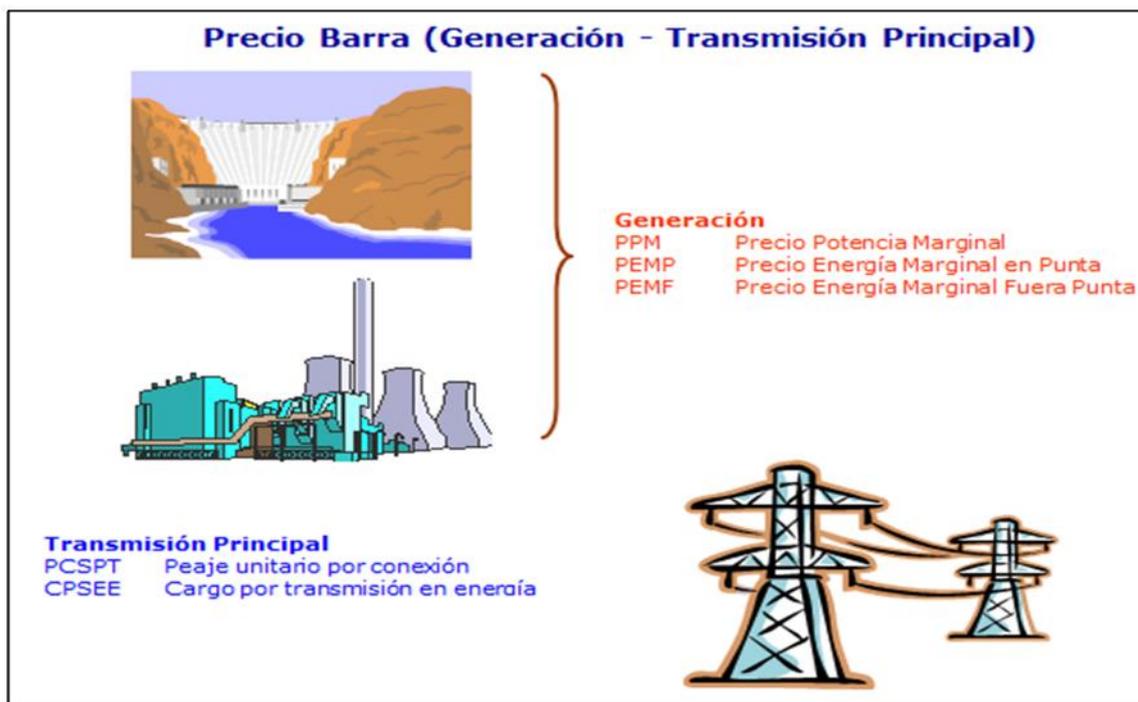


Fig. 4.3: Formación de precios G-T-D por nivel de tensión

PPM₀: Precio de la Potencia de Punta a Nivel Generación, expresado en S/./kW-mes, determinado como el producto del Precio Básico de la Potencia de Punta por el Factor de Pérdidas de Potencia. Artículo 47º, incisos f) y g) de la Ley. (Determinará el Precio Básico de la Energía por Bloques Horarios para el período de estudio, como un promedio ponderado de los costos marginales antes calculados y la demanda, debidamente actualizados al 31 de marzo del año correspondiente; Determinará el precio básico de la potencia de punta, calculará para cada una de las barras del sistema un factor de pérdidas de potencia y un factor de pérdidas de energía en la transmisión, estos factores serán iguales a 1,00 en la barra en que se fijen los precios básicos.)

PEMP₀: Precio de la Energía a Nivel Generación en Horas de Punta para las Subestaciones Base del Sistema, expresado en céntimos de S/./kW.h.

PEMF₀: Precio de la Energía a Nivel Generación en Horas Fuera de Punta para las Subestaciones Base del Sistema, expresado en céntimos de S/./kW.h.

4.3 Calculo de las Tarifas de Transmisión (Parámetros)

El sistema de trasmisión, los precios que se transfieren a las tarifas a usuarios finales son los precios de peaje (PCSPT, y CPSEE) que se determinan según se indica a continuación:

PCSPT: Cargo de Peaje por Conexión Unitario al Sistema Principal de Transmisión, expresado en S/./kW-mes

CPSEE: Cargo de Peaje Secundario por Transmisión Equivalente en Energía, expresado en céntimos de S/./kW.h.

Tarifa de Transmisión = Ingreso Tarifario + Peaje + Cargos Adicionales

En el siguiente grafico N° 3 se muestra la forma como en cascada se expanden los precios en barra (PPB., PEBP y PEBF), con sus factores de expansión de pérdidas (FPMP, FPME) a cada barra equivalente en MT (PPB, PEBP y PEBF), se muestra:

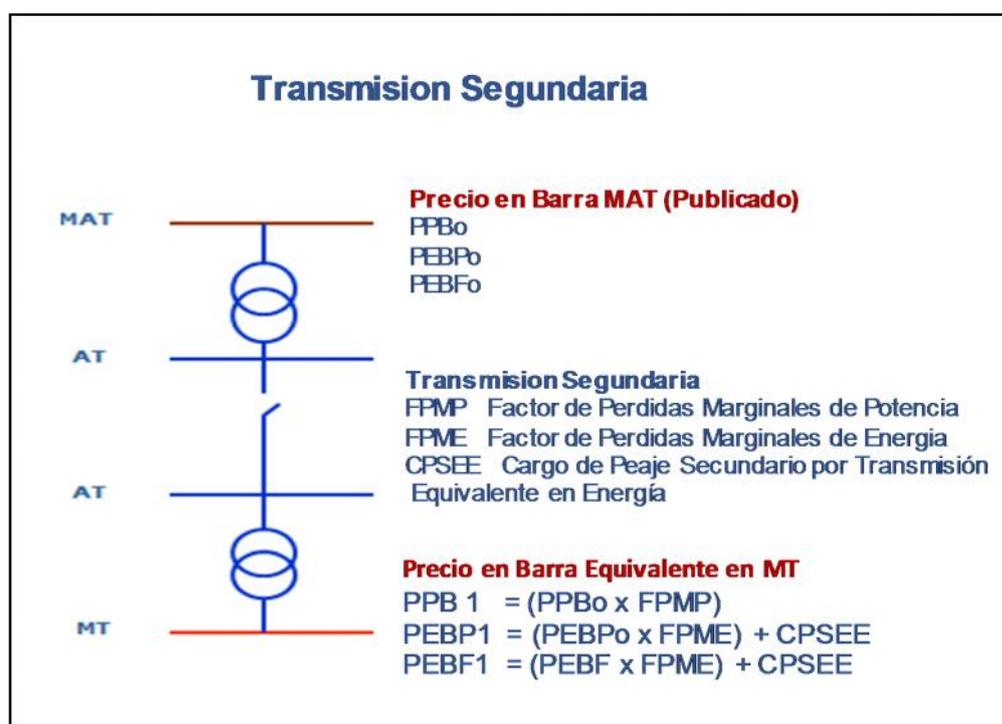


Fig.4.4: Formación de precios G-T-D por nivel de tensión (Elaboración: Propia)

FPMP: Factor de Pérdidas Marginales de Potencia

FPME:Factor de Pérdidas Marginales de Energía.

Los costos de generación (de compra para las distribuidoras) de energía y potencia que se trasladan a tarifas de usuarios finales son los precios de barra que fija anualmente el Osinergmin mediante resoluciones, de acuerdo a las disposiciones legales vigentes. Estos precios se definen para cada una de las Barras de Referencia del sistema eléctrico, y cada distribuidora aplica los correspondientes a la barra que tienen asignada.

$$\mathbf{PPB} = \mathbf{FPMP} * \mathbf{PPM}_0 + \mathbf{PCSPT} \quad (\text{Ec. 4.1})$$

$$\mathbf{PEPP} = \mathbf{FPME} * \mathbf{PEMP}_0 + \mathbf{CPSEE} \quad (\text{Ec. 4.2})$$

$$\mathbf{PEFP} = \mathbf{FPME} * \mathbf{PEMF}_0 + \mathbf{CPSEE} \quad (\text{Ec. 4.3})$$

PPB: Precio de la Potencia de Punta en barra equivalente de media tensión, expresado en S/./kW-mes.

PEPP: Precio de la Energía en Horas de Punta en barra equivalente de media tensión, expresado en céntimos de S/./kW.h.

PEFP: Precio de la Energía en Horas Fuera de Punta en barra equivalente de media tensión, expresado en céntimos de S/./kW.h.

PEMP: Precio de la Energía a Nivel Generación en Horas de Punta para las Subestaciones Base del Sistema, expresado en céntimos de S/./kW.h.

PEMF: Precio de la Energía a Nivel Generación en Horas Fuera de Punta para las Subestaciones Base del Sistema, expresado en céntimos de S/./kW.h.

4.4 Cálculo de la tarifa de Distribución (Parámetros)

La tarifa de distribución está representada por el Valor Agregado de Distribución (VAD) que considera: Cargos fijos (costos asociados al usuario), Costos por operación y mantenimiento (costos asociados a la distribución), pérdidas de energía del sistema de distribución.

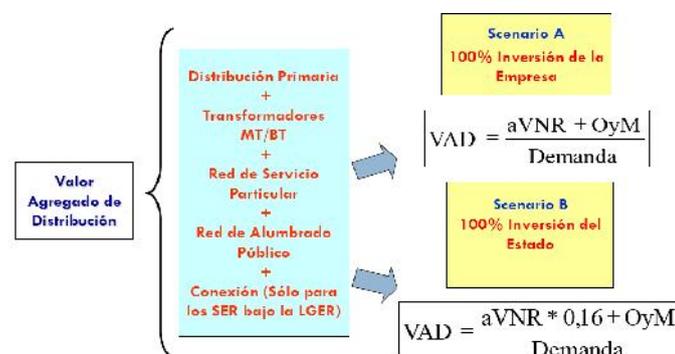


Fig.4.5: Explicación de cálculo de Valor Agregado de Distribución.
(Fuente: Osinergmin)

$$\mathbf{Tarifa\ de\ Distribuci3n} = \mathbf{Cargos\ fijos} + \mathbf{Costos\ OyM} + \mathbf{VADMT} + \mathbf{VADBT}$$

Fórmula de Cálculo del VAD (Valor agregado de distribución)

Dónde:

a VNR = Anualidad del valor nuevo de reemplazo.

O&M = Costo eficiente de operación y mantenimiento.

Demanda = Máxima demanda anual en (kW) de la empresa modelo.

VAD=Valor Agregado de distribución.(Ctms S/kW.h).

4.4.1 Valores agregados de distribución ponderados

Los VADMTp y VADBTp deberán ser calculados por las empresas de distribución eléctrica a partir de los Valores Agregados de Distribución fijados para cada sector típico y los factores de ponderación del VADMT y VADBT establecidos anualmente por el Osinergmin mediante resolución. La expresión general utilizada es la siguiente:

$$VAD_p = \sum (FP_i \times VAD_i) \quad \text{siendo} \quad \sum FP_i = 1 \quad (\text{Ec. 4.3})$$

Donde el VADp es el Valor Agregado de Distribución ponderado (MT y BT) para cada distribuidora, FPi es el Factor de Ponderación del Sector Típico "i" (MT y BT) para cada distribuidora determinados anualmente por el Osinergmin y VADi es el Valor Agregado de Distribución (MT y BT) determinado cada 4 años para el Sector Típico "i".

4.4.2 Parámetros que intervienen en el traslado de distribución

Los costos de distribución que se trasladan a tarifas de usuarios finales son los componentes del Valor Agregado de Distribución (VAD) que son calculados cada cuatro años. Estos componentes están conformados por los costos fijos mensuales de atención al usuario y los costos de distribución en Media y Baja Tensión.

También forman parte de estos cálculos los factores de expansión de pérdidas hasta los niveles de suministro en Media y Baja Tensión.

Los Valores Agregados VMTTP, VMTFP, VBTPP y VBTFP por empresa de distribución eléctrica que se trasladan a las tarifas a usuarios finales se determinan con las siguientes expresiones:

$$\mathbf{VMTFP} = \mathbf{VADMTp} \times \mathbf{FBP} \quad (\text{Ec. 4.5})$$

$$\mathbf{VBTFP} = \mathbf{VADBTp} \times \mathbf{FBP} \quad (\text{Ec. 4.6})$$

$$\mathbf{VMTTP} = \mathbf{PTPMT} \times \mathbf{VMTFP} \quad (\text{Ec. 4.7})$$

$$\mathbf{VBTPP} = \mathbf{PTPB T} \times \mathbf{VBTFP} \quad (\text{Ec. 4.8})$$

Donde el VADMTp y VADBTp son los valores agregados de distribución en media y baja tensión ponderados por empresa distribuidora, FBP es el factor de balance de potencia coincidente en horas de punta y PTPMT y PTPBT son los factores de corrección del valor agregado de distribución en media y baja tensión

4.4.3 Parámetros que intervienen en el traslado de potencia y energía

Los cargos fijos son trasladados en forma directa, de manera de recuperar los costos comerciales según el peso del costo unitario determinado de acuerdo a los distintos sistemas de medición: medición simple de energía (tarifas monómicas), medición simple de potencia y energía (tarifas binómicas) y medición horaria de energía y potencia.

Los mismos comprenden los precios de energía por bloque horario, de potencia y de energía ponderada (para aquellas tarifas sin discriminación horaria), y los parámetros que representan la forma de consumo de cada una de las opciones tarifarias como son los factores de coincidencia, los factores de contribución a la punta y el número de horas de uso de la potencia. También se utilizan los factores de expansión de pérdidas en la red de distribución para transferir los precios en barra de media tensión a los niveles de suministro en media tensión y en baja tensión.

Tabla Nº 4.1: Definición de parámetros
(Fuente: Resolución Osinergmin Nº 206 – 2013 OS/CD)

Parámetro	Definición
CFE	Cargo fijo mensual para medición simple de energía (S./mes)
Ep	Factor de Ponderación del precio de la energía
FBP	Factor de Balance de Potencia Coincidente en Horas Punta
CFHCO	Cargo fijo mensual para medición simple de energía con medición centralizada (S./mes)
CFEAP	Cargo fijo mensual para medición de Alumbrado Público (S./mes)
CFS	Cargo fijo mensual para medición simple de potencia y/o simple o doble medición de energía (S./mes)
CFH	Cargo fijo mensual para medición doble (horaria) de energía y potencia (S./mes)
CCSP	Cargo Comercial del Servicio Prepago (S./mes)
CCSFz,rCC	Cargo mensual de energía equivalente, ubicadas en zonas "z", para el rango de consumo "r" y el sistema para Corriente Continua (CC) (S./kW.h)
CCSFz,rCA	Cargo mensual de energía equivalente, ubicadas en zonas "z", para el rango de consumo "r" y el sistema para Corriente Alterna (CA) (S./kW.h)
CER	Cargo por energía reactiva (S./kVAR.h)
CMTPPg	Factor de contribución a la punta de demandas en media tensión presentes en punta para la potencia de generación
CMTFPg	Factor de contribución a la punta de demandas en media tensión presentes en fuera de punta para la potencia de generación
CBTPPg	Factor de contribución a la punta de demandas en baja tensión presentes en punta para la potencia de generación

Tabla N° 4.2: Definición de parámetros
(Fuente: Resolución Osinergmin N° 206 – 2013 OS/CD)

Parámetro	Definición
CBTFPg	Factor de contribución a la punta de demandas en baja tensión presentes en fuera de punta para la potencia de generación
CMTPPd	Factor de contribución a la punta de demandas en media tensión presentes en punta para la potencia por uso de redes de distribución
CMTFPd	Factor de contribución a la punta de demandas en media tensión presentes en fuera de punta para la potencia por uso de redes de distribución
CBTPPd	Factor de contribución a la punta de demandas en baja tensión presentes en punta para la potencia por uso de redes de distribución
CBTFPd	Factor de contribución a la punta de demandas en baja tensión presentes en fuera de punta para la potencia por uso de redes de distribución
FCPPMT	Factor de coincidencia para demandas en punta en media tensión
FCFPMT	Factor de coincidencia para demandas de fuera de punta en media Tensión
FCPPBT	Factor de coincidencia para demandas en punta en baja tensión
FCFPBT	Factor de coincidencia para demandas de fuera de punta en baja tensión
PEMT	Factor de expansión de pérdidas de energía en media tensión
PEBT	Factor de expansión de pérdidas de energía en baja tensión
PESED	Factor de expansión de pérdidas de energía en subestaciones de distribución MT/BT ²⁸
PEBTCO	Factor de expansión de pérdidas de energía en baja tensión para medición centralizada ²⁹
PPMT	Factor de expansión de pérdidas de potencia en media tensión
PPSED	Factor de expansión de pérdidas de potencia en subestaciones de distribución MT/BT ³⁰
PPBTCO	Factor de expansión de pérdidas de potencia en baja tensión para medición centralizada ³¹ .
NHUBT	Número de horas de uso de medidores simples para cálculo de potencias bases coincidentes con la punta del sistema de distribución de usuarios de baja tensión
NHUBTPPA	Número de horas de uso de medidores de doble medición de energía para cálculo de potencias del bloque de punta del sistema de distribución de usuarios de baja tensión con demanda máxima mensual de hasta 20 kW en horas punta y fuera de punta
NHUBTFPA	Número de horas de uso de medidores de doble medición de energía para cálculo de potencias del bloque de fuera de punta del sistema de distribución de baja tensión con demanda máxima mensual de hasta 20 kW en horas punta y fuera de punta

²⁸ Se determina a partir del anterior PEBT descontando las pérdidas de energía en la red de BT propiamente y en las acometidas y medidores. Solo considera las pérdidas en la transformación MT/BT

²⁹ Se determinaría descontando del factor de expansión de pérdidas de energía en baja tensión la parte correspondiente a las pérdidas en las acometidas y en los medidores.

