



**Universidad Nacional de Lanús
Departamento de Planificación y Políticas Públicas**

**Tesis de Maestría en Gestión de la Energía
5° Cohorte (Ciclo lectivo 2016)**

Maestrando: Ing. Roberto I. C. Stazzoni

Director de Tesis: Dr. Alberto Müller

Directora de la MAGE: Dra. Laura GIUMELLI

Título

Bases para un régimen de promoción del desarrollo de la red pública de recarga rápida de automóviles eléctricos en Argentina.

Diciembre de 2021

Dedicatoria y agradecimientos

A la Mg. Ing. Silvia Veitzman, quien generosamente me introdujo en esta maestría.

A Analía Morales, con quien se hace más fácil vivir, incluso haciendo una tesis.

A Laura Morales, quien colaboró con el orden y el acceso a las fuentes.

A Laura Giumelli y Alicia Frigerio, quienes fueron un soporte constante.

A mis jefes en las empresas en las que trabajaba durante la cursada, que no pusieron objeciones en mis ausencias en horas de trabajo para asistir a clase: Alberto Sosa y Julio Made.

Introducción

La movilidad eléctrica es una de las respuestas a la reducción de las emisiones producidas por el transporte, que aportan al calentamiento global y a la contaminación del aire. Además, es una herramienta de reducción del consumo energético en ese sector. En relación con las emisiones de gases de efecto invernadero, Argentina asumió y renueva a intervalos regulares sus compromisos ambientales desde el Acuerdo de París. Resultaría muy difícil alcanzar los objetivos establecidos en esos compromisos sin la reducción de las emisiones en el transporte, y la electrificación es una herramienta adecuada para lograrlo.

En un país como Argentina con una fuerte presencia de la industria del automóvil, el vehículo eléctrico puede incorporarse dentro de una estrategia de desarrollo industrial y laboral a nivel nacional, que incluya a la cadena de valor del vehículo, a los accesorios, y a uno de sus componentes clave, la batería.

Se espera que la mayor parte de la energía utilizada por los vehículos eléctricos particulares se abastezca en el ámbito domiciliario a bajas potencias, y durante los intervalos de tiempo que el vehículo no se utiliza. Esa recarga de energía domiciliaria en general satisfará las necesidades de la mayoría de los usuarios en relación con las distancias a recorrer en su uso diario.

En los casos en que los usuarios deban recorrer distancias superiores a las medias habituales, y esas distancias superen la autonomía de sus baterías, caso típico de los viajes interurbanos, los usuarios necesitarán contar con una red de recarga rápida, que reproduzca el modelo bien conocido del vehículo de combustión interna. La ausencia de estas redes de recarga rápida se identifica como una de las principales barreras a la adopción de los vehículos eléctricos.

Del mismo modo que sucede con los combustibles tradicionales, se espera que estas redes de recarga rápida para vehículos eléctricos sean operadas por actores privados, que ingresarán a la actividad si esta les ofrece una rentabilidad razonable.

El modelo de la recarga de combustibles líquidos o gaseosos para el transporte está ampliamente desarrollado y es bien conocido desde los aspectos operativos, técnicos y regulatorios, y también desde los aspectos comerciales y económicos.

La recarga rápida para vehículos eléctricos en cambio es una actividad técnica y comercial nueva y por lo tanto poco conocida, asociada a modelo de negocios aun inexistente, que plantea nuevas necesidades y condiciones para funcionar en forma efectiva. Además esta actividad debe integrarse en el marco de objetivos y políticas públicas que son transversales a varias áreas en forma directa (transporte, energía, ambiente y salud), y a otras en forma indirecta (industria, trabajo, educación, investigación y desarrollo, balanza comercial).

El objetivo de este trabajo es proponer una serie de mecanismos que faciliten y aceleren la implementación de una red de recarga rápida para vehículos eléctricos, operada por actores privados, que ofrezca un servicio adecuado a los usuarios, con una rentabilidad razonable a los operadores, y se constituya en una herramienta para alcanzar los objetivos ambientales nacionales, sin que su implementación resulte en un déficit para El Estado.

Resumen ejecutivo

En el capítulo 1 se parte de la combustión de los hidrocarburos para luego comparar las emisiones y los consumos de energía de los vehículos de combustión interna y los vehículos eléctricos. En cuanto a las emisiones, se consideran no solo las que afectan al ambiente sino también las que afectan a la salud. La comparación se realiza con diferentes alcances y por diferentes caminos, pero basada en información y procedimientos verificables, que se detallan en el Anexo II. Se presentan también otras ventajas asociadas de los vehículos eléctricos que impactan en actividades industriales y laborales, y la balanza comercial en relación con la importación de hidrocarburos. Finalmente se enumeran las barreras que se le presentan a la electrificación de los vehículos, a pesar de sus ventajas.

En el capítulo 2 se presentan los vehículos eléctricos, resumiéndose las tecnologías presentes en el mercado. Se explica cómo y con qué se satisfacen las necesidades de carga de los usuarios, prestándose especial atención a la carga rápida, que es el objeto de este trabajo.

Se propone que tipo de equipos deberían utilizarse para la implementación de una red de carga rápida, donde deberían colocarse estos equipos, y se justifica el porqué de esa propuesta.

En el capítulo 3 se analizan los costos de capital, y de operación y mantenimiento de un cargador rápido en base a la investigación de la información disponible en el mercado local. Los costos se tabulan y se ordenan en un gráfico ABC para su mejor análisis.

En el capítulo 4 se calculan los costos del uso de combustible de los vehículos tradicionales y de la electricidad domiciliaria para cargar los vehículos eléctricos. Se propone un mecanismo para establecer un precio de venta del servicio de recarga rápida de vehículos eléctricos, y se compara ese precio con la expectativa de pago que podría tener el usuario de un vehículo eléctrico.

Luego se proponen tres escenarios de uso de los cargadores, uno constante, uno de crecimiento rápido denominado optimista, y un último de crecimiento más lento denominado pesimista. En base a esos escenarios de uso se puede calcular y valorizar la energía que se demandará de la red. Sumando este valor al costo obtenido en el capítulo 3, se puede calcular el costo total de la prestación del servicio. Igual que en el Capítulo 3 los costos totales se desglosan y se ordenan de modo tal de facilitar su análisis. Con el precio propuesto por la prestación del servicio y con los escenarios de uso, se pueden calcular los ingresos que generará el servicio, y en base a los costos totales se pueden calcular y analizar los indicadores de rentabilidad de la actividad, para lo cual se utilizaran el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), para cada escenario. Como resultado del análisis de estos indicadores, se verificará la necesidad de ayudas económicas.

En el capítulo 5 se propone el régimen de promoción, en el cual se prioriza el establecimiento de redes de carga rápida interurbanas. La propuesta de régimen incluye, como aspectos principales, el origen de fondos, las herramientas de ayuda, los sujetos en términos de equipos y beneficiarios, y los plazos. Además se verifica si los fondos recaudados para ser utilizados mediante las herramientas de ayuda son suficientes para un crecimiento adecuado de la red de recarga rápida. El mecanismo propone que no sea el estado quien realice los aportes económicos, sino que los fondos provengan de las tecnologías contaminantes.

En el capítulo 6 se analizan los impactos de las variaciones en medidas de promoción propuestas en el capítulo 5. El análisis pretende verificar que tan efectivas son las medidas y que impacto tendrían las variación de las ayudas económicas tanto en el presupuesto del fondo generado como en el resultado financiero de los beneficiarios.

En el capítulo 7 se resumen las conclusiones generales del trabajo.

En el Anexo I se resumen los precios utilizados a lo largo de trabajo, y el tipo de cambio utilizado, con referencias a las fechas y las fuentes que se utilizaron.

En el anexo II se detallan los alcances, métodos y fuentes utilizadas para los cálculos de las emisiones y consumos energéticos del Capítulo 2

Finalmente, se agrega un apartado de bibliografía, uno de acrónimos y una referencia a las entrevistas que se mantuvieron a lo largo de este trabajo.

INDICE GENERAL

CAPITULO 1 COMBUSTIÓN, EMISIONES Y CONSUMO ENERGÉTICO. COMPARACIÓN ENTRE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS Y DE COMBUSTIÓN INTERNA. BARRERAS A LA ELECTROMOVILIDAD. 10

1.1	Introducción al capítulo	10
1.2	Combustión de los hidrocarburos.....	10
1.3	Emisiones de gases de efecto invernadero.....	11
1.4	Tecnologías de los vehículos y combustibles	13
1.5	Alcances y métodos para evaluaciones energéticas y ambientales	14
1.5.1	Límites o alcances.....	14
1.5.2	Métodos.....	14
1.6	Resultado de las evaluaciones energéticas y ambientales para los combustibles y tecnologías principales.....	15
1.6.1	Consumo directo, método simplificado y método JEC	15
1.6.2	Emisiones directas, método simplificado y método JEC	15
1.6.3	Consumo total, método simplificado y método JEC.....	15
1.6.4	Emisiones totales, método simplificado y método JEC	16
1.7	Conclusiones de las comparaciones energéticas y ambientales	16
1.8	Ambiente, objetivos de emisiones de GEI de Argentina.....	16
1.8.1	Emisiones en el transporte	17
1.9	Emisiones contaminantes y salud	17
1.10	Balanza comercial - Importación de gasoil.....	20
1.11	Industria nacional	21
1.12	Barreras a la electromovilidad	22

CAPITULO 2 MOVILIDAD ELÉCTRICA Y RECARGA 25

2.1	Introducción al capítulo	25
2.2	Vehículos eléctricos	25
2.3	Electrificación de los vehículos	26
2.3.1	Frenado regenerativo	26
2.3.2	Sistema de encendido y apagado del motor térmico (Start / Stop)	26
2.3.3	Híbridos ligeros	27

2.3.4	Híbridos puros	27
2.3.5	Híbridos enchufables.....	27
2.3.6	Eléctrico puro	28
2.3.7	Rango extendido	28
2.4	Carga de las baterías.....	28
2.5	Tecnologías de carga conductiva	29
2.5.1	Modos de carga.....	30
2.5.2	Tiempos de carga	31
2.6	Las necesidades de los usuarios	33
2.6.1	La distancia a recorrer.....	33
2.6.2	La necesidad de carga	33
2.7	Carga rápida en corriente continua en el entorno publico	35
2.7.1	Potencias de carga en corriente continua	35
2.7.2	Conectores de carga de corriente continua	35
2.7.3	Voltaje de carga - Voltaje de las baterías	37
2.8	Redes comerciales de carga	38
2.9	Conectividad	39
2.10	Selección del equipamiento para este trabajo	39
2.10.1	En cuanto a la potencia	39
2.10.2	En cuanto al voltaje de salida.....	40
2.10.3	En cuanto a los conectores de salida	40
2.10.4	En cuanto a la integración en redes de carga.....	40
CAPITULO 3	COSTOS PARA LA RECARGA RÁPIDA CONSIDERADA UN SERVICIO	41
3.1	Introducción al capítulo	41
3.2	CAPEX.....	41
3.2.1	Costo del cargador.	41
3.2.2	Costo de la instalación eléctrica	41
3.2.3	Tramites de Disposición 283/2019	41
3.2.4	Anualización del costo de capital	41