³⁰ Se determina a partir del anterior PPBT descontando las pérdidas de potencia en la red de BT propiamente y en las acometidas y medidores. Solo considera las pérdidas en la transformación MT/BT.

³¹ Se determinaría descontando del factor de expansión de pérdidas de potencia en baja tensión la parte correspondiente a las pérdidas en las acometidas y en los medidores

Tabla N° 4.3: Definición de parámetros.
(Fuente: Resolución Osinergmin N° 206 – 2013 OS/CD)

Parámetro	Definición
NHUBTFPB	Número de horas de uso de medidores de doble medición de energía para cálculo de potencias del bloque de fuera de punta del sistema de distribución de baja tensión con demanda máxima mensual de hasta 20 kW en horas punta y de hasta 50 kW en horas fuera de punta
NHUBTPRE	Número de horas de uso para el cálculo de potencias bases coincidentes con la punta del sistema de distribución de usuarios del servicio prepago en baja tensión
NHUBTAP	Número de horas de uso para el cálculo de potencias bases coincidentes con la punta del sistema de distribución del servicio de alumbrado público
PEPP	Precio de la energía en horas de punta en la barra equivalente de media tensión (S/. /kW.h)
PEFP	Precio de la energía en horas de fuera de punta en la barra equivalente de media tensión (S/. /kW.h)
PE	Precio ponderado de la energía en barra equivalente de media tensión (S/.kW.h)
PP	Precio de la potencia en horas de punta en la barra equivalente de media tensión (S/.kW-mes)
VMTTP	Valor agregado de distribución en media tensión para demandas de punta (S/. /kW-mes)
VMTFP	Valor agregado de distribución en media tensión para demandas fuera de punta (S/. /kW-mes)
VBTPP	Valor agregado de distribución en baja tensión para demandas de punta (S/. /kW-mes)
VSEDPP	Valor agregado de distribución en subestaciones de distribución MT/BT para demandas de punta ³² (S/. /kW-mes)
VBTFP	Valor agregado de distribución en baja tensión para demandas fuera de punta (S/. /kW-mes)
EPP	Energía mensual registrada en horas de punta (kW.h)
EFP	Energía mensual registrada en horas fuera de punta (kW.h)

Los cargos por **demanda de potencia**, los costos de distribución acumulados en el nivel de tensión de suministro mediante los factores de expansión de pérdidas correspondientes, se afectan de los factores de contribución a la punta y factores de coincidencia correspondientes a cada opción tarifaria.

Los **cargos por energía**, los costos de distribución acumulados en el nivel de tensión de suministro mediante los factores de expansión de pérdidas correspondientes, se afectan por el número típico de horas de uso de cada opción tarifaria. Las fórmulas mediante las cuales se trasladan los costos de distribución a las tarifas a usuarios finales

³² Se determina a partir del anterior VBTPP descontando los costos correspondientes a la red de BT

en la energía están conformadas por costos de generación, transmisión y distribución, se ha desagregado en el siguiente cuadro.

4.4.4 Resumen de las opciones tarifarias en media tensión (MT) y baja tensión (BT).

**Tabla Nº 4.4: Formulas tarifarias en media tensión.
(Fuente: Resolución Osinergmin Nº 206 – 2013 OS/CD)**

Opción Tarifaria	Sistema y Parámetros de Medición	Cargos de Facturación
Media Tensión		
MT2	<p>Medición de dos energías activas y dos potencias activas (2E2P)</p> <p>Energía : Punta y Fuera de Punta Potencia: Punta y Fuera de Punta</p> <p>Medición de energía reactiva</p> <p>Modalidad de facturación de potencia activa variable</p>	<p>a) Cargo fijo mensual.</p> <p>b) Cargo por energía activa en horas de punta.</p> <p>c) Cargo por energía activa en horas fuera de punta.</p> <p>d) Cargo por potencia activa de generación en horas de punta.</p> <p>e) Cargo por potencia activa por uso de las redes de distribución en horas de punta.</p> <p>f) Cargo por exceso de potencia activa por uso de las redes de distribución en horas fuera de punta.</p> <p>g) Cargo por energía reactiva.</p>
MT3	<p>Medición de dos energías activas y una potencia activa (2E1P)</p> <p>Energía: Punta y Fuera de Punta Potencia: Máxima del Mes</p> <p>Medición de energía reactiva</p> <p>Modalidad de facturación de potencia activa variable.</p> <p>Calificación de Potencia: P: Usuario presente en punta FP: Usuario presente fuera de punta</p>	<p>a) Cargo fijo mensual.</p> <p>b) Cargo por energía activa en horas de punta.</p> <p>c) Cargo por energía activa en horas fuera de punta.</p> <p>d) Cargo por potencia activa de generación.</p> <p>e) Cargo por potencia activa por uso de las redes de distribución.</p> <p>f) Cargo por energía reactiva</p>
MT4	<p>Medición de una energía activa y una potencia activa (1E1P)</p> <p>Energía: Total del mes. Potencia: Máxima del mes</p> <p>Medición de energía reactiva</p> <p>Modalidad de facturación de potencia activa variable</p> <p>Calificación de Potencia: P: Usuario presente en punta FP: Usuario presente fuera de punta</p>	<p>a) Cargo fijo mensual.</p> <p>b) Cargo por energía activa.</p> <p>c) Cargo por potencia activa de generación.</p> <p>d) Cargo por potencia activa por uso de las redes de distribución.</p> <p>e) Cargo por energía reactiva.</p>

**Tabla Nº 4.5: Formulas tarifarias en baja tensión.
(Fuente: Resolución Osinermin Nº 206 – 2013 OS/CD)**

Opción Tarifaria	Sistema y Parámetros de Medición	Cargos de Facturación
Baja Tensión		
BT2	<p>Medición de dos energías activas y dos potencias activas (2E2P)</p> <p>Energía: Punta y Fuera de Punta Potencia: Punta y Fuera de Punta Medición de energía reactiva</p> <p>Modalidad de facturación de potencia activa variable.</p>	<p>a) Cargo fijo mensual. b) Cargo por energía activa en horas de punta. c) Cargo por energía activa en horas fuera de punta. d) Cargo por potencia activa de generación en horas de punta. e) Cargo por potencia activa por uso de las redes de distribución en horas de punta. f) Cargo por exceso de potencia activa por uso de las redes de distribución en horas fuera de punta g) Cargo por energía reactiva.</p>
BT3	<p>Medición de dos energías activas y una potencia activa (2E1P)</p> <p>Energía: Punta y Fuera de Punta Potencia: Máxima del Mes Medición de energía reactiva</p> <p>Modalidad de facturación de potencia activa variable</p> <p>Calificación de Potencia: P: Usuario presente en punta FP: Usuario presente fuera de punta.</p>	<p>a) Cargo fijo mensual. b) Cargo por energía activa en horas de punta. c) Cargo por energía activa en horas fuera de punta. d) Cargo por potencia activa de generación. e) Cargo por potencia activa por uso de las redes de distribución. f) Cargo por energía reactiva.</p>
BT4	<p>Medición de una energía activa y una potencia activa (1E1P)</p> <p>Energía: Total del mes Potencia: Máxima del mes</p> <p>Medición de energía reactiva Modalidad de facturación de potencia activa variable</p> <p>Calificación de Potencia: P: Usuario presente en punta FP: Usuario presente fuera de punta.</p>	<p>a) Cargo fijo mensual. b) Cargo por energía activa. c) Cargo por potencia activa de generación. d) Cargo por potencia activa por uso de las redes de distribución. e) Cargo por energía reactiva.</p>
BT5B	<p>Medición de una energía activa (1E)</p> <p>Energía: Total del mes</p>	<p>a) Cargo fijo mensual. b) Cargo por energía activa.</p>

4.4.5 Opciones Tarifarias y cálculo de cargos Tarifarios

Tabla N° 4.6: Formulas tarifarias
(Fuente: Resolución Osinergmin N° 206 – 2013 OS/CD)

Tarifa	Parámetros de potencia y Energía
Tarifaria MT2	<p>A) Cargo Fijo Mensual (S./mes): CFH</p> <p>B) Cargo por Energía Activa (S./kW.h) B.1) En horas de Punta : $PEMT \times PEPP$ B.2) En horas fuera de Punta : $PEMT \times PEFP$</p> <p>C) Cargos por Potencia Activa (S./kW-mes) C.1) Para la facturación de la potencia activa de generación en horas de punta: $PPMT \times PP \times FCPPMT$ C.2) Para la facturación de la potencia activa por uso de las redes de distribución en horas de punta : $VMTTPP \times FCPPMT$ C.3) Para la facturación del exceso de potencia activa por uso de las redes de distribución en horas fuera de punta: $VMTTFP \times FCFPMT$</p> <p>D) Cargo por Energía Reactiva (S./kVAR.h) CER</p>
Tarifaria MT3	<p>A) Cargo Fijo Mensual (S./mes): CFS</p> <p>B) Cargo por Energía Activa (S./kW.h) B.1) En horas de Punta : $PEMT \times PEPP$ B.2) En horas fuera de Punta: $PEMT \times PEFP$</p> <p>C) Cargos por Potencia Activa (S./kW-mes) C.1) Para la facturación de la potencia activa de generación de usuarios calificados como presente en horas de punta: $PPMT \times PP \times CMTTPP_g$ C.2) Para la facturación de la potencia activa por uso de las redes de distribución de usuarios calificados como presente en horas de punta: $VMTTPP \times CMTTPP_d + (1 - CMTTPP_d) \times VMTTFP \times FCFPMT$ C.3) Para la facturación de la potencia activa de generación de usuarios calificados como presente en horas fuera de punta: $PPMT \times PP \times CMTTFP_g$ C.4) Para la facturación de la potencia activa por uso de las redes de distribución de usuarios calificados como presente en horas fuera de punta: $VMTTPP \times CMTTFP_d + (1 - CMTTFP_d) \times VMTTFP \times FCFPMT$</p> <p>D) Cargo por Energía Reactiva (S./kVAR.h): CER</p>

Tabla N° 4.7: Formulas tarifarias
(Fuente: Resolución Osinermin N° 206 – 2013 OS/CD)

Tarifa	Parámetros de potencia y Energía
Tarifaria BT2	A) Cargo Fijo Mensual (S./mes): CFH B) Cargo por Energía Activa (S./kW.h) B.1) En horas de Punta: PEMT x PEBT x PEPP B.2) En horas fuera de Punta: PEMT x PEBT x PEFP C) Cargos por Potencia Activa (S/. /kW-mes) C.1) Para la facturación de la potencia activa de generación en horas de punta: PPMT x PPBT x PP x FCPPBT C.2) Para la facturación de la potencia activa por uso de las redes de distribución en horas de punta: (VMTTP x PPBT + VBTPP) x FCPPBT C.3) Para la facturación del exceso de potencia activa por uso de las redes de distribución en horas fuera de punta: VBTFP x FCFPBT D) Cargo por Energía Reactiva (S./kVAR.h): CER
Tarifaria BT3	A) Cargo Fijo Mensual (S./mes): CFS B) Cargo por Energía Activa (S./kW.h) B.1) En horas de Punta: PEMT x PEBT x PEPP B.2) En horas fuera de Punta: PEMT x PEBT x PEFP C) Cargos por Potencia Activa (S/. /kW-mes) C.1) Para la facturación de la potencia activa de generación de usuarios calificados como presente en horas de punta: PPMT x PPBT x PP x CBTPPg C.2) Para la facturación de la potencia activa por uso de las redes de distribución de usuarios calificados como presente en horas de punta: (VMTTP x PPBT + VBTPP) x CBTPPd + (1- CBTPPd) x VBTFP x FCFPBT C.3) Para la facturación de la potencia activa de generación de usuarios calificados como presente en horas fuera de punta: PPMT x PPBT x PP x CBTFPg C.4) Para la facturación de la potencia activa por uso de las redes de distribución de usuarios calificados como presente en horas fuera de punta: (VMTTP x PPBT + VBTPP) x CBTFPd + (1- CBTFPd) x VBTFP x FCFPBT D) Cargo por Energía Reactiva (S./kVAR.h) CER
Tarifaria BT4	A) Cargo Fijo Mensual (S./mes): CFS B) Cargo por Energía Activa (S./kW.h): PEMT x PEBT x PE C) Cargos por Potencia Activa (S./kW-mes) C.1) Para la facturación de la potencia activa de generación de usuarios calificados como presente en horas de punta: PPMT x PPBT x PP x CBTPPg C.2) Para la facturación de la potencia activa por uso de las redes de distribución de usuarios calificados como presente en horas de punta: (VMTTP x PPBT + VBTPP) x CBTPPd + (1 - CBTPPd) x VBTFP x FCFPBT C.3) Para la facturación de la potencia activa de generación de usuarios calificados como presente en horas fuera de punta: PPMT x PPBT x PP x CBTFPg C.4) Para la facturación de la potencia activa por uso de las redes de distribución de usuarios calificados como presente en horas fuera de punta (VMTTP x PPBT + VBTPP) x CBTFPd + (1 - CBTFPd) x VBTFP x FCFPBT D) Cargo por Energía Reactiva (S./kVAR.h) CER
Tarifaria BT5B	A) Cargo Fijo Mensual (S./mes) CFE B) Cargo por Energía Activa (S./kW.h) = b1 + b2 b1 = PEMT x PEBT x PE b2 = (PPMT x PPBT x PP + VMTTP x PPBT + VBTPP) / NHUBT

4.5 Descripción general, autonomía y modo de recarga del vehículo eléctrico.

El vehículo eléctrico es aquella unidad impulsada por un motor, el cual es alimentado de electricidad suministrada por una batería que se recarga enchufándola a la red. Es muy importante el tipo de batería porque de ella depende su autonomía y rendimiento.

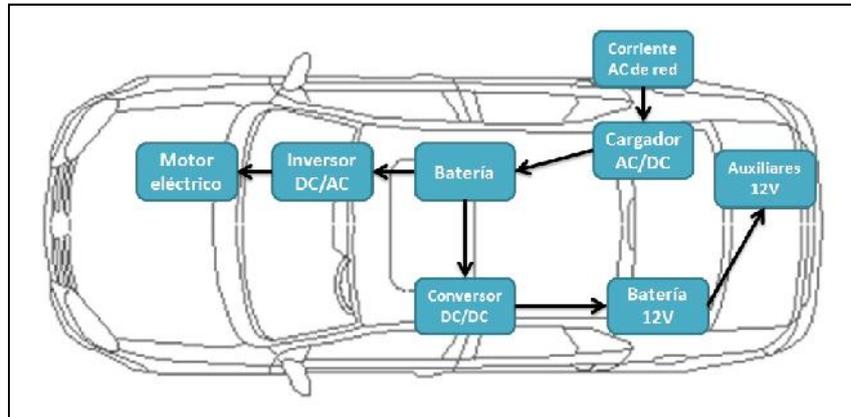


Fig.4.6: Componentes del vehículo eléctrico³³

Ventajas del vehículo eléctrico:

- No contaminan el medio ambiente a comparación de los vehículos a combustión
- Menos contaminación acústica ya que su motor no emite ruido
- Reducción del uso del combustible
- El costo por mantenimiento es inferior al de vehículos por combustión
- El costo por kilómetro recorrido es inferior a costo por kilómetro de un vehículo a combustión.

Desventajas del vehículo eléctrico:

- La autonomía del vehículo eléctrico ha ido mejorando con el tiempo debido al avance de la tecnología. Sin embargo su autonomía dependerá del tipo de batería instalada en el vehículo eléctrico, por ejemplo: para un promedio de recorrido de 150km requiere 22kWh (los valores dependen del tipo de batería).
- Requiere una inversión inicial elevada el cual es recuperable con el tiempo porque el costo por kilómetro recorrido es mucho menor en comparación con un vehículo a combustible.
- La necesidad de instalar puntos de recarga, para el suministro de energía a los vehículos eléctricos.

³³ Coche Eléctrico (http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/el-uso-de-la-electricidad/coche-electrico#componentes). Publicado 2014

4.5.1 Descripción de los componentes principales de un vehículo eléctrico³⁴

- a) **Cargador:** El cargador o transformador convertidor es aquel elemento que absorbe la electricidad de forma alterna directamente desde la red y la transforma en corriente continua, para así poder cargar la batería principal.
- b) **Batería:** Almacenan la energía que le cede el cargador en forma de corriente continua (DC). Esta batería es el principal medio alimentación de electricidad a todo el vehículo eléctrico, y la pieza más costosa de la misma.
- c) **Convertidor:** El convertidor transforma la alta tensión de corriente continua, que aporta la batería principal, en baja tensión de corriente continua. Este tipo de corriente es el que se utiliza para alimentar las baterías auxiliares de 12 V, que son las que alimentan los componentes auxiliares eléctricos del coche.
- d) **Motor Eléctrico:** Puede ser un motor de corriente alterna o de corriente continua. La diferencia entre estos los dos tipos, principalmente, es la forma de alimentación. El de corriente continua se alimenta directamente desde la batería principal, y el de corriente alterna se alimenta a través de la energía que emite la batería previamente transformada en corriente alterna a través del inversor.

4.5.2 Tipos de Baterías

A continuación se menciona los principales tipos de baterías utilizadas para los vehículos eléctricos:

- a) **Batería Plomo – Acido (PbA):** Son muy antiguas, muy contaminantes, en los años 70 se realizó un sellado total, por lo cual se puede trabajar en situaciones de carga intensa o rápida descarga, también se pueden encontrar en gel. Trabaja en carga lenta de 14 a 16 horas.
- b) **Batería Niquel – Cadmio (NiCd):** Son baterías muy contaminantes, en muchos países ya no se fabrican, cuenta con efecto memoria es decir las celdas se comportan como si fueran de menor capacidad de la que en realidad tienen, esto ocurre cuando no son descargadas completamente antes de volver a recargarlas, es decir, si no se da un ciclo de descarga completa periódica
- c) **Batería Niquel – Metal Hidruro (NiHM):** Tiene un efecto de memoria reducido y son menos contaminantes y ecológicas por eliminar el cadmio como uno de sus componentes, capacidad mayor la batería Niquel – Cadmio. Un de las desventajas es que a grandes descargas se reduce su vida útil.
- d) **Baterías de ion-litio (Li-ion):** Son las baterías más usadas para los vehículos eléctricos, su costo es mucho mayor que las baterías anteriores por su alta eficiencia

³⁴ Coche Eléctrico (http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/el-uso-de-la-electricidad/coche-electrico)

y rendimiento, no requiere mantenimiento, posee poca auto descarga y larga vida útil. Entre unas de sus desventajas son: a bajas temperaturas se recarga lentamente, y requiere un limitador de voltaje para evitar que sobrecalienten. Actualmente este tipo de baterías se encuentra en estudio para su perfeccionamiento y mejorar el valor económico (bajar el precio).

**Tabla Nº 4.8: Resumen de descripción de baterías
(Elaboración: Propia)**

Tipo de Bateria	Energía específica (Wh/kg)	Potencia específica (W/kg)
Plomo - Acido (PbA)	30-50	180
Niquel - Cadmio (NiCd)	45-80	150
Niquel - Hidruro (NiMH)	60-120	250 - 1000
Ion - Litio (Li -ion)	110-160	1800

4.5.3 Modo de recarga del vehículo eléctrico y autonomía

El siguiente cuadro muestra valores referenciales ya que el tipo y tiempo de recarga depende del modelo de la batería de cada vehículo eléctrico.

**Tabla Nº 4.9: Tipo de recarga³⁵
(Elaboración: Propia)**

Tipo de recarga	Conexión y potencia	Autonomia tiempo de recarga	Comentario
Lenta	Monofasico hasta 3,6 kW	150 km 5 a 7 horas de recarga	Aprovecha infraestructura existente o carga de origen
Semi - rapida	Monofasico hasta 25 kW	150 km 1 a 2 horas de recarga	Instalaciones adaptadas. Carga de origen o destino
Rapida	Trifasico o continua hasta 50kW	120 km 20min	Para cargas en trayecto (centro de recarga).Carga 80% a 90% bateria.
Super -rapida	Trifasico o c. continua hasta 150kW	250 km 20min	Cargas en trayecto (centro de recarga)
Ultra - rapida	>150 kW		Para autobuses y usos especiales

4.5.5 Impacto económico a los usuarios con el ingreso del vehículo eléctrico al mercado.

El monto de inversión inicial para adquirir un vehículo eléctrico es mayor que el adquirir un vehículo a combustible, con el tiempo su precio se ha reducido por el avance tecnológico, sin embargo esta inversión inicial es recuperable por los ahorros en frecuencia de mantenimiento del vehículo y su fuentes de alimentación más económica (electricidad)³⁶.

³⁵ Fuente: <http://www.madrid.org>

³⁶ Actualmente importar un vehículo eléctrico a Perú es muy costoso debido a los impuestos aplicados, sin embargo el estado podría proponer incentivos tributarios para incentivar la compra de vehículos eléctricos, sumado a esto "los precios de las baterías ion litio (usadas en

El costo de mantenimiento del vehículo eléctrico es menos costosa en comparación al vehículo a combustible o a gas, debido a que los motores de los vehículos eléctricos poseen una fabricación mucho más sencilla y cuentan con una vida útil mayor (sin considerar la batería) y el número de componentes mecánicos que friccionan y varían de temperatura es más reducida, por lo que los componentes individuales se desgastan mucho menor en comparación a los componentes de los vehículos a combustible³⁷.

Tabla Nº 4.10: Comparación de costo de O&M de un Vehículo a combustible, a gas y eléctrico (Elaboración: Propia)

Descripción	Vehículo a combustible (Nissan Versa)	Vehículo a Gas (Nissan Versa)		Vehículo Eléctrico (Nissan Leaf)	
		US\$ 17.850,0 (precio de vehículo)	US\$ 1.200,0 (precio de conversión a Gas)	US\$ 20.860,0 (Precio en España)	US\$ 14.057,0 (Gastos por importación: FOB, CIF e impuestos)
Precio de Vehículo	US\$ 17.850,0	US\$18.850,0		US\$ 34.917,0	
Consumo promedio de combustible/energía	1 Galón/34 km	8 m3/85 km		24 kWh/190km	
Recorrido promedio anual	14.600 km	14,600 km		14.600 km	
Costo unitario de combustible/gas/kWh	3,95 US\$/Galón	0,47 US\$/m3		0,04 US\$/kWh	
Costo de operación anual	US\$ 1.975,0	US\$ 752,0		US\$ 301,0	
Costo de mant. anual	US\$460,0	US\$ 552,0		US\$ 230,0	
Costo total anual por Operación y Mantenimiento	US\$ 2.435,0	US\$ 1.212,0		US\$ 531,0	
Costo por Km (1er Año)	1,38 US\$/km	1,37 US\$/km		2,42 US\$/km	

La fuente de alimentación de los vehículos eléctricos es la electricidad siendo más económica que el combustible y el gas.

los autos eléctricos) ya han caído en 80% en los últimos cinco años”, según indico Temboury (Country Manager del **Grupo Enel** en Perú a Gestión.pe)”, considerando ambos puntos para el 2020 en el Perú un vehículo eléctrico podría llegar a costar los mismo que un vehículo a combustible. Fuente :<http://www.mundoempresarial.pe/automotor-mundo-empresarial/2287-autos-electricos-ingresaran-pais-2019.html>

³⁷ Fuente : <http://cocheselectricos365.com/mantenimiento-coche-electrico-10060.html> - 2017

La Tabla N° 4.10, muestra la comparación de ahorro en mantenimiento y operación de vehículo eléctrico versus los vehículos a combustible y a gas.

Si bien el costo por operación y mantenimiento de vehículo eléctrico es mucho menor que el vehículo a combustible, actualmente el costo de inversión por la adquisición de un vehículo eléctrico en Perú es muy alto, debido a los impuestos aplicados por su importación, por lo cual es necesario apoyo del estado, otorgando incentivos y aminorando los impuestos.

Cabe recalcar que por el avance de la tecnología el costo del vehículo eléctrico podría llegar a costar igual que un vehículo a combustible o a gas, debido a que los precios de la batería están bajando considerablemente en los últimos años, siendo la batería la parte más costosa del vehículo eléctrico.

4.5.6. Impacto a la red eléctrica peruana por ingreso del vehículo eléctrico al SEIN.

Se ha realizado una simulación de la demanda de energía de 80,000 vehículos eléctricos conectados a la red eléctrica, realizando una recarga lenta con una potencia requerida de 3,6 kW por vehículo, considerando la demanda de energía del día 21 de junio del 2017³⁸. (24 horas).

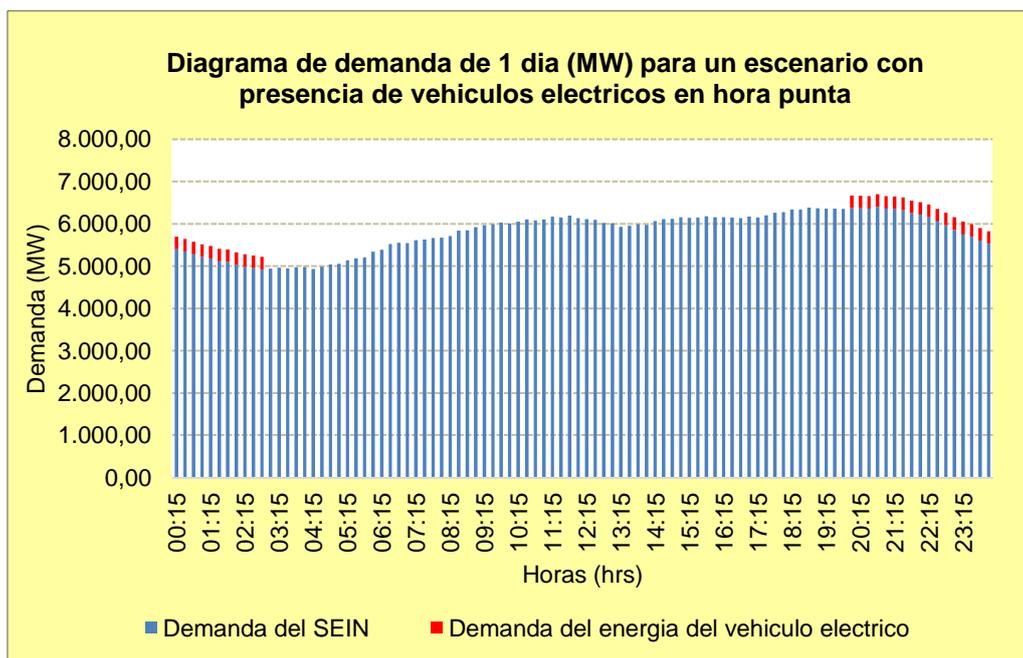


Fig.4.7: Comportamiento de la demanda de energía de los vehículos Eléctricos sin restricción horaria de consumo de energía (Elaboración: Propia)

Se observa en la Fig.4.7 con la presencia del vehículo eléctrico sin restricción horaria, la curva de demanda aumentaría en horas punta, dando como consecuencia el

³⁸ Fuente: <http://www.coes.org.pe/portal/> - Publicado en el 2017.

congestionamiento en la red eléctrica. Recordar que la recarga lenta se realiza en un periodo de tiempo de 6 a 7 horas continuas.

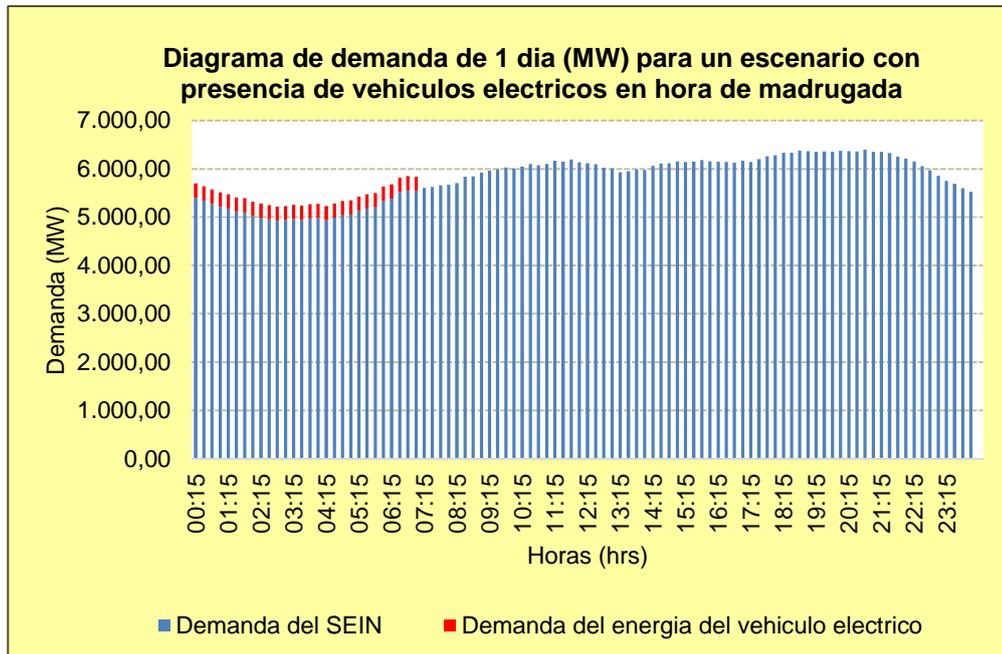


Fig. N°4.8: Comportamiento de la demanda de energía de los vehículos Eléctricos con restricción horaria de consumo de energía (Elaboración: Propia)

En la Fig.4.8, muestra con la presencia del vehículo eléctrico con restricción horaria para su recarga, se puede observar que la curva de demanda aumentaría en horas fuera de punta, específicamente en horas de madrugada, en donde el consumo de energía es menor evitando el congestionamiento y ayudando a homogeneizar la curva de demanda.

4.6 Necesidad de crear una tarifa para el vehículo eléctrico.

Debido al costo elevado del vehículo eléctrico una forma de incentivar su uso es ofreciendo una tarifa a menor precio y el horario más conveniente para no congestionar la red eléctrica es de madrugada, desde las 00 horas hasta las 6 am donde la demanda de energía es menor.

A continuación se muestra un cuadro de todas las opciones tarifarias existentes en donde se explica cuales son aplicables para el vehículo eléctrico.