3.3 OPEX.....	42
3.3.1 Conectividad.....	42
3.3.2 Servicio en red – Gestión administrativa o <i>Back Office</i>	43
3.3.3 Mantenimiento y servicio	43
3.3.4 Mano de obra en la estación de servicio, servidumbre de superficies	43
3.3.5 Costo de potencia	44
3.4 Costos totales anuales.....	45
3.5 Costo de energía.....	46
3.6 Conclusión	46
CAPITULO 4 INGRESOS	47
4.1 Introducción al capítulo	47
4.2 Cálculo del valor que se paga por el uso del combustible en un vehículo naftero.....	47
4.3 Cálculo del valor que se paga por el uso del combustible en un vehículo Diesel	47
4.4 Cálculo del valor que se paga por el uso del combustible en un vehículo naftero convertido a GNC 48	
4.5 Cálculo del valor que se paga por el uso de energía eléctrica en un vehículo de este tipo con carga domiciliaria	48
4.6 Cálculo del valor que se paga por el uso del combustible en un vehículo híbrido no enchufable.....	49
4.7 Voluntad de pago del usuario de un vehículo eléctrico por el servicio de recarga rápida fuera de su domicilio	50
4.8 Relación entre la tarifa de energía eléctrica domiciliaria y el costo del kWh de carga rápida en Europa	53
4.9 Impacto del valor obtenido para la carga rápida pública en el costo total de propiedad del usuario del vehículo eléctrico.....	54
4.10 Verificación del valor propuesto a la luz de la rentabilidad de la actividad del servicio de recarga.....	56
4.11 La energía no es el punto central	57
4.12 Escenarios de uso de los cargadores	61
4.13 El límite superior de la energía a despachar	63
4.14 Escenarios optimista y pesimista.....	63
CAPITULO 5 PROPUESTA DE RÉGIMEN PARA EL DESARROLLO DE LA RED DE RECARGA RÁPIDA 65	
5.1. Introducción al capítulo	65

5.2. Lineamientos del régimen	65
5.3. Objetivo del régimen	67
5.4. Alcance	67
5.4.1. Servicio de recarga rápida de vehículos eléctricos.....	68
5.4.2. Sujetos.....	68
5.4.3. Equipos.....	68
5.5. Registro	69
5.6. Autoridad de aplicación	69
5.7. Plan estratégico de recarga 2040.....	70
5.8. Precio de referencia	70
5.9. Fondo para el desarrollo de la infraestructura de recarga rápida para vehículos eléctricos - FOINCAR	71
5.9.1. Introducción	72
5.9.2. Creación del fondo	73
5.9.3. Origen de los ingresos del FOINCAR:	74
5.9.4. Proporcionalidad del aumento del ITCL e IDC destinado al desarrollo de una red de recarga rápida 76	
5.10. Bonos.....	78
5.10.1. Bono para cargador en ruta	79
5.10.2. Bono para cargadores urbanos.....	79
5.10.3. Bono de potencia	80
5.10.4. Bono Energía distribuida	80
5.10.5. Bono para acumulación y recorte de picos de potencia “peak shaving”	80
5.10.6. Ampliaciones de las redes eléctricas	80
5.11. Plazos del régimen	81
5.12. Monitoreo, control y fiscalización.....	81
5.13. Sanciones	81
5.14. Monto de las ayudas	81
5.15. Conclusiones del capítulo	82
CAPITULO 6 ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LAS AYUDAS PROPUESTAS	83

6.1	Introducción al capítulo	83
6.2	Escenario constante, aplicación de bonos	83
6.3	Escenario pesimista, aplicación de bonos	84
6.4	Escenario optimista, aplicación de bonos	84
6.5	Variación del porcentaje del bono y su impacto en el resultado para el operador	84
6.6	Operadores que ingresen al sexto año de régimen	85
6.7	Conclusiones del capítulo	86
CAPITULO 7	CONCLUSIONES	87
ANEXO 1.	PRECIOS UTILIZADOS Y SUS REFERENCIAS	88
ANEXO 2.	CONSUMO Y EMISIONES	89
Anexo 2.1	Consumo directo, método simplificado	89
Anexo 2.2	Consumo directo, método JEC	93
Anexo 2.3	Emisiones directas de GEI, método simplificado	99
Anexo 2.4	Emisiones directas de GEI, método JEC	100
Anexo 2.5	Consumo total, método simplificado	101
Anexo 2.5.1	Electricidad	101
Anexo 2.5.2	Para los combustibles líquidos	102
Anexo 2.6	Consumo total, método JEC	103
Anexo 2.7	Emisiones totales de GEI, método simplificado	105
Anexo 2.8	Emisiones totales de GEI, método JEC (del pozo a la rueda, WTW)	105
	ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS	106
	REUNIONES Y ENTREVISTAS	107
	BIBLIOGRAFÍA DEL TRABAJO	108
	ÍNDICE DE TABLAS	111
	ÍNDICE DE GRÁFICOS	113
	ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	114

Capítulo 1 Combustión, emisiones y consumo energético. Comparación entre vehículos eléctricos y de combustión interna. Barreras a la electromovilidad.

1.1 Introducción al capítulo

En este capítulo se compararán los vehículos de combustión interna y los eléctricos en relación con el consumo de energía, y el impacto en el ambiente y la salud. El punto de partida es el análisis de la combustión de los hidrocarburos.

Se plantean también las ventajas de la electromovilidad en relación con la importación de combustibles líquidos y la posible potenciación del desarrollo de la industria automotriz local.

Luego de que las ventajas queden expuestas, se analizan las barreras que limitan la penetración de la electromovilidad a nivel local, para finalizar introduciendo la respuesta a la barrera asociada a la falta de una red de recarga rápida pública.

1.2 Combustión de los hidrocarburos

Así como se puede decir que las características propias de la batería (peso, precio, velocidad de recarga, capacidad) fueron las que postergaron el desarrollo de la movilidad eléctrica (Segrave, 2019), las consecuencias negativas de la combustión podrían poner en tela de juicio la continuidad del uso de los motores térmicos en varios segmentos del transporte.

La combustión es la oxidación de los componentes de un combustible compuesto por carbono e hidrógeno, o sea un hidrocarburo, en presencia de un comburente, que es el oxígeno. Dentro de los combustibles están los de origen fósil, pero también los de origen vegetal y los sintéticos. Los combustibles principales a considerar a lo largo de este trabajo serán la nafta, el gasoil y el GNC.

La oxidación completa del carbono presente en el combustible dará como resultado dióxido de carbono. La oxidación del hidrógeno presente en el combustible dará como resultado agua la cual, debido a la alta temperatura a la que sucede la oxidación, se encuentra en forma de vapor.

En el caso en que el combustible tenga presente otros elementos como por ejemplo azufre, nitrógeno o plomo, se encontrarán como resultado de la combustión compuestos de estos elementos.

Cuando la combustión no es completa, es decir, cuando quedan moléculas de los componentes del combustible que no reaccionaron con el oxígeno, además del dióxido de carbono y el agua, se encuentra monóxido de carbono, carbono, e hidrógeno, pudiendo encontrarse también diferentes compuestos de otros elementos que estén presentes en el combustible.

La combustión es un proceso exotérmico en el cual se libera gran cantidad de energía en forma de calor, ruido y luz. El calor generado es la forma de energía que se pretende aprovechar para mover el motor, y por lo tanto al vehículo.

Se puede interpretar la combustión como un proceso, en el cual hay entradas y salidas, y un medio (el motor térmico) en el cual sucede la transformación de energía química contenida en el combustible en energía térmica y luego energía cinética. La Ilustración 1-1 muestra este proceso de entradas y salidas.

Las principales entradas serán el combustible, que aporta la energía térmica que este contiene, y el comburente, Y las salidas serán por un lado la energía aprovechada en forma de movimiento, que es justamente la parte esperada del proceso, y por otro lado las combinaciones de elementos que generan

diferentes compuestos. Estos compuestos, como se mencionó, varían en función del tipo de combustible y de la completa oxidación o no durante el proceso de combustión. A estas salidas no deseadas se las englobará bajo el termino de emisiones. Las emisiones pueden separarse en dos grupos. Por un lado, las que aportan al efecto invernadero, y por otro las que afectan a la salud. Dentro de las que afectan a la salud, no debe dejar de considerarse el ruido.¹

La energía obtenida dependerá del poder calorífico del combustible, y de cuanto combustible se oxida totalmente en el proceso. Cuanto mayor es el poder calorífico del combustible y cuanto más se aproxime el proceso de oxidación al de una combustión completa, mayor es la energía útil que se extrae de la combustión. De manera similar, las emisiones dependerán fuertemente del tipo de combustible y su composición, así como de la completa oxidación o no durante el proceso.

La combustión tiene lugar la cámara de combustión de los motores y la tecnología de estos también influye en el proceso. No es lo mismo oxidar un gasoil por compresión y detonación en un ciclo diésel, que oxidar nafta en un motor de alta compresión con ignición por chispa.

Existe infinidad de material para estudiar este tema en detalle, recomendándose principalmente las Directrices IPCC 2006². A los efectos de este trabajo solo se mencionan los aspectos generales y conceptuales de la combustión, enfatizando que no hay forma de que no se emitan gases de efecto invernadero como consecuencia de la quema de combustibles para obtener energía en forma de calor. Siempre que haya carbono para oxidar, aparecerá dióxido de carbono.

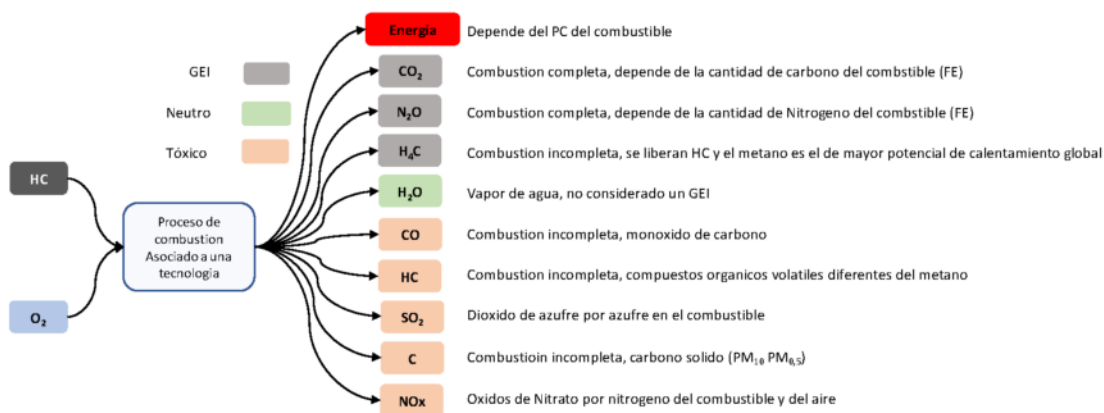


Ilustración 1-1 Entradas y salidas del proceso de combustión – Elaboración propia

1.3 Emisiones de gases de efecto invernadero

Los tres principales gases de efecto invernadero que se producen como consecuencia de los combustibles y los motores utilizados en el transporte son dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido de nitrógeno (N₂O). Estos gases aportan al calentamiento del planeta, con todas las consecuencias que ello implica. Se recomienda para ver este tema en detalle el informe del IPCC 2018, *Global Warming*

¹ El ruido en estricto rigor es una consecuencia y puede considerarse una forma de energía perdida en el proceso, pero se lo engloba dentro de las emisiones por su carácter perjudicial para la salud

² <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol2.html>

of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty, en donde se detallan las consecuencias del aumento de la temperatura media del planeta, y se proponen hojas de ruta para evitar ese aumento.