Tabla Nº 4.11: Opciones tarifarias y su factibilidad de ser Aplicable al vehículo eléctrico.(Elaboración : Propia)

Opcion tarifaria	Dirigida a :	Aplicación a Vehículo Eléctrico
Media Tension (MT)		
MT2	-Dirigida para aquellos usuarios con consumos mínimos de demanda en el periodo de horas punta	Si aplica al vehículo eléctrico. Considera discriminación horaria para el cobro de la energía consumida. El medidor registra potencia y energía cada 15 min, por 35 días dura la memoria masa,
MT3	- Dirigida a usuarios cuyos consumos de potencia se da durante las 24 horas al día o aquellos usuarios cuyo turno de trabajo empieza en horas de la mañana y acaban pasadas las 18:00 h.	No aplica al vehículo eléctrico. La recarga del vehículo eléctrico se debe realizar durante la madrugada. Necesita una calificación previa, mediante una fórmula matemática se realiza la calificación horaria, esta orientados a medidores electromecánicos
MT4	- Dirigida para aquellos usuarios cuyos consumos de energía es intensivo en el periodo de horas punta.	No aplica al vehículo eléctrico. La recarga del vehículo eléctrico se debe realizar durante la madrugada. Necesita una calificación previa, mediante una fórmula matemática se realiza la calificación horaria, esta orientados a medidores electromecánicos
Baja Tension (BT)		
BT2	-Dirigida para aquellos usuarios con consumos mínimos de demanda en el periodo de horas punta	Si aplica al vehículo eléctrico. Considera discriminación horaria para el cobro de la energía consumida. El medidor registra potencia y energía cada 15 min, por 35 días dura la memoria masa,
BT3	-Dirigida para aquellos usuarios cuyos consumos de potencia se da durante las 24 horas al día o aquellos usuarios cuyo turno de trabajo empieza en horas de la mañana y acaban pasadas las 18:00 h	No aplica al vehículo eléctrico. La recarga del vehículo eléctrico se debe realizar durante la madrugada. Necesita una calificación previa, mediante una fórmula matemática se realiza la calificación horaria, esta orientados a medidores electromecánicos
BT4	- Dirigida para aquellos usuarios cuyos consumos de energía es intensivo en el periodo de horas punta.	No aplica al vehículo eléctrico. La recarga del vehículo eléctrico se debe realizar durante la madrugada. Necesita una calificación previa, mediante una fórmula matemática se realiza la calificación horaria, esta orientados a medidores electromecánicos
BT5A	- Solo podrán elegir esta opción tarifaria los usuarios alimentados en BT con una demanda máxima mensual de hasta 20 kW en horas punta y fuera de punta o con una demanda máxima mensual de hasta 20 kW en horas punta y de hasta 50 kW en horas fuera de punta. Dirigida a comercios e industrias.	No aplica al vehículo eléctrico. Cuenta con un medidor que registra la energía consumida pero no registra la potencia, para determinar la potencia se realiza una fórmula matemática en función al número de horas, que haría engorroso su aplicación para un número alto de usuarios, el medidor si cumple con la discriminación horaria.
BT5B	- Solo podrán elegir esta opción tarifaria los usuarios alimentados en BT con una demanda máxima mensual de hasta 20 kW en horas punta y fuera de punta o con una demanda máxima mensual de hasta 20 kW en horas punta y de hasta 50 kW en horas fuera de punta. Solo podrán elegir esta opción tarifaria los usuarios alimentados en BT con una demanda máxima mensual de hasta 20 kW en horas punta y fuera de punta o con una demanda máxima mensual de hasta 20 kW en horas punta y de hasta 50 kW en horas fuera de punta.	No aplica. No cuenta con discriminación horaria, el medidor es básico, electrónico o electromecánico solo registra consumo de energía
BT5C-AP	-Esta opción está orientada principalmente a los consumo de iluminación especial de parques, jardines, plazas y demás instalaciones de alumbrado adicional a cargo de las municipalidades, éstas podrán elegir entre la opción tarifaria BT5C y cualquier otra opción tarifaria binomial descrita en la presente guía.	No aplica al vehículo eléctrico. Tarifa orientada a alumbrado público
BT5D	-Solo podrán elegir esta opción tarifaria, los usuarios ubicados en zonas habitadas que no cuenten con la habilitación urbana correspondiente y que se encuentran alimentados directamente en bloque desde los bornes de salida de baja tensión de los transformadores de distribución MT/BT y cuya medición se efectúa en forma colectiva desde este punto de conexión.	No aplica al vehículo eléctrico. Tarifa dirigida a zonas rurales, considera un solo medidor para un grupo de usuarios.
BT6	-Solo podrán elegir esta opción tarifaria los usuarios alimentados en baja tensión con una alta participación en las horas punta o con demanda de potencia y consumo predecible, tales como avisos luminosos, cabinas telefónicas y similares, no comprendiéndose el uso residencial. La demanda máxima mensual para acceder a esta opción tarifaria es de 20kW.	No aplica al vehículo eléctrico. Tarifa dirigida a usuarios con consumos fijos (avisos luminosos, cabinas telefónicas etc.).
BT7	-Solo podrán elegir esta opción tarifaria BT7, aquellos usuarios del servicio eléctrico en baja tensión que posean un equipo de medición con las características especiales requeridas por el servicio prepago y que su demanda máxima de potencia sea de hasta 20kW.	No aplica al vehículo eléctrico. Tarifa pre - pago, uso de servicio eléctrico por corto tiempo.
BT8	-Está dirigida, para aquellos usuarios del servicio eléctrico que se encuentren ubicados en los Sistemas Eléctricos Rurales (SER) establecidos según la Ley General de Electrificación Rural (GER) y alimentados mediante sistemas fotovoltaicos. El suministro eléctrico podrá efectuarse en 12 Volts de corriente continua (CC) o en 220 Volts de corriente alterna (CA).	No aplica al vehículo eléctrico. Tarifa dirigida a zonas rurales, alimentados con sistemas fotovoltaicos.

Las opciones tarifarias a considerar como modelo son las que cuentan con discriminación horaria en potencia y energía son BT2 y MT2.

Tabla N° 4.12: Número de clientes por opción tarifaria – Dic. 2016
(Elaboración: Propia, Fuente: Osinergmin –Gart)

Tipo de consumo	Opción Tarifaria	Nº de Clientes	% de Clientes
Muy alta tension	MAT	63,00	0,00%
Alta Tension	AT	54,00	0,00%
Media Tension	MT	677,00	0,01%
2P2E	MT2	3.787,00	0,05%
1P2E, Presente en Punta	MT3P	4.053,00	0,06%
1P2E, Presente en Fuera de Punta	MT3FP	5.360,00	0,08%
1P1E, Presente en Punta	MT4P	2.111,00	0,03%
1P1E, Presente en Fuera de Punta	MT4FP	3.301,00	0,05%
2P2E	BT2	1.689,00	0,02%
1P2E, Presente en Punta	BT3P	3.153,00	0,05%
1P2E, Presente en Fuera de Punta	BT3FP	6.807,00	0,10%
1P1E, Presente en Punta	BT4P	3.214,00	0,05%
1P1E, Presente en Fuera de Punta	BT4FP	7.648,00	0,11%
2E - BT, No residencial	BT5A	1.828,00	0,03%
1P1E, Alumbrado Publico	BT5C	17.689,00	0,25%
1E, Residencial Total	BT5B	6.335.703,00	90,61%
1E, Residencial Total	BT5D	370,00	0,01%
1E-BT, No Residencial	BT5BNR	481.342,00	6,88%
1P-BT, No Residencial	BT6	15.686,00	0,22%
1E-BT, Servicio prepago	BT7	97.531,00	1,39%
1E-BT Residencial Total	BT8	774,00	0,01%
Total			100,0%

En la Tabla N° 4.12, puede observarse que la opción tarifaria BT5B, cuenta con la mayor cantidad de clientes.

4.7 Opciones para la implementación de la tarifa aplicada al vehículo eléctrico.

Para la implementación de la tarifa propuesta aplicada al vehículo eléctrico, se ha realizado una revisión a las tarifas existentes (Ver Tabla N° 4.11) de las cuales se ha optado por tomar como referencia las opciones tarifarias que cuentan con discriminación horaria, siendo las tarifas MT2 y BT2.

Con el fin de homogeneizar la curva de demanda y ofrecer un incentivo al usuario que adquiera un vehículo eléctrico se propone agregar una opción tarifaria que ofrezca menor costo y sea aplicable en horario de madrugada (desde las 00 horas hasta las 6 am), donde la demanda de energía es menor. Se plantea una tarifa en baja tensión para los usuarios que deseen instalar un cargador en su domicilio y una tarifa en media tensión

para los usuarios que deseen brindar servicios de recarga al vehículo eléctrico (electrolinera³⁹).

En el presente informe se plantea una modificación al modelo tarifario actual, en el cual se propone agregar las tarifas: BT2H para baja tensión y MT2H para media tensión, las cuales serían tarifas con una discriminación horaria adicional; es decir actualmente existe una tarifa aplica para horario hora punta (HP) y fuera de punta (FP), la propuesta del presente informe es particionar el horario “hora fuera de punta” en dos (2), los cuales serían horario “hora intermedia (HI)” y “hora valle (HV)”, considerando esta nueva discriminación horaria solo para el consumo de energía. El horario considerado para la utilización de vehículo eléctrico sería la hora valle (HV) que es el horario en la cual la curva de demanda de energía es menor (de 00 horas hasta las 6 am).

³⁹ Una estación de carga o estación de carga eléctrica, es un lugar que provee electricidad para la recarga rápida de las baterías de los vehículos eléctricos

CAPITULO V

EVALUACIÓN DE ALTERNATIVA TARIFARIA PARA SU USO EN VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

El mercado del vehículo eléctrico actualmente es impulsado debido a la preocupación por los problemas medioambientales y sociales ocasionados por la generalización del uso del vehículo combustible como medio de transporte. Los inconvenientes del vehículo a combustible es la contaminación del ambiental que produce, el consumo excesivo de combustible, los efectos sobre la salud o la saturación de las vías de circulación; han generado una preocupación creciente por encontrar alternativas que ayuden a evitar o minimizar los efectos negativos de este modelo y encontrar uno nuevo.

Para la creación de la tarifa promocional en Perú, se toma como referencia la experiencia del uso de vehículos eléctricos en Europa y América, y la aplicación de esta tarifa en función a periodos de carga para su consumo.

A continuación se resumen las propuestas de desarrollos normativos que deberían llevarse a cabo para la implantación del vehículo eléctrico:

5.1.1 Infraestructuras de Recarga.

- Desarrollo normativo para las Infraestructuras de recarga de vehículos eléctricos.
- Simplificar el diseño para el caso de viviendas existentes puede ser conveniente definir un procedimiento transitorio.
- Desarrollar la normativa y reglamentación específica que regule el diseño, características y funcionalidades de los nuevos dispositivos de las instalaciones de recarga, como son el sistema de gestión inteligente (SIG), el sistema de alimentación del vehículo eléctrico (SAVE) y las protecciones específicas.
- Se ha destacado así mismo la necesidad de estandarización de los puntos de recarga en vías y estacionamientos, sistemas de alimentación, tecnologías de información y comunicación.

5.1.2 Conexiones.

En las viviendas nuevas se debe exigir la preinstalación (cuarto de medidor y canalizaciones) para ir desarrollando conexiones individuales para cada garaje o punto de recarga (conforme se adquieren los Vehículos eléctricos).

5.1.3 Esquemas de medida.

- Con el uso de tecnología V2G (*Vehicle to Grid*) que consiste en utilizar la energía almacenada en las baterías de los vehículos eléctricos para inyectarlas al sistema eléctrico, cuando COES necesite energía en casos de estiaje (las baterías servirían de almacenamiento de energía). Esto sería aplicado siempre y cuando gran cantidad de vehículos eléctricos estuvieran en recargándose simultáneamente (es una opción a futuro).
- Garantizar la medida independiente de los consumos dedicados a la recarga, independiente del consumo doméstico.
- Los requisitos que se propongan deberán incluir la definición de los sistemas de comunicación y función exigibles a este tipo de equipos de medida, con el objeto de que sean incluidos en las Instrucciones Técnicas correspondientes.

5.1.4 Roles

Se ha señalado la necesidad de definir los roles de los distintos agentes (distribuidor, gestor de cargas, usuarios) en materia de responsabilidad de desarrollo y operación y propiedad de las infraestructuras, así como las funciones y la interacción entre agentes.

Los gestores de carga del sistema (Definido en España en el Real Decreto 647/2011, El Real Decreto también establece los derechos y obligaciones de estos gestores y los requisitos de capacidad legal, técnica y económica que deben cumplir los mismos) son aquellas sociedades mercantiles que siendo consumidores, están habilitados para la reventa de energía eléctrica para servicios de recarga energética para vehículos eléctricos.

Al igual que los consumidores en el sistema eléctrico, los gestores de cargas tienen dos posibilidades:

- Adquirir la energía en el mercado de spot, pagar los peajes correspondientes y finalmente revender la misma.
- Establecer un contrato con una empresa Generadora que les suministre la energía que posteriormente revenderán.

5.1.5 Recarga rápida

Aunque la carga rápida no vaya a tener una utilización masiva, sería necesario un esfuerzo de normalización, pues su función de recarga de oportunidad/emergencia obliga a que el uso sea universal. En general debe existir propuestas regulatorias para el desarrollo de comunicación (Smart Grids)⁴⁰ en el contexto de integración del vehículo eléctrico como base para los futuros desarrollos normativos.

⁴⁰ Son redes eléctricas de distribución eléctrica inteligente que son utilizadas para enviar

5.1.6 Gestión de la demanda

Crear un mecanismo de gestión activa de la demanda, como la creación de una tarifa promocional en horario de madrugada donde se puede cargar la batería de los vehículos eléctricos y no cause mayor Impacto en la red eléctrica para la creación de la tarifa promocional horaria.

5.2 Impacto generado por la creación de la tarifa horaria en el Perú

El vehículo eléctrico como nuevo consumidor de electricidad puede convertirse en un aliado para la diferencia de consumo que se producen entre los periodos de mayor y menor demanda eléctrica. Es muy importante que la demanda se desplace hacia las horas de menor consumo; y es ahí donde la recarga lenta nocturna opera de forma más eficiente el sistema eléctrico, el vehículo eléctrico puede jugar un papel fundamental en el aplanamiento de la curva de la demanda.

5.2.1 Los vehículos eléctricos como nuevos consumidores – Proyección 2030

a) Análisis del consumo global de los VE

Consumo eléctrico en Perú: 50 000 GWh, (del cual aproximadamente 25 000 GWh es consumo doméstico). Asumiendo la hipótesis de que en 2030 se vende un 10% de vehículos eléctricos: a Perú le correspondería un parque acumulado en 2020 de unos 50.000 vehículos eléctricos. Un vehículo eléctrico consume de media anual 2.000 kWh (para hacer 10.000 km): el consumo del parque vehículo eléctrico Perú en 2020 sería de 100 GWh: sobre la carga doméstica actual (20 000 GWh), representaría un 0,5 % de crecimiento total en 9 años, significativamente inferior al crecimiento vegetativo del consumo.

AÑO	ENERGÍA		POTENCIA	
	GWH	%	MW	%
2017	51 731	5.8%	6 950	4.7%
2018	55 778	7.8%	7 432	6.9%
2019	59 964	7.5%	7 930	6.7%
2020	64 632	7.8%	8 515	7.4%
PROMEDIO 2017 - 2020 (*)		7.2%		6.4%

* (Año base 2016)

Fig.5.1: Proyección de la demanda 2017-2020
(Fuente: www.coes.org.pe)

Hipotéticamente sería posible integrar en los próximos años hasta 50 mil vehículos eléctricos (4 kW/vehículo), sin inversiones adicionales en generación ni en la red de transporte si se hace una recarga lenta en las horas nocturnas (200 MW). No obstante, será necesario desarrollar sistemas de carga inteligentes que permitan una comunicación

vehículo-red (redes inteligentes) así como instalar medidor con discriminación horaria que ayuden a los usuarios a realizar una recarga inteligente.

b) Análisis del consumo en los domicilios

- Para un consumo total de un vehículo eléctrico, de aproximadamente 2.000kWh/año,
- Carga media: si se carga en 200 noches, da una media de 10kWh/día, lo que en 6 horas nocturnas son 1,6 kW de potencia de carga media (la mitad del domicilio medio, 3kW)
- El peor caso, carga completa (ej. 25kWh), requeriría durante 6 horas 4 kW.
- Si la penetración en 2020 es de un 0,5% (50.000 VE sobre 5.000 MW) se puede concluir que es improbable que la carga nocturna exceda en el horizonte de 2020 (200 MW). Donde pudiese ocurrir, habría que ampliar la acometida.

Conclusión: el Vehículo Eléctrico, en las penetraciones estimadas para 2020, no requerirá inversiones significativas en las redes de Distribución.

c) Incremento de demanda según el modo de recarga: Carga rápida

Desde el punto de vista de análisis de negocio, la carga rápida presenta aspectos que permiten pronosticar un bajo nivel de penetración:

- La conexión a la red deberá ser en MT: necesidad de un transformador dedicado.
- Los costos de inversión de los equipos de recarga son elevados (US 40 mil un equipo).
- El coste de la energía vendida no se beneficiará de la aplicación de la tarifa “valle”
- La velocidad de recarga depende del nivel de carga, por lo que el volumen de venta de energía nunca va a corresponder a una recarga del 100%.
- Es un servicio sólo para los vehículos eléctricos puros.
- Aunque haya un standard de carga rápida no todas las baterías son totalmente compatibles para una recarga rápida.

Conclusión: habrá pocos puntos de carga rápida y siempre requerirán un nuevo transformador.

d) Incremento de demanda según el modo de recarga. Carga lenta

- Si la recarga lenta se realiza en horas valle, un transformador que no esté sobrecargado podría atender un número de vehículos eléctricos muy por encima incluso de las previsiones más optimistas a corto plazo.
- Sin embargo, en el caso de un transformador con mayores niveles de carga, la presencia de vehículos eléctricos con carga en punta podría ser un problema.

Conclusión: En lo que respecta al análisis de uso de vehículos eléctricos en el sector residencial (garaje) se prevé va a ser muy baja en el corto plazo.

5.2.2 Mejora de la eficiencia del sistema traslado de carga en la curva de la demanda.

Si los usuarios, que pueden elegir cuándo recargar las baterías, deciden recargarlas en los periodos de menor consumo (entre la 01:00 y las 06:00 horas de la mañana) ayudarán a aplanar la curva al disminuir las diferencias producidas entre las horas punta (o periodos de mayor consumo) y las horas de menor consumo eléctrico.

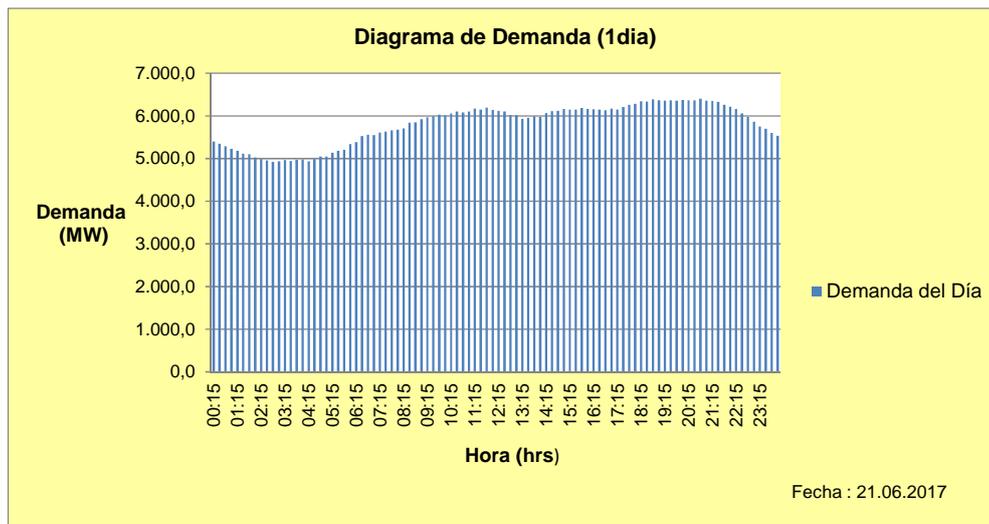


Fig.5.2: Comportamiento de la demanda durante 24 horas continuas (1 día)
(Elaboración: Propia, datos extraídos de <http://www.coes.org.pe>)

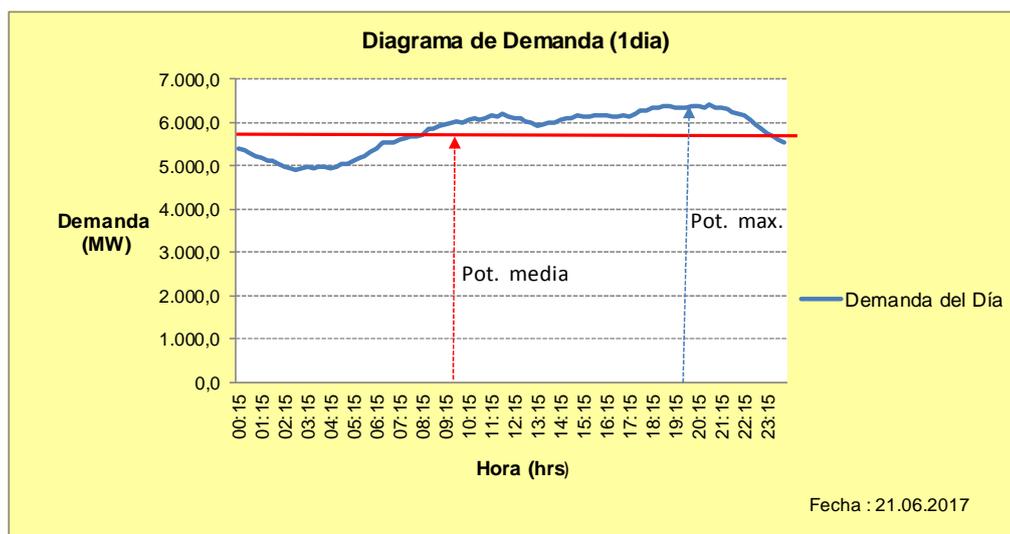


Fig.5.3: Comparación de Potencia Máxima y Potencia media
(Elaboración: Propia, datos extraídos de <http://www.coes.org.pe>).

No hay que olvidar, por otro lado, que si la recarga se realizara en hora punta, el impacto sobre la red sería perjudicial ya que supondría sobredimensionar el sistema de transporte y generación, entre otros factores negativos.

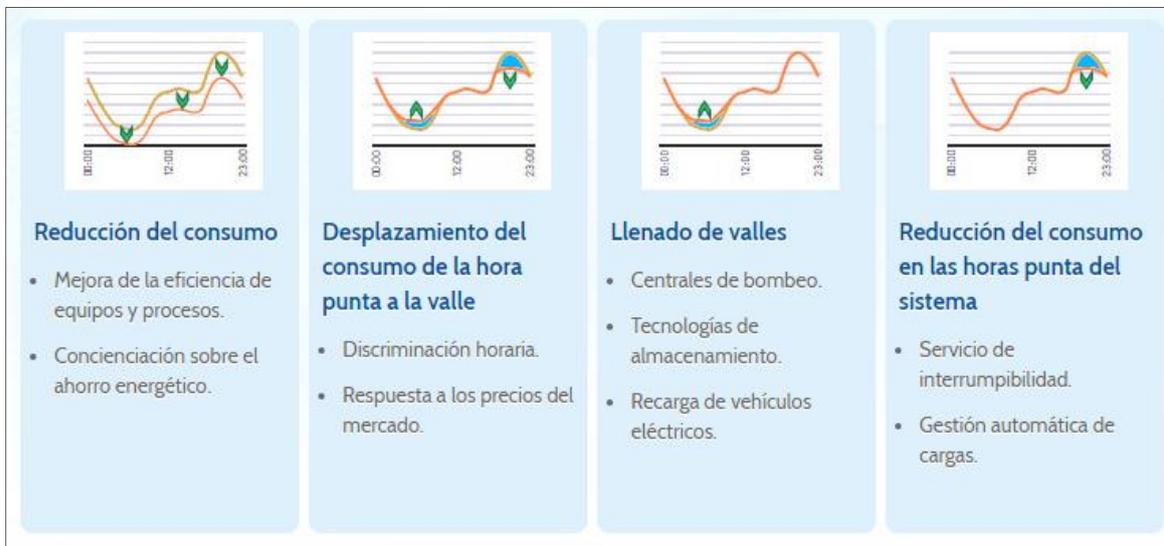


Fig.5.4: Comportamiento de la curva de demanda de energía ante la Aplicación de recarga inteligente en horas valle
(Fuente: <http://www.ree.es>)

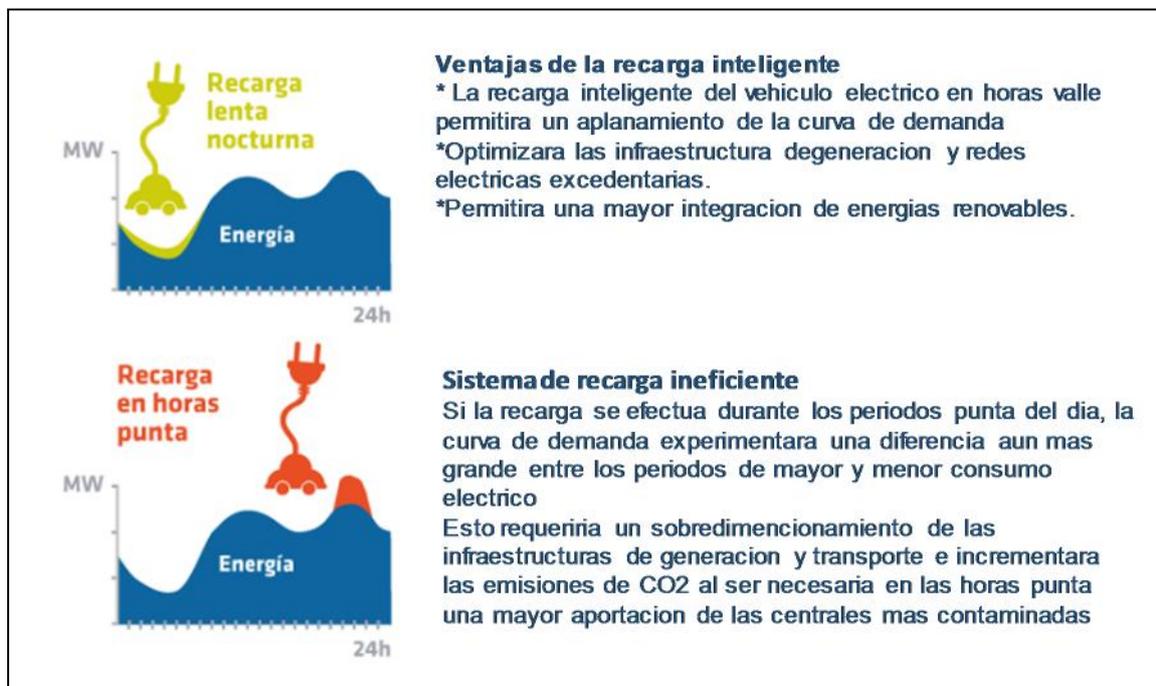


Fig. Nº: 5.5: Influencia del vehículo eléctrico en la curva de demanda de energía
(Fuente: <http://www.ree.es>)

CAPITULO VI

RESULTADOS DE EVALUACIÓN Y PROPUESTAS

En esta capítulo se muestra los resultados de la evaluación de las alternativas planteadas y presenta una propuesta de solución al modelo tarifario actual.

6.1 Evaluación

A continuación se expone los resultados de la evaluación:

- En principio las opciones tarifarias propuestas no serán tarifas nuevas, se realizara una modificación a las tarifas existentes, solo a aquellos que cuenten con vehículo Eléctrico o deseen instalar un punto de recarga para varios vehículos eléctricos.
- A pliegos tarifarios actuales (MT2, MT3, MT4, BT2, BT3, BT4, BT5B) se van a adicionar dos tarifas más (MT2H y BT2H), conservando la metodología de cálculo de las tarifas iniciales.
- La potencia requerida para cargar un vehículo eléctrico es aproximadamente 3,7 kW (6 horas de recarga), 7,4 kW (3 horas de recarga), 22 kW (1 hora de recarga), 500 kW (15min de recarga). La tarifa sería aplicable para los usuarios residenciales que cuenten con la opción tarifaria BT2H, para mayores consumos o de ser suministradores o contar con varios puntos de recarga deberán contar con la opción tarifaria MT2H.
- En caso de las electrolineras, para recarga en simultanea de 5 vehículos eléctricos, en recarga normal necesitan un promedio de 50 kW, en este caso, su tarifa sería similar a la metodología actual MT2, este usuario deberá tener una subestación para optar por la tarifa MT2H.
- El sistema de medición debe ser capaz de registrar las diferentes opciones horarias, deberá contar con un medidor inteligente (medidor con diferencia horaria de energía y potencia), el cual pueda registrar el consumo de energía discriminando los horarios.
- Esta tarifa con discriminación horaria permitirá a los usuarios cambiar sus hábitos de consumo y que no necesariamente sea exclusiva para el vehículo eléctrico (se ha denominado BT2H), cualquier consumidor eléctrico puede acogerse a la misma. Para la aplicación de esta tarifa es necesario el uso de “medidor con diferencia horaria de energía y potencia”.

- Para las empresas distribuidoras mejoraría la curva de duración horaria al disminuir las diferencias producidas entre las horas punta (periodos de mayor consumo) y las horas de menor consumo eléctrico.
- La modalidad tarifaria horaria aplicada a las unidades consumidoras baja tensión BT y media MT, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energía eléctrica de acuerdo:
 - ✓ una tarifa para el consumo de energía (S/kWh) en hora punta;
 - ✓ una tarifa para el consumo de energía (S/kWh) en hora intermedia; y
 - ✓ una tarifa para el consumo de energía (S/kWh) en hora fuera de punta

6.2 Creación de la tarifa Tri- horaria en MT y BT para el mercado eléctrico peruano

6.2.1 Cargos para facturación:

**Tabla N° 6.1: Opciones tarifarias propuestas
(Elaboración: Propia)**

Opción Tarifaria	Sistema y Parámetros de Medición	Cargos de Facturación
Media y Baja Tensión		
MT2H	Medición de dos energías activas y dos potencias activas (3E2P) Energía : Punta , Intermedia y Valle Potencia: Punta y Fuera de Punta Medición de energía reactiva Modalidad de facturación de potencia activa variable	a) Cargo fijo mensual. b) Cargo por energía activa en horas de punta. c) Cargo por energía activa en horas intermedia d) Cargo por energía activa en horas valle. e) Cargo por potencia activa de generación en horas de punta. f) Cargo por potencia activa por uso de las redes de distribución en horas de punta. g) Cargo por potencia activa por uso de las redes de distribución en horas fuera de punta. h) Cargo por energía reactiva.
BT2H	Medición de dos energías activas y dos potencias activas (3E2P) Energía : Punta , Intermedia y Valle Potencia: Punta y Fuera de Punta Medición de energía reactiva Modalidad de facturación de potencia activa variable	a) Cargo fijo mensual. b) Cargo por energía activa en horas de punta. c) Cargo por energía activa en horas intermedia d) Cargo por energía activa en horas valle. e) Cargo por potencia activa de generación en horas de punta. f) Cargo por potencia activa por uso de las redes de distribución en horas de punta. g) Cargo por potencia activa por uso de las redes de distribución en horas fuera de punta. h) Cargo por energía reactiva.

6.2.2 Cálculo de los cargos tarifarios

**Tabla Nº 6.2: Formulas de tarifas propuestas
(Elaboración: Propia)**

Tarifa	Parámetros
MT2H	<p>A) Cargo Fijo Mensual (S./mes) : CFH</p> <p>B) Cargo por Energía Activa (S./kW.h) B.1) En horas de Punta: $PE_{MT} \times PE_{punta}$ B.2) En horas intermedia: $PE_{MT} \times PE_{intermedia}$ B.3) En horas valle: $PE_{MT} \times PE_{valle}$</p> <p>C) Cargos por Potencia Activa (S/ .kW-mes) C.1) Para la facturación de la potencia activa de generación en horas de punta: $PP_{MT} \times PP \times FCP_{MT}$ C.2) Para la facturación de la potencia activa por uso de las redes de distribución en horas de punta: $VM_{TPP} \times FCP_{MT}$ C.3) Para la facturación del exceso de potencia activa por uso de las redes de distribución en horas fuera de punta: $VM_{TFP} \times FCF_{MT}$</p> <p>D) Cargo por Energía Reactiva (S./kVAR.h): CER</p>
BT2H	<p>A)Cargo Fijo Mensual (S./mes) CFH</p> <p>B) Cargo por Energía Activa (S./kW.h) B.1) En horas de Punta: $PE_{BT} \times PE_{punta}$ B.2) En horas intermedia: $PE_{BT} \times PE_{intermedia}$ B.3) En horas valle: $PE_{BT} \times PE_{valle}$</p> <p>C) Cargos por Potencia Activa (S/ .kW-mes) C.1) Para la facturación de la potencia activa de generación en horas de punta: $PP_{BT} \times PP \times FCP_{BT}$ C.2) Para la facturación de la potencia activa por uso de las redes de distribución en horas de punta: $(VM_{TPP} \times PP_{BT} + VB_{TPP}) \times FCP_{BT}$ C.3) Para la facturación del exceso de potencia activa por uso de las redes de distribución en horas fuera de punta $VB_{TFP} \times FCF_{BT}$</p> <p>D) Cargo por Energía Reactiva (S./kVAR.h) CER</p>

6.3 Condiciones específicas de aplicación

6.3.1 Facturación de la Energía Activa

La facturación de los consumos de energía activa se realizar considerando los horarios hora punta, hora intermedia y hora valle, de acuerdo a la opción tarifaria elegida.