Para evaluar cuantos gases de efecto invernadero se emiten durante la combustión, para cada combustible existen tablas que indican la cantidad de cada uno de estos gases que se produce por unidad de energía contenida en combustible. Las Directrices IPCC 2006³ incluyen estas tablas y los métodos de cálculo.

Cada uno de los gases de efecto invernadero considerados en el transporte (CO₂, CH₄, N₂O) aporta de diferente manera al calentamiento global.

Existen los denominados “potenciales de calentamiento mundial” cuya definición (Solomon, 2007), pagina 33 es la siguiente: “El potencial de calentamiento mundial (PCM) es una medida útil para comparar el impacto climático potencial de las emisiones de los diferentes GEILV (ver Tabla RT.2)”.

El potencial de calentamiento mundial compara el forzamiento radiativo integrado durante un período de tiempo específico (por ejemplo, 100 años) con una emisión de pulso de una unidad de masa y constituye una forma de comparar el cambio climático potencial asociado con las emisiones de diferentes gases de efecto invernadero. El concepto de PCM tiene defectos muy bien documentados, sobre todo al usarlo para evaluar el impacto de especies de corta vida⁴.

Una vez cuantificadas las emisiones de cada tipo de gas emitidas por un sector en general, o por un combustible en particular, se calculan las emisiones de dióxido de carbono equivalente (CO₂e). Este CO₂e es la medida que engloba a todos los gases de efecto invernadero emitidos en la combustión, ponderados en función de sus potenciales de calentamiento global.

Finalmente, la suma de los tres productos da como resultado las emisiones de CO₂e.

Hay métodos más sencillos como por ejemplo el de la calculadora de gases de efecto invernadero *The GHG Emissions Calculation Tool*⁵ con la cual se obtienen de forma rápida valores similares a los que surgen de aplicar la metodología del IPCC.

Entre los cálculos en base al IPCC y las calculadoras de GEI, suelen surgir diferencias como consecuencia de diferencias en dígitos no significativos de los poderes caloríficos utilizados, densidades de los combustibles, y también en consideraciones tecnológicas los sistemas de combustión. Esas diferencias no son relevantes a los fines prácticos, pero es importante tener presente que pueden aparecer.

³ <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol2.html>

⁴ Según la traducción disponible, se utilizan indistintamente las expresiones “potencial de calentamiento mundial” y “potencial de calentamiento global”.

⁵ <https://ghgprotocol.org/>

1.4 Tecnologías de los vehículos y combustibles

Como se mencionó en el apartado anterior, las tecnologías y los combustibles utilizados en conjunto con ellas condicionan la combustión, y por lo tanto sus salidas, ya sea que se analice la energía entregada o las emisiones.

Independientemente de las evoluciones y mejoras, se van a considerar en este trabajo las siguientes combinaciones de tecnologías de vehículos y combustibles.

Designación primaria	Tecnología	Sigla representativa	Combustible / Energético			
			Nafta	Diesel	GNC	Electricidad
Combustión interna	Inyección directa y encendido por chispa	DISI	X ⁶		X ⁷	
	Inyección directa y detonación por compresión	DICI		X ⁸		
Eléctrico	Batería y motor eléctrico	BEV				X
Híbrido no enchufable ⁹	Inyección directa y encendido por chispa + batería + motor eléctrico	Híbrido DISI	X			

Tabla 1-1 - Combinaciones de tecnologías y combustibles a considerar – Elaboración propia

En cuanto a las tecnologías de combustión interna, está comenzando a difundirse la conocida como *Start/Stop* en la que se reduce el consumo, y por lo tanto las emisiones, mediante el apagado del motor en determinadas circunstancias, como por ejemplo cuando el vehículo está parado en un semáforo. (ver capítulo 2) Esta mejora tiene aún poca difusión en el país, y está limitada solo a unos pocos modelos de alta gama. Por lo tanto, en el método simplificado que se explica en el apartado 1.5.2 esta tecnología no será tenida en cuenta.

En cuanto a los motores de combustión interna que funcionan a GNC, dado que no hay una oferta directa desde las fábricas, se consideran vehículos convertidos. En cuanto a los vehículos híbridos, se consideran solo los no enchufables, pero no en este capítulo, sino a los fines de las evaluaciones económicas del Capítulo 4. Respecto de los combustibles líquidos, se consideran los de uso en el país con los cortes de biodiesel y bioetanol que establecen los requisitos legales vigentes¹⁰.

⁶ Combinación que típicamente corresponde a un vehículo “naftero”

⁷ Combinación que típicamente corresponde a un vehículo convertido a GNC

⁸ Combinación que típicamente corresponde a un vehículo “gasolero” o diésel

⁹ Los híbridos no enchufables se analizan desde la mirada económica en el capítulo 4.

¹⁰ Ley de Biocombustibles 27.640

1.5 Alcances y métodos para evaluaciones energéticas y ambientales

Al momento de comparar las combinaciones de tecnologías de los vehículos y las fuentes de energía que estos utilizan deben considerarse por un lado los límites o alcances de los estudios y por otro los métodos utilizados para obtener los resultados. Caso contrario podrían realizarse comparaciones entre resultados que en podrían no ser comparables, y por lo tanto se podría llegar a conclusiones erróneas.

1.5.1 Límites o alcances

Tanto para el consumo de energía como para las emisiones en este trabajo van a considerarse dos límites o alcances. Uno es el que normalmente evalúa el usuario del vehículo, que está asociado al consumo **directo** del combustible, o de la energía que el usuario compra para circular, y con sus emisiones **directas**. En definitiva, cuanto necesita el usuario para moverse y cuanto emite su vehículo como consecuencia de ese movimiento.

El otro límite o alcance es la que considera el consumo **total** de energía y sus emisiones totales asociadas. Es decir, no solo el consumo directo de energía y sus emisiones, sino también la energía y emisiones involucradas desde las fuentes primarias y su pasaje por los procesos de transformación, transporte, distribución y comercialización hasta llegar a la etapa del consumo. Esta otra mirada, más integradora que la primera, está asociada al desarrollo de políticas públicas, mientras que la primera está asociada a las conveniencias económicas de los usuarios y eventualmente sus gustos, preferencias y conveniencia.

1.5.2 Métodos

Respecto de los métodos, para este trabajo se considerarán dos. Uno se definirá como “simplificado”. En este método se considerarán datos disponibles a nivel nacional e internacional de consumos, emisiones y balances energéticos, y con ellos se realizarán cálculos simples para obtener los valores de consumos y emisiones.

El otro es el que resulta del informe *JEC*, que se basa en la evaluación denominada “desde el pozo a la rueda” (WTW por sus siglas en inglés). Ambos métodos, simplificado y *JEC*, se aplicarán para ambos alcances, es decir, considerando solo el vehículo (directo), y considerando el vehículo más la producción de la energía necesaria para impulsarlo (total). A continuación, se muestran gráficamente las combinaciones entre límites y métodos que se evaluarán en este capítulo. En el eje vertical se representan los límites (total o directo), y en el eje horizontal el método (simplificado o *JEC*).

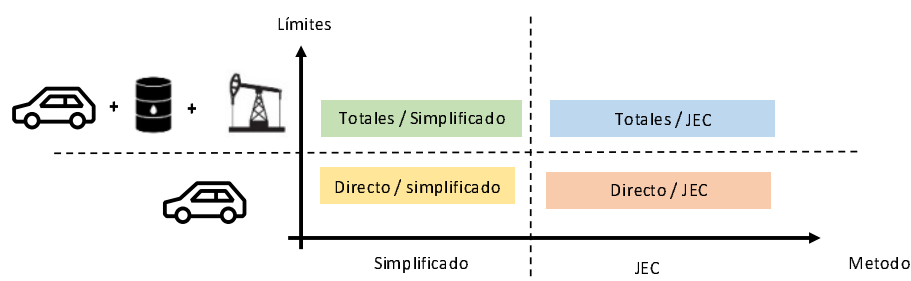


Ilustración 1-2 Diagrama que muestra los límites y los métodos empleados para la evaluación de consumos y emisiones – Elaboración propia

1.6 Resultado de las evaluaciones energéticas y ambientales para los combustibles y tecnologías principales.

En este párrafo van a resumirse los valores de referencia según los alcances y los métodos indicados. Los detalles de cómo se obtienen y como se justifican estos valores están en el Anexo 2, en el cual también se indican las fuentes para la obtención de los resultados. Las tablas mantienen las referencias del Anexo 2 para facilitar su identificación.

1.6.1 Consumo directo, método simplificado y método JEC

Comparativa de consumos directos en kWh / 100 km							
Nafta		Diesel		GNC		Eléctrico	
Simplificado 73,64	JEC 2015 NEDC 47,2	Simplificado 64,67	JEC 2015 NEDC 40,27	Simplificado 67,39	JEC 2015 NEDC 48,88	Simplificado 16	JEC 2015 NEDC 12,683
	JEC 2025+WLTP 38,88		JEC 2025+WLTP 36,11		JEC 2025+WLTP 38,5		JEC 2025+WLTP 12,419

Tabla Anexo 2-8 Resumen comparativo de consumos directos por método simplificado y método JEC TTW 2020 –Elaboración propia

1.6.2 Emisiones directas, método simplificado y método JEC

Comparativa de emisiones directas en kgCO ₂ e / 100 km							
Nafta		Diesel		GNC		Eléctrico	
Simplificado 19,17	JEC 2015 NEDC 12,73	Simplificado 17,55	JEC 2015 NEDC 10,80	Simplificado 14,38	JEC 2015 NEDC 10,07	Simplificado 4,30	JEC 2015 NEDC 0
	JEC 2025 WLTP 10,35		JEC 2025 WLTP 9,64		JEC 2025 WLTP 9,36		JEC 2025 WLTP 0

Tabla Anexo 2-11 Comparación de emisiones directas por método simplificado y según JEC (TTW) –Elaboración propia

1.6.3 Consumo total, método simplificado y método JEC

Comparativa de consumos totales en kWh / 100 km							
Nafta		Diesel		GNC		Eléctrico	
Simplificado 88,09	JEC 2015 NEDC 59,49	Simplificado 64,67	JEC 2015 NEDC 51,15	Simplificado (No calculado)	JEC 2015 NEDC 58,94	Simplificado 33	JEC NEDC BEV 150 km 2015 37,53
							JEC WLTP BEV 200 km 2025 27,80
	JEC 2025+WLTP 48,37		JEC 2025+WLTP 45,59		JEC 2025+WLTP 38,5		JEC WLTP BEV 400 km 2025 29,19

Tabla Anexo 2-14 Consumos totales JEC WTW y comparación con los consumos totales obtenidos por el método simplificado –Elaboración propia

1.6.4 Emisiones totales, método simplificado y método JEC

Comparativa de emisiones totales en kgCO ₂ e/100 km							
Nafta		Diesel		GNC		Eléctrico	
Simplificado 22,8	JEC 2015 NEDC 15,7	Simplificado 20,9	JEC 2015 NEDC 13,5	Simplificado (No calculado)	JEC 2015 NEDC 12,7	Simplificado 8,9	JEC NEDC BEV 150 km 2015 5
	JEC 2025+WLTP 12,8		JEC 2025+WLTP 12,1		JEC 2025+WLTP 10		JEC WLTP BEV 200 km 2025 3,5
							JEC WLTP BEV 400 km 2025 4

Tabla Anexo 2-15 Emisiones totales JEC WTW y comparación con las emisiones totales obtenidos por el método simplificado. Elaboración propia

1.7 Conclusiones de las comparaciones energéticas y ambientales

La primera conclusión ya mencionada es que, por el camino que se analicen el consumo y las emisiones, incluso con una matriz de generación eléctrica fuertemente dependiente de los combustibles fósiles como es la de Argentina¹¹, el vehículo eléctrico resulta altamente favorable.

En la evaluación directa por el método simplificado, la relación en favor del vehículo eléctrico está entre 3 y 4 a 1, tanto en términos de consumo como de emisiones. Esto se debe principalmente al alto rendimiento del motor eléctrico en comparación con el rendimiento del motor térmico.

Cuando se hace la evaluación total, esta relación disminuye a la mitad, resultando del orden de 2 para el método simplificado y de 1,8 para el método JEC.

La disminución a la mitad esta justamente relacionada con el bajo rendimiento de la etapa de transformación o generación de la electricidad. Sin embargo, aun considerándose el peor de los casos, es decir con una matriz de generación de electricidad fuertemente dependiente de los hidrocarburos, los resultados siguen siendo positivos en favor del vehículo eléctrico.

1.8 Ambiente, objetivos de emisiones de GEI de Argentina

Argentina ratificó el Acuerdo de París en el año 2016 a través de la Ley N° 27270.

Para cumplir con los compromisos asumidos se presentan regularmente los inventarios y las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional.

A fines de 2020 se presentaron ante el Secretariado de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático las nuevas contribuciones determinadas a nivel nacional, en las cuales Argentina se compromete a realizar una mejora significativa en las emisiones presentadas en el año

¹¹ Informes anuales de Cammesa. En 2021 la participación de las fuentes térmicas en términos de potencia instalada fue del 59,1% y en términos de energía despachada, sin considerar la importación fue del 63,5%

2016, con un objetivo de no exceder las 358,8 MtCO₂e, lo que representa un 25,7% de reducción. Adicionalmente, en esa presentación se menciona el objetivo de alcanzar la neutralidad de CO₂ al 2050¹²

1.9 Emisiones en el transporte

En relación con el inventario de gases de efecto invernadero, y tomando como referencia el documento SGAYDS. 2019. Tercer Informe Bienal de Actualización de Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC), los números que surgen del mismo para el año 2016 (último inventario vigente) son los siguientes:

- Emisiones totales: 364.436 GgCO₂e (364,44 MtCO₂e)¹³
- Emisiones totales del sector energía: 193.419 GgCO₂e (193,42 MtCO₂e)¹⁴
- Las emisiones del sector energía representan el 53% de las emisiones totales.¹⁵
- Las emisiones del sector transporte representan el 26% de las emisiones del sector energía¹⁶, y por lo tanto equivalen a 50.288 GgCO₂e (50,29 MtCO₂e) (calculado) y el 14% de las emisiones totales. (calculado)
- Las emisiones del transporte terrestre automotor representan el 24% de las emisiones del transporte y el 12 % de las emisiones totales, y por lo tanto equivalen a 45.532 GgCO₂e (45,53 MtCO₂e) (calculado)

Las emisiones causadas por vehículos particulares y utilitarios livianos según el tercer informe corresponden a 27.197 GgCO₂e (27,2 MtCO₂e).

Cualquier plan que se encare para reducir las emisiones y poder alcanzar los objetivos al 2030 o al 2050, deberá incluir acciones y compromisos en el sector transporte, habiendo quedado demostrado en los números expuestos en este capítulo que el camino más efectivo para la reducción de las emisiones en el transporte terrestre es la electrificación.

1.10 Emisiones contaminantes y salud

¹² <https://www.argentina.gob.ar/noticias/argentina-anuncio-su-nuevo-compromiso-en-la-lucha-contra-el-cambio-climatico>

¹³ SGAYDS. 2019. Tercer Informe Bienal de Actualización de Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) – Página 18

¹⁴ SGAYDS. 2019. Tercer Informe Bienal de Actualización de Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) – Tabla 23

¹⁵ SGAYDS. 2019. Tercer Informe Bienal de Actualización de Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) – Página 105

¹⁶ SGAYDS. 2019. Tercer Informe Bienal de Actualización de Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) – Página 137

En apartado 1.2 se analizó la combustión, y se indicaron los contaminantes perjudiciales para la salud que se producen como consecuencia de la oxidación de los hidrocarburos.

Respecto de la contaminación, es importante destacar que algunas de las emisiones de la combustión se combinan con otros componentes de la atmosfera, o con la luz solar, y generan nuevos contaminantes como el ozono.

El enfoque y tratamiento asociados a las emisiones que contaminan el aire y afectan la salud es diferente de las emisiones de gases de efecto invernadero. Estas diferencias se encuentran en relación con el cálculo, la regulación, el análisis del impacto y consecuencias de estas emisiones contaminantes.

Desde el punto de vista de su cálculo, las emisiones de contaminantes no pueden obtenerse directamente mediante balances estequiométricos en relación directa con el combustible consumido, porque son muy dependientes de factores externos a la propia combustión. Por ejemplo, el estado de mantenimiento de un motor es clave para que se emitan cantidades diferentes de partículas materiales como consecuencia de la combustión incompleta, incluso de otros contaminantes como consecuencia de la quema del aceite de lubricación del motor. Los factores climáticos, temperatura, humedad, y la presión atmosférica también influyen en las emisiones de contaminantes. El régimen de funcionamiento del motor, asociado a su velocidad, a las pendientes o al peso del vehículo o al peso transportado influyen también de manera variable. Por otra parte, las emisiones contaminantes no surgen solo a través del caño de escape. La evaporación de combustible en el tanque y a lo largo del circuito de alimentación de la cámara de combustión genera también emisiones contaminantes. Un auto estacionado al sol, podría estar emitiendo, por ejemplo, gran cantidad de hidrocarburos evaporados.

Respecto de las regulaciones y de los objetivos de estas emisiones, no existe algo así como los objetivos asociados a las emisiones de gases de efecto invernadero y la sobreelevación de la temperatura del planeta al año 2100. Las iniciativas frente a la contaminación del aire no tienen la relevancia de las Conferencias de Partes¹⁷ (COP por sus siglas en inglés) que se realizan en el marco de la Convención Marco de la Naciones Unidas para el Cambio Climático¹⁸ (UNFCCC por sus siglas en inglés). En este sentido son los estados, o los grupos de estados, los que establecen regulaciones, métodos de cálculo, de monitoreo y objetivos de reducción. En la comunidad europea, por ejemplo, el tema de las emisiones contaminantes está regulado. Inicialmente lo estuvo mediante la directiva 2001/81/CE con la cual se alcanzaron grandes mejoras en términos de emisiones contaminantes. Actualmente se regula mediante la directiva 2016/2284, relativa a la reducción de las emisiones nacionales de determinados contaminantes atmosféricos, por la que se modifica la Directiva 2003/35/CE y se deroga la Directiva 2001/81/CE¹⁹.

Muchas de las emisiones contaminantes se han reducido a lo largo del tiempo gracias a los cambios en la tecnología de los combustibles y los vehículos. Estas son mejoras que se implementan como consecuencia de regulaciones cada vez más ambiciosas en términos de salud. El sitio web de la agencia europea para el medio ambiente (EEA por sus siglas en inglés) ofrece una base de datos de valores de emisiones de gases contaminantes desde 1990 hasta 2017 que muestra significativas mejoras en cuanto

¹⁷ <https://unfccc.int/es/process/bodies/supreme-bodies/conference-of-the-parties-cop>

¹⁸ <https://unfccc.int/es>

¹⁹ <https://www.boe.es/doue/2016/344/L00001-00031.pdf>

a las emisiones de monóxido de carbono, compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano, (ambas reducciones alrededor del 87 %), dióxido de azufre (reducción del 66 %) y óxidos de nitrógeno (reducción del 40 %).

No sucede lo mismo con los GEI. Los principales gases de efecto invernadero no son pasibles de ser reducidos mediante mejoras tecnológicas o en los combustibles, dado que siempre que se oxide un hidrocarburo se producirá al menos dióxido de carbono.

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA por sus siglas en inglés) también desempeña un rol clave en lo que respecta a emisiones contaminantes y su tratamiento.

Tanto la agencia europea EEA como la EPA han desarrollado objetivos, límites, procedimientos de cálculo y calculadoras de emisiones de gases contaminantes.

La calculadora de la EPA es la MOVES (por su sigla en inglés de Motor Vehicle Emissions Simulator)²⁰.

La calculadora de la EEA es la COPERT (abreviación de Calculate Emissions for Road Transport)²¹.

Ambas calculadoras implican la necesidad de conocer o estimar gran cantidad de variables de la vida real en el transporte, lo cual muchas veces es difícil para las evaluaciones de las emisiones del transporte a gran escala. Muchas de estas variables están asociadas a las velocidades de conducción, al mantenimiento de los vehículos, a su vida media, a su tecnología, y a las temperaturas ambientes y presiones atmosféricas. Para un operador de flota esta información podría ser de fácil compilación, pero a nivel de una ciudad, provincia o país, resulta sumamente complejo.

Las emisiones de gases de efecto invernadero están asociadas a impuestos e intercambios comerciales, pero no sucede lo mismo con las emisiones contaminantes.

Respecto de las consecuencias de las emisiones para la salud, la relación no es tan directa como lo es la relación entre las emisiones de GEI y el calentamiento. Para cada tipo de contaminante se establecen valores guía o valores límite de corta y larga duración. El punto es que como con cualquier veneno al que se exponga a los seres vivos, las consecuencias para la salud dependerán del valor y del tiempo de exposición, además de cómo reacciona cada organismo. Concentraciones altas durante períodos breves pueden ser tan perjudiciales como concentraciones más bajas durante períodos prolongados. Por otro lado, la tendencia global de concentración de la población en las grandes ciudades concentra también las emisiones, y aumenta la cantidad de personas expuestas a estas emisiones y los tiempos de exposición. La Organización Mundial de la Salud en su sitio web publica un resumen sobre las consecuencias para la salud de las emisiones²², y los valores guía de corta y larga duración para las mismas. El documento *WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: World Health Organization; 2021* contiene, entre otros contenidos importantes, la información detallada sobre los valores de referencia recomendados por la OMS y constituye una revisión y ampliación de la versión anterior del año 2005.

En resumen, se puede decir que cualquier tecnología que no transporte a bordo del vehículo hidrocarburos, y los oxide para su funcionamiento, tendrá un impacto menor en la contaminación del aire,

²⁰ <https://www.epa.gov/moves>

²¹ <https://www.emisia.com/utilities/copert/>

²² [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

y por lo tanto en la salud de las personas. Y en este sentido, la movilidad eléctrica resuelve ambas cuestiones, ya que no transporta ni quema a bordo ningún tipo de hidrocarburo.

1.11 Balanza comercial - Importación de gasoil

Argentina importa una buena cantidad del gasoil que se utiliza en el transporte. A continuación, se muestra una tabla que resume las importaciones y el consumo en los últimos cuatro años, construida con información extraída de la página de la secretaria de energía y de los balances energéticos.

Año	Importación de gas oil (todos los tipos)			
	2017	2018	2019	2020
Consumo de gas oil en el transporte (ktpe)	7.669	6.778	6.716	5.924
Importación de gas oil (ktpe)	3.072	2.723	1.978	1.399
Diferencia Consumido - Importado (ktpe)	4.597	4.055	4.738	4.525
% de la importación respecto del consumo	40	40	29	24
monto del gas oil importado (USD)	1.502.083.266	1.796.732.146	1.245.411.059	622.636.092

Tabla 1-2 - Importaciones totales de gasoil –Elaboración propia en base a información del obtenido sitio de la secretaria de energía.