6.3.2 Facturación del cargo por potencia activa de generación

En estas opciones tarifarias, la potencia activa de generación está dada por la máxima potencia activa registrada mensual en horas de punta en el periodo de medición,

expresada en kW. De esta manera la facturación de potencia activa para la remuneración de la potencia activa de generación, se obtendrá multiplicando la potencia activa a facturar, por el cargo mensual por potencia activa de generación en horas de punta.

6.3.3 Facturación del cargo por potencia por uso de las redes de distribución

Para la remuneración del uso de las redes de distribución, estas opciones tarifarias consideran precios diferenciados para la facturación de la potencia, en la modalidad potencia variable, según si ésta es efectuada en horas de punta o bien en horas de fuera de punta, según se define a continuación:

6.3.4 Facturación de Potencia en horas de Punta

La facturación es igual al producto de la potencia a facturar en horas de punta por el cargo mensual de potencia activa por uso de las redes de distribución en horas de punta.

6.3.5 Facturación por exceso de Potencia Activa

Esta facturación es igual al producto del exceso de potencia para la remuneración del uso de las redes, por el cargo mensual por exceso de potencia activa por uso de las redes de distribución en horas fuera de punta (mayor registro en el periodo intermedia o valle).

El exceso de potencia para la facturación del uso de las redes es igual a la diferencia entre la potencia a facturar en horas fuera de punta (mayor registro en el periodo intermedia o valle). Menos la potencia a facturar en horas de punta para la remuneración de las redes de distribución, siempre y cuando sea positivo. En caso contrario será igual a cero.

6.4 Cálculo de los factores de los cargos tarifarios de energía y potencia

A continuación se definen los parámetros empleados en las fórmulas tarifarias para el cálculo de los cargos tarifarios.

Precio de la energía en la barra equivalente de media tensión (S/. /kW.h)

$$PE_k = PE_{PP} + PE_{FP} \quad (\text{Ec. 6.1})$$

Factores de ponderación del precio de la energía

$$\%Ep_k = \%Ep_{\text{punta}} + \%Ep_{\text{intermedia}} + \%Ep_{\text{valle}} = 100\% \quad (\text{Ec.6.2})$$

Precio de la energía en la barra equivalente de media tensión ponderado(S/. /kW.h)

$$PE_k = PE_{\text{punta}} + PE_{\text{intermedia}} + PE_{\text{valle}} \quad (\text{Ec. 6.3})$$

$$PE_{\text{punta}} = PE_k \times Ep_{\text{punta}}^{41} \quad (\text{Ec. 6.4})$$

⁴¹ Actualmente el software que utilizan Osinergmin —Perseo o SDDP—y el COES, determinan la proyección de costos marginales en tres periodos horarios —valle, intermedia y punta—, y a partir de los resultados determinan los precios de tarifas en barra, pero solo en dos periodos horarios —punta y fuera de punta—, siendo el precio en barra un promedio de costos marginales proyectados, que regirán para cada año—se determina en mayo de cada año y su vigencia dura un año— dependiendo de las condiciones del mercado, esta subirán o bajarán, Osinergmin solo

$$PE_{intermedia} = PE_k \times Ep_{intermedia} \tag{Ec. 6.5}$$

$$PE_{Valle} = PE_k \times Ep_{Valle} \tag{Ec.6.6}$$

Dónde:

Los cargos tarifarios para las distintas opciones tarifarias se obtendrán según las fórmulas tarifarias siguientes:

Tabla N° 6.3: Descripción de parámetros de potencia y energía de tarifas propuestas (Elaboración: Propia)

Parámetro	Definición
Ep	Total de los factores de ponderación del precio de la energía (%)
Ep _{punta}	Factor de participación de la energía en horas punta (%)
Ep _{intermedia}	Factor de participación de la energía en horas intermedia (%)
Ep _{valle}	Factor de participación de la energía en horas valle(%)
PE _{punta}	Precio de la energía en horas de punta en la barra equivalente de media tensión (S/. /kW.h)
PE _{intermedia}	Precio de la energía en horas intermedia en la barra equivalente de media tensión (S/. /kW.h)
PE _{valle}	Precio de la energía en horas valle en la barra equivalente de media tensión (S/. /kW.h)

6.5 Expansión de Tarifas

La expansión de tarifas reguladas de generación se efectúa con la finalidad de evaluar el impacto en la tarifa.

6.5.1 Sistema Tarifario actual

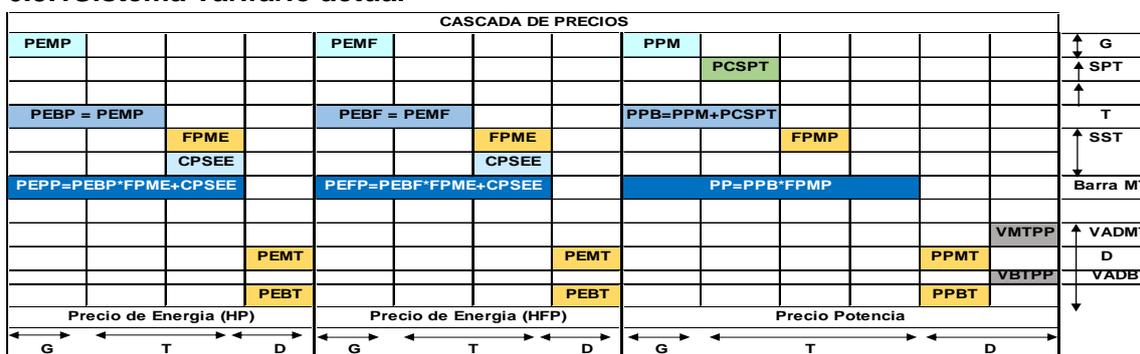


Fig.6.1: Sistema Actual (Elaboración: Propia)

Los Precios de la Energía en Barra Base (PEB):

$$PEPP = PEMP \times FPME + CPSEE \tag{Ec. 6.7}$$

$$PEFP = PEMF \times FPME + CPSEE \tag{Ec.6.8}$$

Dónde:

PEMP: Precio de la Energía a Nivel Generación en Horas de Punta para las Subestaciones Base del Sistema, establecido en la Resolución de Generación, expresado en céntimos de S/./kWh.

publica dos precios, para la barra de referencia Lima 220 KV, el presente informe propone a partir de estos dos resultados una ponderación de valores para determinar la discriminación de precios, si Osinergmin publica las tarifas en barra para tres periodos o más, simplemente se remplazaría la ponderación de la presente formula por los precios que determine Osinergmin.

PEMP: Precio de la Energía a Nivel Generación en Horas de Punta para las Subestaciones Base del Sistema, establecido en la Resolución de Generación, expresado en céntimos de S./kWh.

PEMHI: Precio de la Energía a Nivel Generación en Horas Intermedia para las Subestaciones Base del Sistema, establecido en la Resolución de Generación, expresado en céntimos de S./kWh.

PEMHV: Precio de la Energía a Nivel Generación en Horas Valle para las Subestaciones Base del Sistema, establecido en la Resolución de Generación, expresado en céntimos de S./kWh.

PEBP: Precio en Barra de la Energía en Horas de Punta, expresado en céntimos de S./kWh.

PEBHI: Precio en Barra de la Energía en Horas Intermedia, establecido en la Resolución de Generación, expresado en céntimos de S./kWh.

PEBHV: Precio en Barra de la Energía en Horas Valle, establecido en la Resolución de Generación, expresado en céntimos de S./kWh.

CPSEE: Cargo de Peaje Secundario por Transmisión Equivalente en Energía, establecido en la Resolución de Transmisión, expresado en céntimos de S./kWh.

Los Precios de la Energía en Barra Base (PEB):

$$PEBP = PEMP + CPSEE \quad (\text{Ec. 6.13})$$

$$PEBF = PEMF + CPSEE \quad (\text{Ec. 6.14})$$

Los Precios de la Potencia en Barra Base (PPB):

$$PPB = PPM + PCSPT \quad (\text{Ec. 6.15})$$

Dónde:

PPM: Precio de la Potencia de Punta a Nivel Generación, establecido en la Resolución de Generación, expresado en S./kW-mes.

PPB: Precio en Barra de la Potencia de Punta, expresado en S./kW-mes.

PCSPT: Cargo de Peaje Unitario por Conexión al Sistema Principal de Transmisión, establecido en la Resolución de Transmisión, expresado en S./kW-mes

6.8 Propuesta normativa de tarifa tri horaria

El objetivo de esta tarifa es optimizar el uso eficiente de la infraestructura de redes de distribución existente, para lograr este objetivo se implementó un mecanismo a través de la tarifa como “incentivo” al usuario para el traslado de consumos de horas punta a horarios fuera de punta, orientado a usuarios con opciones tarifarias BT2 y MT2 que mantienen su calificación de “presentes en horas punta”, este incentivo será mayor si la energía reducida o trasladada se realiza a hora de madrugada. Siendo las principales características:

- Esta opciones tarifaria considera para la facturación de energía precios diferenciados de energía, si ésta se efectúa en horas de punta o bien en horas fuera de punta que pueden ser dentro de las horas intermedias y horas valle.
- Esta opción tarifaria mantiene la misma metodología de la tarifa MT2 para la facturación de la potencia de generación y distribución.
- Esta opción tarifaria se aplicará solamente a los usuarios que tienen el sistema de medición adecuado.

6.7 Definición de horas de punta, intermedia y valle

El esquema de discriminación horaria tiene por finalidad que sean los propios usuarios los que decidan sus consumos en las distintas franjas horarias del día, lo que permitirá aplicar una política más afinada de gestión de la demanda y, en definitiva, suavizar los picos de las gráficas de la demanda eléctrica, promoviendo, de forma efectiva, el ahorro energético y la eficacia en el consumo.

6.7.1 Discriminación horaria propuesta

Los consumidores que opten por acogerse a este nuevo esquema tarifario tendrán que instalar un medidor con discriminador de tres periodos horarios (punta, intermedia y valle).

- **Hora punta:** Se entenderá por horas de punta, el periodo comprendido entre las 18:00 y las 23:00 horas de cada día de todos los meses del año.
- **Hora Intermedia:** Se entenderá por horas intermedia, el periodo comprendido entre las 6:00 y las 18:00 horas de cada día de todos los meses del año.
- **Hora valle:** Se entenderá por horas valle, al resto de horas del mes no comprendidas en las horas de punta y intermedia.

6.7.2 Grafica de discriminación horaria actual y propuesta.

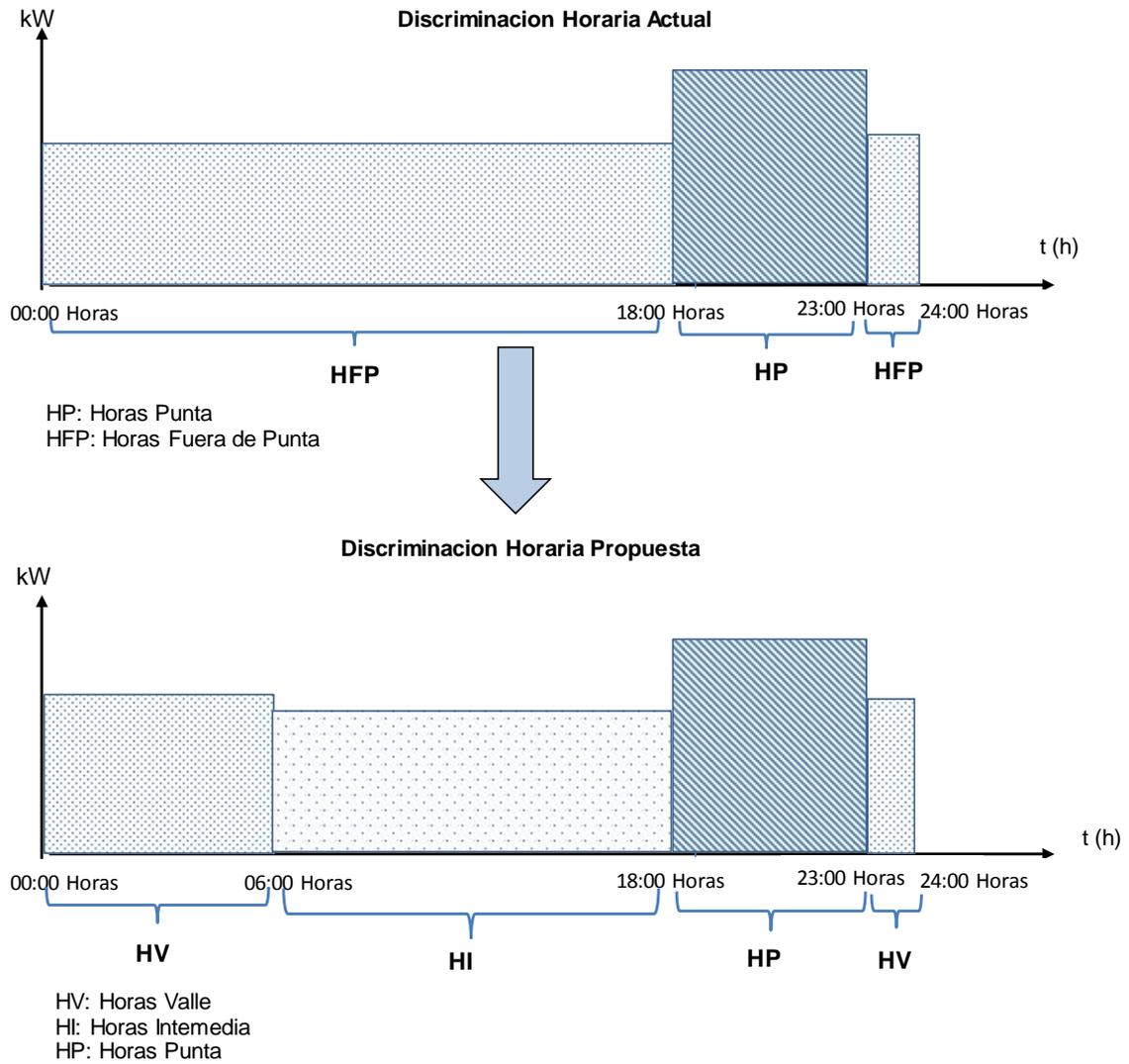


Fig.6.3: Comparación de Discriminación Horaria actual y propuesta (Elaboración: Propia)

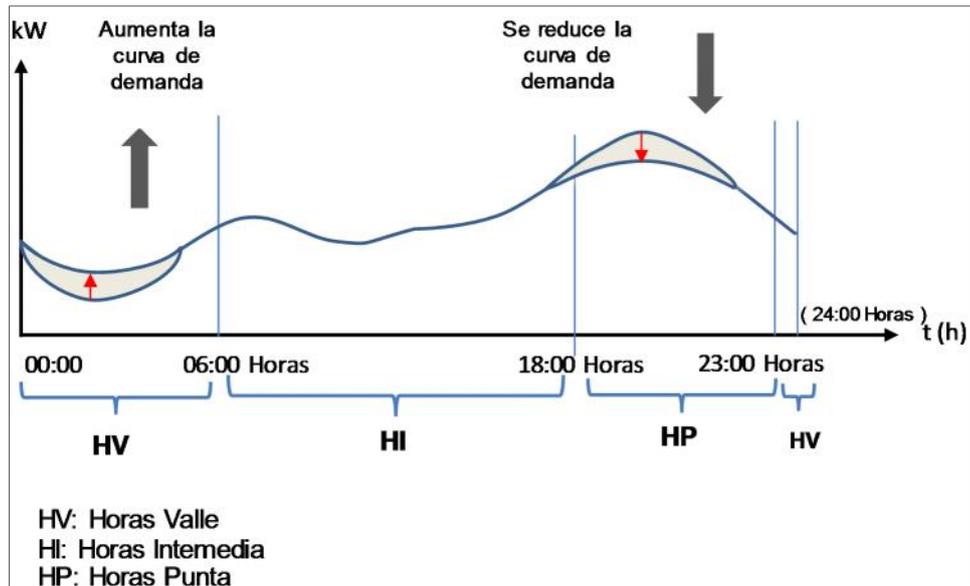


Fig.6.4: Variación de la demanda con la aplicación de horario Tripolar e Incorporación del vehículo eléctrico (Elaboración: Propia)

6.8 Calculo de precios de potencia y energía para la tarifa BT2H y MT2H

$$PEPP = PEBP \cdot FPME + CBPSE \quad (\text{Ec. 6.16})$$

$$PEFP = PEBF \cdot FPME + CBPSE \quad (\text{Ec. 6.17})$$

$$Pek = PEPP + PEFP \quad (\text{Ec.6.18})$$

$$Pepunta = Pek \times Ep \text{ punta} \quad (\text{Ec.6.19})$$

$$Peintermedia = Pek \times Ep \text{ intermedia} \quad (\text{Ec.6.20})$$

$$PE \text{ Valle} = Pek \times Ep \text{ Valle} \quad (\text{Ec.6.21})$$

**Tabla N°6.4: Opciones Tarifaria en Baja Tensión (BT)
Actual (BT2) y Propuesta (BT2H)
(Elaboración: Propia)**

Tarifa actual	
BT2 = Cargo fijo mensual (S./mes)	
Cargo por Energía Activa en horas Punta: $PEMT \times PEBT \times Pepunta$	(S./kW.h)
Cargo por Energía Activa en horas Fuera de Punta : $PEMT \times PEBT \times Pefuera \text{ de punta}$	(S./kW.h)
Cargos por Potencia Activa para facturación de la potencia activa de generación en horas de punta: $PPMT \times PPBT \times PP \times FCPPBT$	(S./kW-mes)
Cargos por Potencia Activa, para la facturación de la potencia activa por uso de las redes de Distribución en horas punta: $(VTMPP \times PPBT + VBTPP) \times FCPPBT$	(S./kW-mes)
Para la facturación del exceso de potencia activa por uso de redes de distribución en horas fuera de punta: $VBTFP \times FCFPBT$	(S./kW-mes)
Cargo por energía reactiva: CER	(S./kVAR.h)
Opción tarifaria propuesta	
BT2H =Cargo fijo mensual	(S./mes)
Cargo por Energía Activa en horas Punta: $PEMT \times PEBT \times Pepunta$	(S./kW.h)
Cargo por Energía Activa en horas Intermedias: $PEMT \times PEBT \times PE \text{ intermedia}$	(S./kW.h)
Cargo por Energía Activa en horas valle: $PEMT \times PEBT \times PE \text{ Valle}$	(S./kW.h)
Cargos por Potencia Activa para facturación de la potencia activa de generación en horas de punta: $PPMT \times PPBT \times PP \times FCPPBT$	(S./kW-mes)
Cargos por Potencia Activa, para la facturación de la potencia activa por uso de las redes de Distribución en horas punta: $(VTMPP \times PPBT + VBTPP) \times FCPPBT$	(S./kW-mes)
Para la facturación del exceso de potencia activa por uso de redes de distribución en horas fuera de punta: $VBTFP \times FCFPBT$	(S./kW-mes)
Cargo por energía reactiva CER	(S./kVAR.h)

**Tabla Nº 6.5: Opciones Tarifaria en Media Tensión (MT)
Actual (MT2) y Propuesta (MT2H)
(Elaboración: Propia)**

Tarifa actual	
MT2 = Cargo fijo mensual	(S./mes)
Cargo por Energía Activa en horas Punta: PEMT x Pepunta	(S./kW.h)
Cargo por Energía Activa en horas Fuera de Punta : PEMT x Pefuera de punta	(S./kW.h)
Cargos por Potencia Activa para facturación de la potencia activa de generación en horas de punta: PPMT x PP x FCPPMT	(S./kW-mes)
Cargos por Potencia Activa, para la facturación de la potencia activa por uso de las redes de Distribución en horas punta: VMTPP x FCPPMT	(S./kW-mes)
Para la facturación del exceso de potencia activa por uso de redes de distribución en horas fuera de punta: VMTFP x FCFPMT	(S./kW-mes)
Cargo por energía reactiva: CER	(S./kVAR.h)
Opción Tarifaria propuesta	
MT2H = Cargo fijo mensual (S./mes)	
Cargo por Energía Activa en horas Punta: PEMT x Pepunta	(S./kW.h)
Cargo por Energía Activa en horas Intermedias: PEMT x PE intermedia	(S./kW.h)
Cargo por Energía Activa en horas valle: PEMT x PE Valle	(S./kW.h)
Cargos por Potencia Activa para facturación de la potencia activa de generación en horas de punta: PPMT x PP x FCPPMT	(S./kW-mes)
Cargos por Potencia Activa, para la facturación de la potencia activa por uso de las redes de Distribución en horas punta: VTMPP x FCPPMT	(S./kW-mes)
Para la facturación del exceso de potencia activa por uso de redes de distribución en horas fuera de punta: VBTFP x FCFPBT	(S./kW-mes)
Cargo por energía reactiva CER	(S./kVAR.h)

Dónde:

PEPP: Precio de la energía en horas de punta en la barra equivalente de media tensión (S./ kW.h)

PEFP: Precio de la energía en horas de fuera de punta en la barra equivalente de media tensión (S./ kW.h)

PEMT: Factor de expansión de pérdidas de energía en media tensión.

PPMT: Factor de expansión de pérdidas de potencia en media tensión.

VMTPP: Valor agregado de distribución en media tensión para demandas de punta (S/./kW-mes).

FCPPMT: Factor de coincidencia para demandas de punta en media tensión.

VMTFP: Valor agregado de distribución en media tensión para demandas fuera de punta (S/./kW-mes).

FCFPMT: Factor de coincidencia para demandas fuera de punta en media tensión.

6.9 Aplicación práctica de las nuevas opciones tarifas

Las opciones tarifarias propuestas son en media tensión para quienes opten por brindar servicios de recarga al vehículo eléctrico y en baja tensión para quienes obtén por realizar la recarga domiciliaria.

A continuación se muestra un modelos de áreas de recarga para el vehículo eléctrico.



Fig.6.5: Modelo de Electrolinea⁴²
(Fuente: Tesla Supercharger)

⁴² Fuente: <https://www.yelp.com/biz/tesla-supercharger-culver-city>

Fig.6.6: Modelo de Recarga domiciliaria⁴³

Aplicación de opciones tarifarias, considerando los precios vigentes a marzo del 2017, considerándose como referencia un igual consumo de potencia y energía.

El análisis se efectuó sobre 8 opciones tarifarias, estimadas como las más representativas de las restantes, como son: la opción BT5B residencial, la opción BT4 presente en punta, la opción MT2., la opción BT2, la opción BT3 presente en punta y la opción BT5A, y las tarifas propuestas en el presente informe BT2H y MT2H. Para cada una de ellas se estableció un consumo característico de referencia, a los efectos de comparación, según se indica en el cuadro **Tabla N° 6.6**

**Tabla N° 6.6: Usuario con un consumo de Potencia (HP): 20 kW,
Potencia (FP): 60 kW, Energía (HP): 100 kWh, Energía (HFP):5980 kWh**

BT5B	BT4 pp	MT2	BT2	BT3PP	BT5A	BT2H	MT2H
Energía mensual [kWh/mes]	Energía mensual [kWh/mes]	Pot.punta [kW]	Pot.punta [kW]		Pot.punta [kW]	Pot.punta [kW]	Pot.punta [kW]
5.980	5.980	20	20		20	20	20
	Pot. Presente punta [kW]	Pot. Fuera de punta [kW]	Pot. Fuera de punta [kW]	Pot. Presente punta [kW]	Pot. Fuera de punta [kW]	Pot. Fuera de punta [kW]	Pot. Fuera de punta [kW]
	60	60	60	60	60	60	60
		Energía punta [kWh/mes]	Energía punta [kWh/mes]	Energía punta [kWh/mes]			
		100	100	100	100	100	100
		Energía Fuera de punta [kWh/mes]	Energía Intermedia [kWh/mes]	Energía Intermedia [kWh/mes]			
		5.880	5.880	5.880	5.880	5.400	5.400
						Energía Valle [kWh/mes]	Energía Valle [kWh/mes]
						480	480

A continuación se realiza el cálculo para cada opción tarifaria considerando los parámetros y cálculos correspondientes (MT2H y BT2H). En las opciones tarifarias BT3, BT4 y BT5A, no se está considerando el valor de la potencia en horas fuera de punta,

⁴³ Ford lanza un nuevo Focus eléctrico y anuncia 13 modelos más en los próximos cinco años. (http://www.vozpopuli.com/altavoz/automocion/Ford-Focus-electrico-modelos-proximos_0_999200535.html). Publicado febrero 2017

debido a que son opciones tarifarias que solo considera el mayor valor de la potencia utilizada indiferente del horario en que se presente (hora fuera de punta u hora punta), para nuestro ejemplo el máximo valor de potencia se presentó en hora punta, por ello solo consideramos el valor de la potencia en hora punta.

**Tabla Nº 6.7: Precios y Cargos de la Potencia y Energía
Según Opciones Tarifarias
(Elaboración: Propia)**

Medición de dos energías activas y dos potencias activas (2E2P)	Unidad	Media Tensión MT2	Baja Tensión BT2
Cargo Fijo Mensual	S./mes	3,34	3,34
Cargo por Energía Activa en Horas de Punta	ctm. S./kW.h	21,38	23,41
Cargo por Energía Activa en Horas Fuera de Punta	ctm. S./kW.h	17,57	19,24
Cargo por Potencia de Generación en HP	S./kW-mes	52,29	55,57
Cargo por Potencia de Distribución en HP	S./kW-mes	9,00	45,78
Cargo por Exceso de Potencia de Distribución en HFP	S./kW-mes	10,59	36,45
Cargo por Energía Reactiva	ctm. S./kVar.h	3,36	3,36
Medición de dos energías activas y una potencia activa (2E1P)	Unidad	Baja Tensión BT3	
Cargo Fijo Mensual	S./mes	2,79	
Cargo por Energía Activa en Horas de Punta	ctm. S./kW.h	23,41	
Cargo por Energía Activa en Horas Fuera de Punta	ctm. S./kW.h	19,24	
Cargo por Potencia de generación Presentes en Punta	S./kW-mes	42,20	
Cargo por Potencia de distribución Presentes en Punta	S./kW-mes	44,76	
Cargo por Energía Reactiva	ctm. S./kVar.h	3,36	
Medición de una energía activa y una potencia activa (1E1P)	Unidad	Baja Tensión BT4	
Cargo Fijo Mensual	S./mes	2,79	
Cargo por Energía Activa	ctm. S./kW.h	20,25	
Cargo por Potencia de generación Presentes en Punta	S./kW-mes	42,20	
Cargo por Potencia de distribución Presentes en Punta	S./kW-mes	44,76	
Cargo por Energía Reactiva	ctm. S./kVar.h	3,36	
Medición de dos energías activas (2E)	Unidad	Baja Tensión BT5A	
Cargo Fijo Mensual	S./mes	2,79	
Cargo por Energía Activa en Horas de Punta, 50 kW en Fuera de Punta	ctm. S./kW.h	106,51	
Cargo por Energía Activa en Horas Fuera de Punta	ctm. S./kW.h	19,24	
Cargo por Exceso de Potencia en Horas Punta y/o Horas Fuera de Punta	S./kW-mes	38,90	
Medición de una energía activa (1E)	Unidad	BT5B	
Cargo Fijo Mensual	S./mes	2,35	
Cargo por Energía Activa	ctm. S./kW.h	45,81	
Medición de dos energías activas y dos potencias activas (2E2P)	Unidad	Media Tensión MT2H	Baja Tensión BT2H
Cargo Fijo Mensual	S./mes	3,34	3,34
Cargo por Energía Activa en Horas de Punta	ctm. S./kW.h	20,26	22,18
Cargo por Energía Activa en Horas Intermedia	ctm. S./kW.h	13,14	14,38
Cargo por Energía Activa en Horas Valle	ctm. S./kW.h	5,45	5,97
Cargo por Potencia de Generación en HP	S./kW-mes	52,29	55,57
Cargo por Potencia de Distribución en HP	S./kW-mes	9,00	45,78
Cargo por Exceso de Potencia de Distribución en HFP	S./kW-mes	10,59	10,59
Cargo por Energía Reactiva	ctm. S./kVar.h	3,36	3,36

Aplicando el pliego tarifario a marzo del 2017, se simula a continuación los resultados de la facturación que tendría para cada opción tarifaria, se muestran los resultados de la facturación:

**Tabla N°6.8: Facturación (S/.) según tipo de opción tarifaria
(Elaboración: Propia)**

Tarifa Vigente	BT5B	BT4 pp	MT2	BT2	BT3 pp	BT5A	BT2H	MT2H
LIMA NORTE ST1	273.930,85	126.335,62	107.127,14	118.961,66	118.769,46	125.341,90	86.240,91	77.701,48

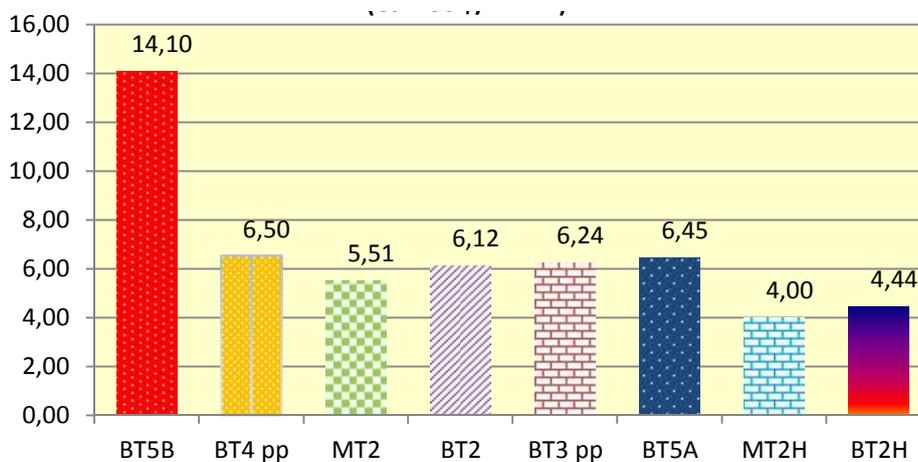
**Tabla N°6.9: Precio medio (Ctm S/ kW.h.)
(Elaboración: Propia)**

Tarifa Vigente	BT5B	BT4 pp	MT2	BT2	BT3 pp	BT5A	BT2H	MT2H
LIMA NORTE ST1	45,81	21,13	17,91	19,89	20,27	20,96	14,42	12,99

**Tabla N°6.10: Precio medio (Ctm US \$/ kW.h.)⁴⁴
(Elaboración: Propia)**

Tarifa Vigente	BT5B	BT4 pp	MT2	BT2	BT3 pp	BT5A	MT2H	BT2H
LIMA NORTE ST1	14,10	6,50	5,51	6,12	6,24	6,45	4,00	4,44

A continuación se muestra el diagrama de barras en la cual se muestra las diferencias en las facturaciones siendo el de menos costo la opción tarifaria MT2H y la más alta BT5B



**Fig.6.7: Precio Medio Lima Norte (Ctm US \$/kW.h.)
(Elaboración: Propia)**

En la tarifa BT5B no es nada atractiva en comparación con la tarifa BT2H, la cual es menor que las tarifas actuales BT3 y BT4.

⁴⁴ Tipo de Cambio S/. 3,249. Fuente : www.bcrp.gob.pe

A continuación se realiza una comparación de gastos entre utilizar un vehículo a combustible, a gas y eléctrico considerando un recorrido diario de 40 km (1 día de trabajo).