La tabla muestra que el aporte local de gasoil al transporte se mantiene casi constante en el orden de los 4500 ktpe que equivale a 5,22 millones de metros cúbicos de gasoil, lo que es coherente con una producción de gasoil local que se mantiene también sin grandes variaciones.

Es importante enfatizar que justamente el mayor volumen de gasoil que se importa es el de grado 3 que es el que se utiliza en forma prioritaria para el transporte terrestre por carretera en automóviles y utilitarios livianos. A continuación, se muestra la composición de cada tipo de gasoil importado en los últimos cuatro años, considerado en porcentaje de volumen. La información se extrae de la página de la secretaria de energía²³

Año	Gasoil Grado 2 (Común)	Gasoil Grado 3 (Ultra)	Otros Tipos de Gasoil
2017	0%	60%	40%
2018	30%	65%	4%
2019	0%	93%	7%
2020	7%	75%	18%

Tabla 1-3 - Participación del gasoil grado 3 en las importaciones totales de gasoil –Elaboración propia

De lo expuesto se concluye que, sacando 2020 con la caída en la actividad debido al COVID-19, se importa gasoil por más de 1.200.000.000 de dólares anuales, dinero suficiente para incentivar la oferta y la demanda de vehículos eléctricos, la implementación de redes de recarga, la ejecución redes de

²³ <https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/hidrocarburos/refinacion-y-comercializacion-de-petroleo-gas-y-derivados-tablas-dinamicas>

transporte y distribución de energía eléctrica, y la generación de electricidad mediante fuentes renovables, haciendo el gasto una sola vez para el capital.

Por otro lado, si la importación fuese reemplazada por producción local de gasoil, habría que analizar las inversiones necesarias en aumento de la producción de crudo, transporte y refinerías, incluyendo los impactos en el ambiente y la salud.

1.12 Industria nacional

Argentina cuenta con una importante industria automotriz y autopartista que no solo abastece al mercado interno, sino que genera divisas provenientes de las exportaciones. Según el INDEC²⁴, en el 2021, las exportaciones del complejo automotor en conjunto representaron el 9,1% del total, ocupando el tercer lugar por debajo del sector oleaginoso con el 33,9% y el cerealero con el 17,9%.

El complejo automotor concentra 1,1% del total del empleo privado registrado y 5,8% del empleo industrial, con un total de 65.000 trabajadores registrados en el 3T de 2020²⁵.

La transición hacia la electrificación de los vehículos puede convertirse en una amenaza para países como Argentina, en caso en que las industrias automotriz y autopartista no se conviertan hacia las nuevas tecnologías, y por el contrario en una oportunidad en el caso en que el sector se acomode a las transformaciones en curso. En este sentido, el poder ejecutivo, desde el Ministerio de Desarrollo Productivo, envió al Congreso Nacional un proyecto de ley de promoción de la electromovilidad²⁶. Mediante el Decreto 51/2022²⁷ se incluyó ese proyecto para ser tratado, entre otros, en las sesiones extraordinarias del Congreso Nacional, las cuales no se llevaron a cabo.

En la apertura de las sesiones ordinarias del año 2022, durante el discurso inaugural, el presidente de la Nación reiteró la intención del Poder Ejecutivo de que se trate el proyecto de ley de electromovilidad y se refirió a la industria de la electromovilidad dentro de un plan de “Nueve Misiones Industrializadoras”²⁸. Todo eso pone de manifiesto la importancia estratégica de alinear políticas públicas en relación con la electrificación del transporte, no solo desde la mirada energética, ambiental y de salud, sino también desde el enfoque industria, laboral, educativo, y desde la investigación y el desarrollo.

²⁴ <https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel4-Tema-3-2-39#:~:text=Estos%20complejos%20exportadores%20representaron%20el,del%20total%20de%20las%20exportaciones.>

²⁵ https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2021.07.08_version_web_fichas_sectoriales_-_automotriz_y_autopartes.pdf

²⁶ MENSAJE NRO: 0004/22 Y PROYECTO DE LEY

Iniciado en: Diputados Expediente Diputados: 0016-PE-2021

Publicado en: Trámite Parlamentario N° 211 Fecha: 24/01/2022

²⁷ <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/256643/20220126>

²⁸ https://www.diputados.gov.ar/prensa/noticias/2022/noticias_1711.html

1.13 Barreras a la electromovilidad

En este momento cabe preguntarse por qué, aun con todas sus ventajas, la electromovilidad no gana terreno más rápidamente frente a la movilidad impulsada por motores de combustión interna.

La lectura de estudios y publicaciones en relación con las barreras a la electromovilidad coinciden con lo que se recopila en cualquier entrevista sobre el tema con el usuario promedio de un vehículo convencional a nivel local.

Las principales barreras para la adopción que se mencionan, no necesariamente ordenadas bajo algún criterio son:

- El mayor precio del vehículo en comparación con su equivalente de combustión interna
- La menor autonomía en comparación con su equivalente de combustión interna
- La desconfianza frente a una tecnología desconocida, asociada a “carritos de golf” y juguetes.
- La ausencia de infraestructura de recarga (Sims Gallagher, Schilling, Mohr, & Tabors, 2015); (Rezvani, Jansson, & Bodin, 2015); (Adhikari, Ghimire, Kim, Aryal, & Khadka, 2020)

Es interesante destacar que las barreras son las mismas según publicaciones del año 2013, 2015 o 2020. El mayor valor de los vehículos este asociado al costo de las baterías. Se espera que para 2027 en Europa los precios de los vehículos eléctricos igualen los precios de los vehículos convencionales²⁹, más allá de ayudas a los vehículos eléctricos o penalizaciones a los vehículos convencionales. De todos modos, lo importante a considerar es el “costo total de propiedad” o TCO por sus siglas en inglés, en el cual se debe considerar no solo el precio del vehículo sino también el costo de la energía a utilizar, mantenimiento y otros costos de operación. Los cálculos del TCO deben analizarse en forma cuidadosa, ya que las condiciones de borde (por ejemplo zona geográfica, clima, tipo de uso, estado de carreteras, programas de mantenimiento), así como los plazos considerados y las distancias recorridas durante el período de análisis pueden dar resultados favorables para una u otra tecnología. A modo de ejemplo, se puede revisar el estudio realizado por Argone (Burnham, y otros, 2021).

Respecto de la autonomía, se discute en el Capítulo 2 el tema asociado a la **ansiedad de rango** y la autonomía que ofrecen los vehículos eléctricos en relación con la distancia que recorre un usuario promedio. Los análisis muestran que, con las autonomías actuales, esta barrera es un preconcepto del usuario, y como cualquier preconcepto es de validez relativa.

Los vehículos eléctricos actuales ofrecen autonomías que exceden las necesidades del usuario promedio, tema que se discute también en el Capítulo 2.

Algo similar sucede con el hecho de asociar al vehículo eléctrico con un vehículo liviano o recreativo. En la medida en que los usuarios se familiaricen con la existencia de vehículos eléctricos con prestaciones similares a los convencionales, y en algunos casos superadoras, esta barrera tenderá a desaparecer.

²⁹ <https://insideevs.com/news/506465/evs-price-parity-europe-2027/>

Respecto de la ausencia de infraestructura de recarga, no se encontraron publicaciones que traten específicamente el tema, aunque sí se menciona en algunas el dilema “del huevo y la gallina” en relación con la ausencia de infraestructura por falta de vehículos y viceversa, y de cómo incentivar la oferta de un servicio de recarga cuando no hay aun una demanda que lo traccione. (Wolbertus, van den Hoed, Kroesen, & Chours, 2021); (Serradilla, Wardle, Blythe, & Gibbon, 2017); (Levy, Riu, & Zoi, 2020).

En Argentina no existe aún un mercado de la recarga de vehículos eléctricos.

No hay oferta del servicio, ya que hay muy pocos cargadores públicos.

No hay demanda, ya que hay muy pocos vehículos eléctricos.

No está definido un precio al cual realizar las transacciones, y tampoco está claro en base a que cobrar el servicio.

De las entrevistas mantenidas con los diferentes actores, surge que la inversión a realizar tanto en el equipo como en la instalación, sin un modelo de negocios que muestre un retorno de la inversión adecuado, constituyen una barrera particular al desarrollo de las redes. Los pocos que invierten en colocar cargadores lo están haciendo como para dar una señal de interés en la materia, y posiblemente para posicionarse como referentes y líderes del sector, pero sin perspectivas de negocio a corto plazo³⁰.

Al no estar definidas las variables asociadas a la venta del servicio de recarga, existe cierto temor a enfrentar impedimentos asociados a la venta de energía eléctrica, como sucedió al momento de la instalación de los primeros cargadores para vehículos eléctricos por parte de YPF en el barrio de Palermo, cuando EDESUR presentó un reclamo ante el ENRE³¹.

El reclamo tuvo cierta difusión en los ámbitos especializados, pero la respuesta del ENRE, a la cual se pudo acceder, se mantuvo bajo cierto hermetismo. En esa respuesta, el ENRE manifestó que no correspondía hacer lugar a la solicitud de intervención solicitada por EDESUR.

Respecto de la oferta de vehículos, hasta que el proyecto de ley del ejecutivo mencionado más arriba resulte en la producción de vehículos y partes nacionales, habrá que esperar que esta se satisfaga mediante la importación. Con el objetivo de acortar la brecha entre el precio de un vehículo convencional y un eléctrico, desde el año 2017 está vigente el decreto 331³², el que ha tenido varias modificaciones, en particular las introducidas por el decreto 617 del año 2021³³. Mediante este marco legal se establece la reducción arancelaria para la importación de vehículos alternativos a los de combustión interna.

Si bien mediante este esquema se han introducido varios vehículos electrificados que permiten a los usuarios y al público en general comenzar a interactuar con esta nueva tecnología, las restricciones generales a las importaciones hacen que las empresas automotrices analicen cuidadosamente sus prioridades al momento de destinar cupos de importación, siendo conservadores en cuanto a las

³⁰ <https://www.iprofesional.com/actualidad/353400-ypf-tendria-cargadores-de-autos-electricos-cada-150km-en-el-pais>

³¹ <https://eleconomista.com.ar/energia/edesur-va-ypf-autos-electricos-n15116>

³² <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/270000-274999/274610/texact.htm>

³³ <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/350000-354999/354040/norma.htm>

cantidades de vehículos electrificados a importar. De todos modos, el incentivo a la oferta de vehículos está fuera del alcance de este trabajo.

Lo que se pretende es definir qué se le ofrecerá al usuario de un vehículo eléctrico en cuanto a la recarga rápida en el entorno público, a qué valor se le ofrecerá, y como se va a incentivar esa oferta en el inicio de la actividad, dado que, sin lugar a dudas, este servicio no será rentable hasta que se alcance cierto nivel de demanda. Todo esto bajo la hipótesis de que, más allá de que los precios de los vehículos eléctricos se equiparen con los convencionales, la electrificación no llegará a los niveles necesarios para alcanzar los objetivos ambientales si no se incentiva la existencia de una red de recarga rápida pública.

Cuando se plantea el “que se le ofrecerá al usuario” se pretende definir si se le ofrecerá un servicio de recarga ponderado por energía o por tiempo, a qué potencia mínima, y con qué tipo de equipos en cuanto a las tecnologías mínimas a considerar.

Respecto de los equipos, en el capítulo 2 se mencionan las características que se proponen para el desarrollo de una red de recarga rápida pública en Argentina.

Capítulo 2 Movilidad eléctrica y recarga

2.1 Introducción al capítulo

En este capítulo se presenta a la movilidad eléctrica como alternativa a la convencional impulsada por motores de combustión interna, y se explican en forma resumida las variantes de vehículos electrificados presentes en el mercado.

Se explica la forma en que los vehículos eléctricos se cargan haciendo, hincapié en la carga rápida, cuyo régimen de promoción es el objetivo de este trabajo.

Finalmente se define que tipo de cargador se propone para que sea considerado dentro del régimen de promoción que se presenta en el capítulo 5.

2.2 Vehículos eléctricos

Los vehículos eléctricos son tan antiguos como los de combustión interna, o aún más (Segrave, 2019).

Entre las evidencias que existen para sostener esta afirmación, están disponibles registros casi simultáneos de carretas impulsadas por motores eléctricos, a explosión y a vapor³⁴.

El motor eléctrico es más simple y silencioso que el motor de combustión interna. Se puede pensar en la percepción de los riesgos potenciales que supondría en los inicios de la movilidad el hecho de transportar a bordo del vehículo varios litros de material inflamable para hacerlo funcionar, mientras que llevar una batería podría parecer más inocuo. Es posible también que, en los inicios, la simplicidad y el silencio asociados a los motores eléctricos habrá puesto en tela de juicio al uso de los motores de combustión interna.

Pero la batería perdió la batalla frente a algunas necesidades clave que el vehículo debería satisfacer: la autonomía, la velocidad de recarga, el peso, el tamaño, el precio, por citar las más importantes.

Desde aquel inicio hasta hoy, la industria del automóvil, incluyendo las industrias asociadas, es una de las actividades más importantes a nivel global. De la lista de las 2000 empresas públicas que publica Forbes, entre las 100 primeras de la publicación 2021, seis de ellas corresponden al sector automotriz³⁵. El ordenamiento se hace por cuatro aspectos que son el valor de mercado, el valor de sus activos, las ventas y las ganancias.

Era difícil poner en marcha a los antiguos vehículos de combustión interna, y una vez que se lograba, no era fácil mantenerlos funcionando durante la conducción. Fue por esta razón que nació la figura del *chauffeur*, cuya etimología no proviene de su función de conducir el vehículo, acepción que se encuentra

³⁴ https://www.bloomberg.com/news/photo-essays/2019-01-05/171-years-before-tesla-the-evolution-of-electric-vehicles?utm_medium=cpc_search&utm_campaign=NB_ENG_DSAXX_DSAXXXXXXXXXXXXX_EVG_XXXX_XX_X_Y0469_EN_EN_X_BLOM_GO_SE_XXX_XXXXXXXXXXXX&gclid=CjwKCAiAvOeQBhBkEiwAxutUVJlHdcQ7pm97jVX73wN5XmgVX6uIyfiO-VOT1C3qnJ7MsHPEt8h2VhoCSp4QAvD_BwE&gclid=aw.ds

³⁵ <https://www.forbes.com/lists/global2000/#650304ea5ac0>

en el diccionario, sino de calentarlo para ponerlo en marcha³⁶, lo que incluía la maniobra de girar la manivela del motor, acto que por sus características requería de una persona con cierta fuerza física y habilidad.

Paradójicamente la batería, aquella misma que resignó el crecimiento del vehículo eléctrico por la autonomía, velocidad de carga y precio, fue la que facilitó la maniobra de puesta en marcha del motor de combustión interna, cuando se le integró al motor térmico un motor eléctrico pequeño de arranque, hoy conocido coloquialmente como “burro de arranque”. Este motor accionado por una batería facilitó significativamente la maniobra de puesta en marcha del motor térmico y con esto facilitó la adopción de esta tecnología.

2.3 Electrificación de los vehículos

Con el objetivo de reducir el consumo de combustible, y por lo tanto las emisiones, se fueron incorporando diferentes grados de electrificación a los vehículos convencionales. La electrificación se implementa agregando diferentes sistemas eléctricos, que van aumentando cada vez más su participación en la tracción del vehículo. Finalmente se llega a la electrificación total, o vehículo eléctrico puro.

A continuación, se mencionan y se explican brevemente estas tecnologías.

2.3.1 Frenado regenerativo

Antes de introducir los diferentes tecnologías, hay que mencionar una característica distintiva de la electrificación de los vehículos: El frenado regenerativo.

Durante el frenado del vehículo se reduce su velocidad, y por lo tanto hay una variación de su energía cinética.

Cuando el vehículo se frena mediante mecanismos convencionales, la energía cinética varía a causa de la aplicación una fuerza de rozamiento entre una parte móvil y otra fija, que convierte esa energía cinética en calor. Y ese calor no se aprovecha.

El frenado regenerativo consiste en hacer funcionar al motor eléctrico como generador, convirtiendo esa diferencia de energía cinética en energía eléctrica. Esa energía eléctrica, en lugar de generar calor, se aprovecha para cargar las baterías. El frenado regenerativo puede extender la autonomía de un vehículo eléctrico en el orden del 10% (Chau, 2014).

2.3.2 Sistema de encendido y apagado del motor térmico (Start / Stop)

El primer paso en la electrificación fue la inclusión de una tecnología mediante la cual el motor térmico se apaga cuando no se utiliza y se pone en marcha cuando se vuelve a utilizar durante el mismo ciclo de conducción. Una situación típica en la que esta tecnología reduce consumo y emisiones es cuando el vehículo está detenido en un semáforo o en un embotellamiento. El motor eléctrico de arranque se

³⁶ <https://motor.elpais.com/actualidad/por-que-el-chofer-es-el-que-calienta-y-un-capo-lleva-capucha/#:~:text=Claramente%20no%3A%20la%20palabra%20ch%C3%B3fer,vez%20procede%20del%20lat%C3%ADn%20calefacere.>

complementa con otros mecanismos para que el encendido y apagado del motor térmico sea suave y no implique un consumo importante de la batería auxiliar del vehículo, que sigue siendo la misma que la de los vehículos convencionales, encargada además de alimentar los accesorios de baja tensión. El motor de arranque en estos casos es un poco más elaborado que el comúnmente conocido como “burro”, e igual que este puede ser de 12 VCC o 24 VCC

2.3.3 Híbridos ligeros

Los motores térmicos entregan valores de cupla suficientes para mover el vehículo alrededor de las 2000 RPM. Dicho de otro modo, hay que acelerar el motor térmico a cierto régimen de revoluciones por minuto como para que este produzca una cupla que sea capaz de poner en movimiento el vehículo. En cambio, los motores eléctricos pueden entregar la cupla máxima a cualquier velocidad, situación que se ha mejorado significativamente con la electrónica de potencia.

El primer paso en la hibridación de los vehículos, y segundo paso en la electrificación, consiste en colocar uno o varios motores eléctricos en el vehículo que, tomando energía de una batería de poca capacidad, asisten al motor térmico en las situaciones en las cuales hace falta una cupla importante. Al reducirse el uso del motor térmico en estas situaciones, se reduce el consumo de combustible y las emisiones. Las baterías de baja capacidad (del orden de unos pocos kWh) se cargan haciendo funcionar a los motores eléctricos como generadores, ya sea aprovechando el frenado regenerativo, o siendo impulsados por el motor térmico. En general estos motores eléctricos y las baterías asociadas son de 48 VCC.

2.3.4 Híbridos puros

El próximo paso en la hibridación y tercer paso en la electrificación consiste en aumentar la asistencia eléctrica, que complementa a la tracción térmica, mediante el aumento de la potencia de los motores eléctricos y la capacidad de las baterías. Los motores eléctricos pasan a funcionar con voltajes del orden de los 200 VCC y las baterías pasan a tener capacidades por debajo de la decena de kWh. Las baterías, igual que en el caso anterior, se cargan mediante el frenado regenerativo o a expensas del motor térmico que hace funcionar a los motores eléctricos como generadores. Estos vehículos pueden funcionar en modo eléctrico puro moviendo el vehículo a baja velocidad (no más de 30 km/h) y a lo largo de distancias cortas (por debajo de la decena de kilómetros), que dependerán del estado de carga de estas baterías, aun pequeñas en cuanto a su capacidad. El funcionamiento eléctrico queda circunscripto a la circulación en condiciones de estacionamiento y otras similares a las de baja velocidad y distancias cortas.

2.3.5 Híbridos enchufables

Colocando motores de mayor potencia y baterías de mayor capacidad, los vehículos híbridos enchufables pueden moverse en modo eléctrico puro a velocidades y distancias más adecuadas al uso normal. Pero para que esto sea posible, ya no alcanza con cargar las baterías solo a expensas del motor térmico o el frenador regenerativo. Estas baterías de mayor capacidad, por encima de la decena de kWh, se cargan además desde la red eléctrica.

Este es el tercer paso en la hibridación y el cuarto paso en la electrificación. Los vehículos híbridos enchufables funcionando en modo eléctrico puro, pueden alcanzar velocidades del orden de los 90 km/h y pueden recorrer con sus baterías distancias del orden de los 70 km. Un automóvil híbrido enchufable

puede brindarle al usuario la posibilidad de moverse en ámbitos urbanos en modo 100% eléctrico sin necesidad de recargas intermedias.

El voltaje de los motores eléctricos de estas tecnologías está en el orden de los 200 VCC.

2.3.6 Eléctrico puro

El último eslabón de la cadena de la electrificación es el vehículo eléctrico puro. Este tipo de vehículo se carga principalmente de la red eléctrica, y cuenta también con la ventaja del frenado regenerativo, pero no hay a bordo ningún motor térmico que haga funcionar al motor eléctrico como generador para la carga de la batería.

Sus baterías tienen capacidades desde los 30 kWh, típicamente de 40 kWh, aunque en autos de alta gama ya están alcanzando valores de entre 80 kWh y 100 kWh. Los voltajes de los motores ya están en el orden de los 300 VCC y a medida que se aumentan las capacidades de las baterías, el voltaje de carga y de salida de estas pasa a estar en el orden de los 800 VCC. Estos vehículos brindan al usuario una experiencia de manejo igual o incluso superior a la de un vehículo convencional. Superior dado que el andar es sumamente suave y silenciosos, y debido a la característica de cupla máxima a cualquier régimen del motor eléctrico, estos vehículos tienen una reacción muy superior a la de los vehículos térmicos. El frenado regenerativo brinda también la posibilidad de recorrer largas distancias en ámbitos urbanos sin necesidad de utilizar el freno.

2.3.7 Rango extendido

Si bien los precios del kWh y las densidades energéticas de las baterías vienen bajando significativamente, el peso y el precio atentan contra la economía del vehículo eléctrico.

Para aumentar la autonomía del vehículo sin aumentar la capacidad de la batería, se desarrolló una tecnología en la cual se coloca a bordo del vehículo un pequeño motor térmico acoplado a un generador de electricidad que carga las baterías cuando estas están por debajo de cierto valor de capacidad. Algo así como un pequeño grupo electrógeno a bordo que funciona mediante la combustión de algún hidrocarburo.

El vehículo de rango extendido es una instancia superadora al híbrido enchufable en términos de consumo, emisiones y autonomía, y en términos de uso prácticamente equipara al eléctrico puro.

2.4 Carga de las baterías

La carga de las baterías puede realizarse mediante el funcionamiento del motor térmico del vehículo, mediante el frenado regenerativo, o mediante fuentes externas.

En los puntos anteriores se explicaron las tecnologías híbridas en las que la batería se recarga con el propio motor térmico de tracción, o la de rango extendido con el generador eléctrico a bordo que no participa en la tracción. Se mencionó también el uso del frenado regenerativo que se utiliza como complemento de la recarga.