Tabla N° 6.11: Comparación de costos por un recorrido promedio Anual de 14,600 km y 40 por día (Fuente: Elaboracion propia)

Descripción	Vehículo a combustible (Nissan Versa)	Vehículo a Gas (Nissan Versa)	Vehículo Eléctrico (Nissan Leaf)	Vehículo Eléctrico (Nissan Leaf) (En España)
Autonomía	1 Galón/34 km	8 m3/85 km	24 kWh/180km	24 kWh/180km
Recorrido promedio anual	14600 km	14600 km	14600 km	14600 km
Recorrido promedio por día	40 km	40km	40km	40km
Costo unitario de combustible/energía (Dólares)	3,95 US\$/Galón	0,47 US\$/m3	Tarifa BT2H (Recarga en domicilio)	Tarifa Súper Valle (España)
			0,044 US\$/kWh	0,084 US\$/kWh
Costo unitario de combustible/energía (Soles)	12,87 Soles/Galón	1,53 Soles/m3	Tarifa BT2H (Recarga en domicilio)	Tarifa Súper Valle (España)
			0,14 Soles/kWh	2,73 Soles/kWh
Gasto Total Anual (recorrido de 14,600km).	5.526,53 Soles	2.102.40 Soles	272,53 Soles	28.343,47 Soles (Transitando en España)
Gasto Total por día x un recorrido de 40 km	15,14 Soles	5,76 Soles	0,75 Soles	14,56 Soles (Transitando en España)

Ejemplo:

- El precio de la electricidad es competitiva, con el gas natural vehicular y combustible. Mientras que los vehículos de gasolina gastan S/. 45,42 en combustible aproximadamente por recorrer 120 kilómetros y S/. 17,28 el vehículo a gas, los vehículos propulsados eléctricamente gastan S/. 2,24 por viajar la misma distancia.
- Con el gasto para ir 120 km, bajo un vehiculó de gasolina, sería posible volver a llenar el vehículo eléctrico 20 veces y caminar al 2,422 km.

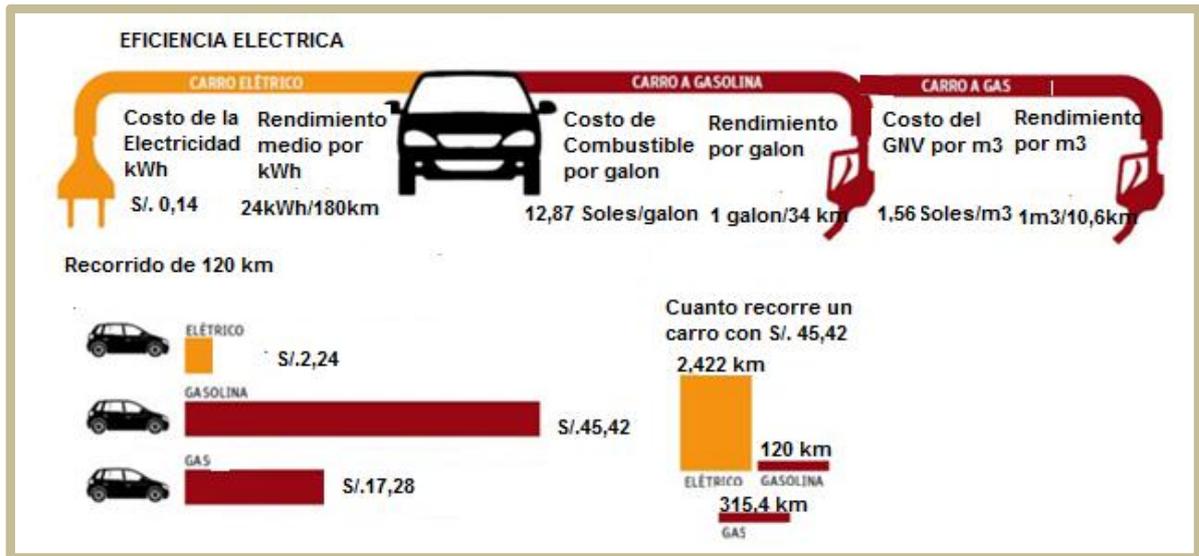


Fig. 6.8: Comparación de costos y recorrido por tipo de vehículo (carro)
(Fuente: Elaboración propia)

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

7.1.1 Introducción de las opciones tarifarias propuestas al marco regulatorio

Es posible introducir al marco regulatorio las tarifas propuestas, porque son tarifas resultado de la modificación a las ya existentes, siendo las opciones tarifarias modificadas BT2 y MT2, las cuales cuentan medidores inteligentes que registran el consumo de energía y potencia con discriminación horaria. Las opciones tarifarias propuestas son BT2H y MT2H, a las cuales derivan de la opción tarifaria BT2 y MT2 agregando un bloque horario para el registro de consumo de energía (Hora valle).

7.1.2 Las condiciones para optar por una tarifa BT2H o MT2H

- En principio las opciones tarifarias propuestas no serán tarifas nuevas, se realizara una modificación a las tarifas existentes, las cuales podrán ser utilizadas por los usuarios que cuenten con vehículo Eléctrico o deseen instalar una estación de recarga.
- A pliegos tarifarios actuales (MT2, MT3, MT4, BT2, BT3, BT4, BT5B), se van a adicionar dos tarifas más (MT2H y BT2H), conservando la metodología de cálculo para las tarifas iniciales.
- La potencia requerida para cargar un vehículo eléctrico es aproximadamente 3,7 kW (6 horas de recarga), 7,4 kW (3 horas de recarga), 22 kW (1 hora de recarga), 500 kW (15min de recarga). La tarifa sería aplicable para los usuarios residenciales que cuenten con la opción tarifaria BT2H, para mayores consumos o de ser suministradores o contar con varios puntos de recarga deberán contar con la opción tarifaria MT2H.
- En caso de las electrolineras, para recarga en simultanea de 5 vehículos eléctricos, en recarga normal necesitan un promedio de 50 kW, en este caso, su tarifa sería similar a la metodología actual MT2, este usuario deberá tener una subestación para optar por la tarifa MT2H.
- El sistema de medición debe ser capaz de registrar las diferentes opciones horarias, deberá contar con un medidor inteligente (medidor con diferencia horaria de energía y potencia), el cual está programada para registrar el consumo de energía discriminando los horarios.

- La tarifa propuesta (con discriminación horaria) permitirá a los usuarios cambiar sus hábitos de consumo y que no necesariamente sea exclusiva para el vehículo eléctrico (se ha denominado BT2H), cualquier consumidor eléctrico puede acogerse a la misma. Para la aplicación de esta tarifa es necesario el uso de “medidor con diferencia horaria de energía y potencia”.
- La discriminación horaria: Hora Valle, Hora Intermedia y Hora punta, solo se aplica para el cálculo de las tarifas de energía en el caso de la potencia se sigue aplicando la metodología actual.

7.1.3 Motivos por el cual se debe introducir al marco regulatorio una tarifa aplicada al vehículo eléctrico

- La discriminación horaria propuesta en el presente informe es utilizada en otros países no solo para la recarga del vehículo eléctrico sino para incentivar al usuario a utilizar mayor energía en horas de menor demanda, en donde la curva de demanda es menor.
- Las razones para el cambio del vehículo de combustión interna por el del vehículo eléctrico son dos (2): i) El primero es la disponibilidad reducida del petróleo, y, ii) El segundo es el impacto ambiental asociado al uso de este recurso.
- En los últimos años la tecnología del vehículo eléctrico ha ido evolucionando a nivel mundial, haciéndose más notorio en Europa aunque aún falta perfeccionar su sistema de recarga, su producción está en aumento.
- Respecto al impacto que se tendría en el sistema eléctrico peruano, en un futuro los vehículos eléctricos tendría un efecto positivo en el sistema eléctrico peruano. Con el uso de tecnología V2G (Vehicle to Grid) que consiste en utilizar la energía almacenada en las baterías de los vehículos eléctricos para inyectarlas al sistema eléctrico. Es decir contando con 100,000 de vehículos eléctricos conectados (en proceso de recarga), estas podrían formar parte del sistema eléctrico y/o ser utilizadas cuando sea requerida.
- El Gestor de Carga (Electrolineras) tendrían la capacidad de comprar la energía a la empresa distribuidora y revender esta energía a los dueños de los vehículos eléctricos y, en un mediano plazo, la inclusión de este agente requeriría la modificación de la actual normativa eléctrica.

7.1.4 Impacto en los usuarios la introducción de las opciones tarifarias propuestas

La segunda disposición transitoria de la norma de opciones tarifarias, resolución Osinergming N 206-2013, establece que “a) una vez seleccionada el rango de consumo (en kWh por mes) y el tipo de consumo (corriente continua (CC) y corriente alterna (CA)

el mismo no podrá ser modificado hasta después de su contratación; b) En caso de cambio de rango de consumo y/o de tipo de consumo, el usuario deberá afrontar los costos requeridos para la adecuación de sus instalaciones al nuevo rango y/o tipo de consumo, en los montos que establezca Osinergmin)”, bajo esta premisa, Osinergmin dio el primer paso para desaparecer las tarifas orientadas a medidores electromecánicos que se venían utilizando para las opciones tarifarias MT3,MT4,BT3 y BT4, estableciéndose un plazo para que las empresas distribuidoras entreguen a sus usuarios un medidor electrónico con discriminación horaria.

Entonces en la próxima regulación, se debe dar el segundo paso a esta reforma tarifaria, de eliminar estas tarifas, siendo solo reemplazadas por las MT2H y BT2H —que se diferencian solo por periodos horarios, un, dos, tres, cuatro, a más periodos horarios— que tiene las características de medición para todos los usuarios que opten por una discriminación horaria.

Por lo expuesto el impacto que causaría en los usuarios, sería positivo, porque podrán tener tarifas justas para su consumo, vale decir si consumió en horarios punta, tendrá un precio mayor, caso contrario, si consumió en la madrugada, tendrá un ahorro, adecuando su consumo según su economía, por lo tanto ese impacto será mayor en la medida que las nuevas opciones tarifarias sean difundidas.

El otro impacto, haría que la curva de demanda de los usuarios será más homogénea vale decir, al cambiar los hábitos de consumos, también cambiaría la curva de carga, que causarían un impacto positivo al sistema por la aplicación de las nuevas opciones tarifarias, especialmente para las empresas distribuidoras, que invierten en cables para los horarios de punta, el COES registraría horarios de máxima demanda diferente a los actuales, pero solo en horarios de punta, que no traería problemas de facturación a los usuarios.

7.1.5 Visión del vehículo eléctrico en el Perú a mediano y largo plazo.

Actualmente el gobierno está orientado a la masificación del gas natural, realizando proyectos para su desarrollo en los próximos años — desde los últimos 3 gobiernos—, cambiando la matriz energética de los combustibles importados como el petróleo y diésel por gas natural, creando políticas públicas para el remplazo de vehículos con combustible mencionado por GLP o GNV, y esta tendencia será por los próximos años, por otro lado en este trabajo se demostró que quemar gas en centrales térmicas⁴⁵ y convertirla en electricidad, para el uso de los vehículos eléctricos, es más rentable que consumir directamente gas natural, pero depende mucho del desarrollo tecnológico de las

⁴⁵ Una política podría ser libre de aranceles de importación, eliminar el IGV, como el Brasil por la compra de un vehículo eléctrico

baterías de litio para su almacenamiento, si el gobiernos implementa políticas públicas en ese sentido, en línea con el cambio de matriz energética, de no tener ningún vehículo con gasolina o petróleo e impulsar que todos los vehículos sean eléctricos o a gas natural.

A mediano plazo (dentro de 5 años), implementar programas pilotos, por ejemplo: que las empresas del rubro energético cuenten con un mínimo de vehículos eléctricos e incentivar a sus empleados a usarlos en turnos rotativos, a su vez contar con puntos de recarga que estén a la vista del público en general, para así paulatinamente se familiarice con este tipo de tecnología. A su vez se deberá contar con un marco regulatorio para las tarifas aplicadas a los vehículos eléctricos y para las instalaciones a implementar para realizar la recarga de los mismos.

Si bien el costo de operación y mantenimiento de los vehículos eléctricos es más económico que un vehículo a combustible o a gas, se necesita apoyo del gobierno para impulsar su utilización debido a que los costos de adquisición del mismo son elevados y por la desconfianza del usuario en utilizar un vehículo de tecnología nueva.

A largo plazo (dentro de 10 años), actualmente el Perú importa combustible, el cual podría ser reducido considerablemente si los vehículos a combustible fuesen reemplazados por los vehículos eléctricos.

7.2 Recomendaciones

7.2.1 Recomendaciones a corto plazo (1 año)

- Incluir en el marco regulatorio actual una tarifa aplicada al vehículo eléctrico.
- Es necesario crear medidas e iniciativas que impulsen el uso del vehículo eléctrico.
- Se recomienda incluir en el sistema regulatorio la discriminación horaria propuesta y estar a disposición de los usuarios, al inicio no tendrá mucha acogida, pero es mejor empezar con pocos clientes para de esta manera ir perfeccionando la tarifa propuesta.
- Es necesario realizar charlas informativas y publicidad sobre el uso y beneficios del vehículo eléctrico, si bien la población peruana actualmente no es muy conocedora de la existencia del vehículo eléctrico ya sea por falta de publicidad, por su alto valor económico o falta de interés, en un futuro próximo el costo del vehículo eléctrico será similar al de un vehículo a combustible y para cuando suceda el sistema regulatorio actual deberá de estar preparado para asumir nuevas cargas.

7.2.2 Recomendaciones a mediano plazo (5 años)

- Concentrarse en implementar puntos de recarga pública o privada.
- Es necesario brindar incentivos a los futuros clientes que adquieran un vehículo eléctrico, no solo brindar tarifas más bajas, sino brindar otros beneficios como estacionamientos gratuitos en coordinación con las municipalidades, ofrecer un

descuento a la cuota de impuesto vehicular por adquirir el vehículo eléctrico (por ejemplo).

7.2.3 Recomendaciones a largo plazo (10 años)

- Implementar medidas que restrinjan el uso de vehículos a combustible con una antigüedad mayor a 15 años.
- Implementar medias económicas para desincentivar el uso de vehículos que tengan altos índices de contaminación.
- Con el marco regulatorio ya implementado, el estado debería centrarse en facilitar la entrada de los vehículos eléctricos al mercado automotriz peruano (bajar los impuesto de importación).
- Ofrecer descuentos por la utilización de estacionamientos privados y públicos.
- Ofrecer apoyo a las empresas o personas naturales dispuestas a instalar una estación de recarga (electrolinera), como exoneración de IGV el primer y segundo año.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

OSINERGMIN: Organismo Supervisor de la Inversión de Energía y Minería.

MINEM: Ministerio de Energía y Minas.

COES: Comité de Operaciones del Sistema Interconectado Nacional.

IEA: International Energy Agency.

GART: Gerencia Adjunta de Regulación Tarifaria.

GLP: Gas Licuado de Petróleo.

GNV: Gas Natural Vehicular.

SMART GRIDS: Son redes de distribución eléctricas "inteligentes". La red inteligente se define así porque son redes eléctricas donde la electricidad no solo va hacia un sentido, sino que es bidireccional.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Osinergmin, Resolución de Consejo Directivo Osinergmin N° 206 – 2013 – OS/CD. Publicado 14 de octubre 2013.
- [2] Gerencia Adjunta de Regulación Tarifaria, “Procesamiento y Análisis de Información Comercial de las Empresas de Electricidad”; Osinergmin, 2016.
- [3] International Energy Agency (IEA), “Global EV Outlook 2017”, Clean Energy Ministerial, 2017.
- [4] Jose Koc, “Luis Haro, “Modelos de Mercado, Regulación Económica y Tarifas del Eléctrico en América Latina y el Caribe – Perú”, Olade, 2013.
- [5] Fundación de Energía de la comunidad de Madrid, “Guía del Vehículo Eléctrico II, Consejería de Economía y Hacienda de Madrid”, 2015.
- [6] Julián A. Gomez, Carlos Hernan Mojica, Veerender Kaul, Lorena Isla, “ La incorporación de los Vehículos Eléctricos a Latinoamérica”, Banco Internacional de Desarrollo, 2016.
- [7] Dirección General de Electricidad, “Guía de Orientación para la selección de la tarifa eléctrica para usuarios de Media Tensión”, Ministerio de Energía y Minas, 2011
- [8] Osinergmin, “Industria del Gas Natural en el Peru”,2014
- [9] Autoridad Reguladora de Servicios Públicos, “Tarifas”, Costa Rica, (<https://aresep.go.cr/electricidad/tarifas>). Publicado 2017.
- [10] Endesa, “Precios tarifas reguladas de luz y gas” (<https://www.endesaclientes.com>). Publicado el 1 de enero 2017
- [11] Comisión Nacional de Tarifa Eléctrica – Guatemala, “Ajuste tarifario pliego mayo – junio 2017”, CNEE (<http://www.cnee.gob.gt>).
- [12] Ventas de vehículos eléctricos en febrero de 2017. (<http://movilidadelectrica.com/ventas-vehiculos-electricos-febrero-2017/>)
- [13] Osinergmin, “Tarifas Eléctricas en Latinoamérica”, 2012.