En la medida en la que se pretende aumentar la autonomía en el funcionamiento eléctrico, aumenta el tamaño de las baterías, y por lo tanto hay que cargarlas mediante una fuente externa al vehículo. Para esto existen dos tecnologías. La carga conductiva, en la cual se transfiere la energía haciendo contacto eléctrico entre el sistema externo y el vehículo, y la carga inalámbrica en la cual se transfiere la energía

mediante un acoplamiento electromagnético a través del aire. Esta última tecnología está en etapa de desarrollo, por lo que para este trabajo se tendrá en cuenta solamente la carga conductiva.

2.5 Tecnologías de carga conductiva – Carga en CA y en CC

Las baterías almacenan energía eléctrica en forma de corriente continua, mientras que la distribución de energía eléctrica en baja tensión, que es de donde los usuarios toman la energía para utilizarla en su vida diaria, se realiza en corriente alterna.

Esto significa que, para cargar la batería de un vehículo eléctrico, hará falta un sistema que rectifique la corriente alterna de la red y la convierta en corriente continua. Para la carga de los vehículos eléctricos, esta rectificación puede hacerse a bordo o fuera del vehículo. Si la rectificación se hace a bordo, el vehículo podrá conectarse a una fuente de corriente alterna, mientras que, si el vehículo no cuenta con un sistema de rectificación, la carga deberá realizarse conectando el vehículo a una fuente de corriente continua, es decir haciendo la rectificación fuera del vehículo.

Se puede afirmar que todos los fabricantes de vehículos ofrecen la posibilidad de realizar la carga con corriente alterna. Esto se debe a que, como la distribución de electricidad se hace en corriente alterna, siempre habrá algún punto de conexión del cual abastecerse.

Pero si el auto se alimenta con corriente alterna, debe incluirse a bordo el rectificador. Como el peso y el volumen es un condicionante para colocar componentes dentro del vehículo, así como también lo es el precio, los fabricantes colocan a bordo rectificadores de potencias más bien bajas. Estas potencias bajas están asociadas con tiempos de carga prolongados. Por eso resulta que las cargas que se realizan conectando el vehículo directamente a corriente alterna son, en general, cargas lentas de baja potencia.

Poniendo fuera del vehículo un rectificador de mayor potencia, cuyo volumen y peso no estará moviéndose arriba del vehículo, sino apoyado en el piso, en un sitio con espacio suficiente, y cuyo precio se puede repartir entre muchos usuarios, es que surge la tecnología de carga en corriente continua de alta potencia, conocida también como carga rápida.

El siguiente esquema muestra en forma gráfica lo descrito en relación con ambas opciones.

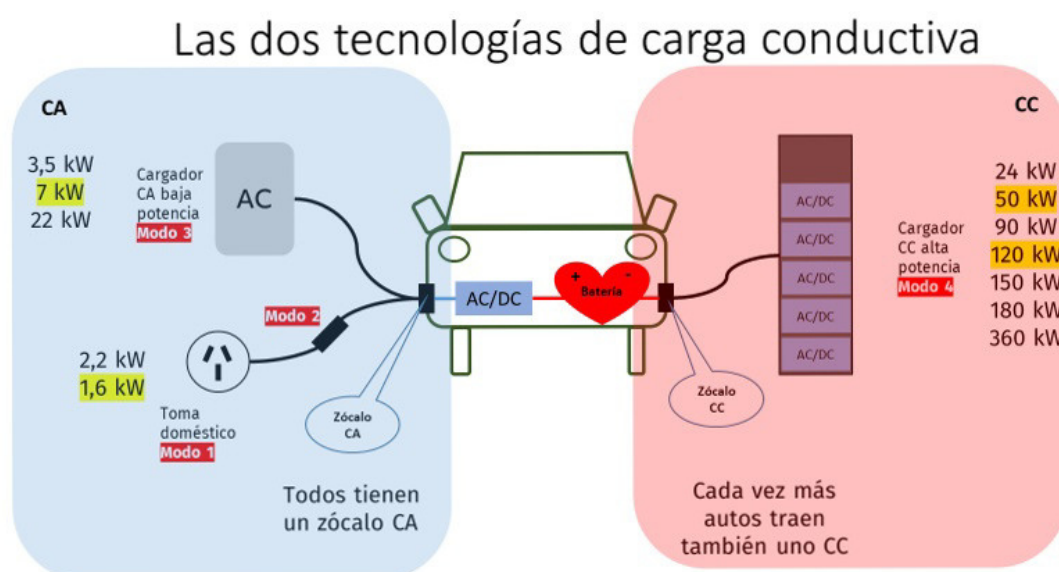


Ilustración 2-1 Tecnologías de carga conductiva –Elaboración propia

En la ilustración anterior se resaltan en color rojo lo que se denomina “Modo de carga” según la norma IEC 61851-1:2017 “*Electric vehicle conductive charging system – Part 1: General requirements*”

2.5.1 Modos de carga

Los modos de carga según la norma internacional IEC 61851-1:2017 son cuatro.

Modo 1, que se caracteriza por tomar la energía de la red mediante la conexión directa de una ficha macho estándar a un tomacorriente estándar sin ningún tipo de función de control o contactos auxiliares. Del lado del vehículo hay un conector dedicado para la carga que se conecta a un zócalo alojado en el vehículo³⁷.

Modo 2, que es similar al Modo 1, pero con la diferencia de que se incluye una función piloto de control y la protección de las personas contra choques eléctricos.

La función piloto, según la norma IEC 61851-1:2017 es la función que permite monitorear y controlar la interacción entre el vehículo y el cargador. Tanto en el Modo 1 como en el Modo 2, la potencia y por lo tanto el tiempo de carga, están condicionados por la capacidad del tomacorriente y de la ficha macho.

Modo 3, que es similar al Modo 2, pero en lugar de tomar la energía desde un tomacorriente estándar con una ficha macho estándar, el equipo de carga se conecta directamente a la instalación fija, lo que permite que en este modo la potencia de carga no esté limitada por la capacidad del tomacorriente y la ficha.

Además de la posibilidad de cargar a mayor potencia, los cargadores de este modo proveen al usuario otras capacidades como medición de energía, conexión a internet, gestión de la carga, autorización de uso, entre otras.

Los Modos 1, 2 y 3 se resaltan en rojo en la Ilustración 2-1 del lado izquierdo, agrupados del lado de corriente alterna.

Modo 4, que es similar al Modo 3, pero en lugar de cargar el vehículo con corriente alterna, en Modo 4 se carga con corriente continua.

Por no contar con función piloto y protecciones contra choque eléctrico, en muchos países el Modo 1 está prohibido. En Argentina el reglamento AEA 90364-7-722 Reglas particulares para las instalaciones en lugares y locales especiales - Suministro a vehículos eléctricos, también prohíbe el Modo 1.

Resaltado en amarillo en la ilustración anterior se indican a modo de referencia los valores típicos de potencia para cada modo de carga.

³⁷ Los conectores y zócalos, así como otros accesorios de carga de vehículos eléctricos se tratan en las normas IEC 62196, que consta de varias partes.

2.5.2 Tiempos de carga

Para un consumo que se comporta en forma lineal, se puede aplicar la siguiente formula que vincula la potencia, la energía y el tiempo:

$$E = P \times T$$

Ecuación 2-1 Energía

En donde

E es la energía en kWh

P es la potencia en kW

T es el tiempo en horas

Sin embargo, para el caso de las baterías de los vehículos eléctricos, fabricadas actualmente en base a diferentes tecnologías de litio, el comportamiento durante la carga no es lineal.

Desde el punto de vista eléctrico, el comportamiento de una batería de litio puede asociarse un circuito equivalente con resistencias y capacitores. Las baterías se modelan también de acuerdo a su comportamiento térmico y químico. (Iglesias, y otros, 2012); (Saldaña, San Martín, Zamora, Asensio, & Oñederra, 2019). Un comportamiento capacitivo, significa en pocas palabras que la corriente de carga, y por lo tanto la potencia, disminuye a medida que el estado de carga de la batería aumenta. El usuario notará que como consecuencia de esta disminución, la carga se ralentiza a medida que la batería se va cargando.

Ideas de la variación de la corriente de carga por el comportamiento capacitivo de la batería, los fabricantes de estas suelen incluir algoritmos de ajustes de corriente para optimizar la carga en función de prolongar la vida de la batería. Algunos gráficos reales del comportamiento de la corriente de carga en función del estado de carga de la batería de diferentes vehículos eléctricos están disponibles en el sitio web de la red de carga Fastned³⁸. En los gráficos se puede apreciar que las variaciones de corriente, por lo tanto de potencia, no tienen un comportamiento lineal, y que según el vehículo estos comportamientos son bastante diferentes según el estado de carga de la batería.

³⁸ <https://support.fastned.nl/hc/en-gb/articles/115015420127>

Charge curves at 300 kW chargers

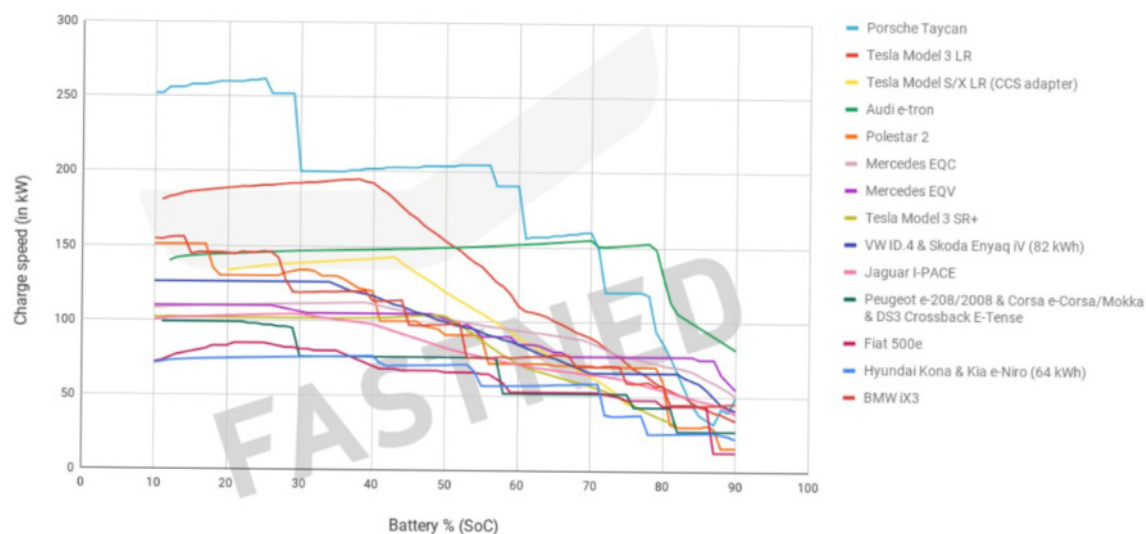


Ilustración 2-2 Potencia en función del estado de carga de las baterías de vehículos típicos del mercado europeo. Fuente Fastmed.

En general se considera que las baterías se utilizan en un rango que va entre el 20% y el 80% de su estado de carga o SOC por sus siglas en inglés. (Kostopoulos, Spyropoulos, & Kaldellis, 2019).

Además del enfoque científico para definir este rango, hay que considerar un aspecto conductual de los usuarios. Quien conduce un vehículo eléctrico, difícilmente llegue al punto de carga por debajo del 20% del estado de carga de su vehículo. Esto se debe a que, en función de la ya mencionada ansiedad de rango, y de la ausencia de una alternativa si se queda sin batería, en general tendrá una actitud conservadora en relación con el estado de carga mínimo de su vehículo. Y como a partir del 80% la carga de la batería se ralentiza por su comportamiento capacitivo, es muy probable que el usuario se desconecte una vez que el vehículo alcanza un estado de carga del orden del 80%.

Durante ese rango, es decir entre el 20% y el 80% del estado de carga de la batería, puede asumirse que la carga permanece constante, a un valor promedio dado por la menor potencia puesta en juego a lo largo de todo el sistema de carga³⁹.

En base a todo lo expuesto, es posible entonces asumir que, para una batería de un vehículo con una capacidad útil de 40 kWh, y un usuario que carga entre el 20% y el 80% de la capacidad, con una potencia de 50 kW (uno de los valores típicos de potencia de carga en corriente continua) indicada en Ilustración 2-1, el tiempo de carga resulta 0,48 h, o aproximadamente 30 minutos.

En función del consumo propuesto en el capítulo 1 de 16 kWh cada 100 kilómetros, este tiempo de media hora de carga a 50 kW en corriente continua proporcionaría una autonomía de 150 km.

Si en lugar de realizar la carga en corriente continua se realiza en corriente alterna a la potencia típica del Modo 3 de 7 kW, el tiempo resulta 3,4 h, o aproximadamente 3 horas y 30 minutos, considerando

³⁹ En un sistema “cargador externo, cable, cargador interno” en el cual el vehículo pueda cargar a 150 kW y el cargador externo sea de 50 kW, la potencia de carga queda limitada a 50 kW. En un sistema en el cual el cargador externo sea de 150 kW y el vehículo pueda cargar a 50 kW, la potencia de carga queda limitada a 50 kW.

nuevamente que la energía a transferir es de 24 kWh, es decir el 60% de la capacidad de una batería de 40 kWh.

2.6 Las necesidades de los usuarios

Las necesidades a considerar en este trabajo son las de los usuarios promedio de vehículos particulares. Principalmente se analizará la información disponible en relación con las distancias que recorre un usuario típico de un vehículo particular, y cuanta energía necesita para hacerlo con un vehículo eléctrico.

2.6.1 La distancia a recorrer

Los automóviles particulares recorren en Argentina unos 12.000 kilómetros anuales, de acuerdo a la VE 9 (Variable explicativa número nueve) utilizada en el CUARTO INFORME BIENAL DE ACTUALIZACIÓN DE LA REPÚBLICA ARGENTINA A LA CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO⁴⁰. Ese dato, según ese informe, está provisto por AFAC, Asociación de Fábricas Argentinas de Componentes⁴¹.

Existen otros análisis que corroboran ese número, como por ejemplo un estudio del capítulo local de la organización GiPA⁴² publicado por TELAM en 2019⁴³.

Promediando la distancia anual recorrida en la cantidad de semanas de un año, surge que un usuario promedio recorre unos 250 km semanales. Se mencionó anteriormente que una batería típica cuenta con una capacidad de 40 kWh y que un vehículo eléctrico consume unos 16 kWh/100 km. Esto da como resultado que, con los 40 kWh de la batería, un usuario promedio podría recorrer sin mayores inconvenientes esos 250 km semanales. Es decir, necesitaría hacer una sola carga semanal para recuperar la autonomía necesaria. Siendo más realistas, y considerando el rango de estados de carga de entre el 20% y el 80% que se mencionó anteriormente, que equivale a 24 kWh, y con el consumo de 16 kWh/100 km, se podrían recorrer 150 km, lo que representa solamente dos cargas semanales. De ahí en más, se pueden hacer suposiciones hacia arriba o hacia abajo, en función de los planteos de casos particulares.

2.6.2 La necesidad de carga

Uno de los grandes cambios que introduce el vehículo eléctrico, es que los usuarios pueden abastecerse de la energía necesaria para moverse, sin necesidad de ir a una estación de servicio, ya que hay puntos de corriente alterna a los cuales conectarse para cargar en cualquier localización de la red de distribución de baja tensión.

⁴⁰ <https://unfccc.int/documents/419772>

⁴¹ <http://www.afac.org.ar/>

⁴² NOTA VACÍA

⁴³ <https://www.telam.com.ar/notas/201910/397647-los-argentinos-usan-cada-vez-menos-el-auto-con-una-caida-promedio-de-2500-kilometros-desde-2012.html>

A diferencia de los combustibles líquidos, del GNC, o del hidrogeno en un futuro, la electricidad para cargar un vehículo eléctrico está disponible en cualquier tomacorriente domiciliario, realizando la carga con el Modo 2 que se muestra en la Ilustración 2-1.

Como opción superadora del Modo 2 para la cara domiciliaria, el Modo 3 ofrece mayor potencia, por lo tanto, menores tiempos, y además brinda la posibilidad de incluir en el equipo conectividad, medición de energía, protecciones más sofisticadas y completas, mecanismos de autorización para el uso, posibilidad de gestión de la demanda⁴⁴, por citar las más significativas.

Debido a esta característica distintiva de poder resolver la carga en el domicilio, se estima que el 80% de las cargas se realizan a baja potencia en el entorno privado, y que solo el 20% restante se realiza en cargadores rápidos de corriente continua en el entorno público (Smart & Schey, 2012SAE), (Neaimeh, y otros, 2017) (Engel, Hensley, Knupfer, & Sahdev, 2018).

Según el uso de un vehículo indicado en el punto anterior, y considerando la cantidad de horas que un vehículo está detenido en la casa del usuario, y eventualmente en su lugar de trabajo, un vehículo detenido unas 10 horas diarias podría recuperar, con una potencia de 5 kW, unos 50 kWh de energía, que superan la capacidad de la batería.

En otras palabras, el tiempo que un vehículo está detenido ya sea en el domicilio o en el trabajo, es más que suficiente para cargar la energía necesaria para moverse, incluso cargando a baja potencia.

De las entrevistas mantenidas con los usuarios que han adoptado vehículos eléctricos en el país, tanto para uso particular como para operación de flotas logísticas de última milla, todos manifiestan que con potencias inferiores a los 7 kW típicos en corriente alterna, satisfacen ampliamente sus necesidades de uso cotidiano.

En el párrafo anterior se mencionó que el usuario promedio puede satisfacer sus necesidades de movimiento con dos cargas semanales de 24 kWh, lo que le representa 150 km por carga, o sea 300 km semanales. Considerando que la energía resulta de la multiplicación de la potencia por el tiempo (ver Ecuación 2-1) y considerando que el vehículo permanece detenido por lo menos unas 10 horas durante la noche, resulta que esos 24 kWh pueden abastecerse a una potencia de 2,4 kW sin necesidad de sobrecargar las redes en condiciones normales, dejando las potencias de 7 kW disponibles en los cargadores para casos excepcionales.

Hay gran cantidad de opciones de gestionar la carga inteligente en corriente alterna en el ámbito domiciliario, pero exceden el alcance de este trabajo que está orientado a la carga rápida en corriente continua en ámbitos públicos.

Solo cuando el usuario necesite recorrer distancias que superen la autonomía de la batería, ya sea en un tramo de ida como en un recorrido de ida y vuelta, ahí es donde hace falta la carga rápida en corriente continua.

⁴⁴ La gestión de la demanda es una característica mediante la cual el cargador adapta la potencia de carga del vehículo eléctrico en función de la demanda del resto de la instalación a los efectos de no superar un determinado valor de potencia. Se aplica tanto a usos domiciliarios con uno o más cargadores, como a usos compartidos o públicos.

Si bien un usuario promedio necesita la carga rápida publica en corriente continua solo ocasionalmente, la incertidumbre respecto a poder satisfacer esta necesidad cuando surge es una de las barreras que los usuarios suelen citar con alta frecuencia. Esta barrera, entre otras, se profundiza en el Capítulo 2.

2.7 Carga rápida en corriente continua en el entorno publico

De todo lo expuesto, queda claro que, aunque se use en forma ocasional, es necesario contar con una red de carga rápida que permita al usuario desplazarse en forma adecuada a distancias mayores que la que le ofrece la autonomía de la batería.

A continuación, se describen las características principales que debería tener una red de recarga publica en corriente continua.

2.7.1 Potencias de carga en corriente continua

Como se indica en la figura Ilustración 2-1, las potencias típicas para estas cargas tienen valores del orden de 50 kW y 120 kW. Si bien hay una tendencia a aumentar esta potencia para reducir el tiempo de carga y que esta actividad se asemeje lo más posible a la carga de vehículos de combustión interna, en los lugares en donde la movilidad eléctrica es incipiente es razonable pensar en que se instalen al comienzo equipos con potencias el orden de los 50 kW, por cuestiones asociadas al costo del equipo y la potencia disponible en los puntos de conexión.

Por otra parte, según se observa en la Ilustración 2-2, no todos los vehículos cuentan con sistemas eléctricos que puedan aprovechar potencias de carga superiores a los 100 kW, habiendo una concentración importante de modelos que cargan entre el 20% y el 80% de su estado de carga con potencias de hasta 100 kW.

2.7.2 Conectores de carga de corriente continua

El sistema de conexión entre el vehículo y el cargador debe resolver en forma adecuada varios aspectos, siendo tres de los principales la potencia a transferir, la información a intercambiar entre el cargador y el vehículo y la seguridad y confiabilidad de esta transferencia de energía y de información, todo esto en un marco que además garantice la interoperabilidad y la intercambiabilidad. Básicamente, se espera que cualquier fabricante de vehículos sepa qué debe poner a bordo para que pueda ser cargado con el cargador que fabrique cualquier fabricante de equipos de suministro, y viceversa.

En corriente continua se han desarrollado por lo menos cuatro maneras distintas de realizar esta conexión, muy orientadas a los mercados en los cuales los vehículos se fabrican y comercializan. Lamentablemente, esto no asegura al usuario de un vehículo eléctrico la total interoperabilidad de su vehículo con las redes de carga.

De la literatura disponible se podría sacar la conclusión de que, en un principio, las industrias automotrices de Alemania y Japón tomaron la iniciativa definiendo sus propios formatos geométricos de conexión, y las arquitecturas y protocolos de comunicación, en conjunto con los marcos normativos de sus países. Algo similar sucedió en Estados Unidos De Norte América y China.

La IEC (International Electrotechnical Commission) estableció para los formatos o geometrías una familia de normas comprehensiva.

Para los conectores y tomas existe la familia de normas IEC 62196; y para las arquitecturas de comunicación la norma IEC 61851-24. Todos los formatos y arquitecturas de comunicación más utilizados al día de hoy están incluidos en estas normas IEC. Pero esto no resuelve el problema. Mas allá de estar normalizadas, son cuatro las geometrías, y si bien las arquitecturas de comunicación digital son solo dos, hay lenguajes particulares dentro de la misma arquitectura que no garantizan una interoperabilidad absoluta. Esto sucede por ejemplo con en el caso de ChaDeMo⁴⁵ y GB/T⁴⁶, que funcionan bajo arquitectura CAN/BUS pero no se puede garantizar su interoperabilidad al 100%.

Se puede decir que el mundo de la carga de vehículos eléctricos en corriente continua está dividido en dos. Por un lado, China con GB/T y por el otro el resto del mundo en donde conviven ChaDeMo (mercado japonés) Combo2 (mercado europeo) y Combo1 (mercado norte americano). Y entre ChaDeMo y Combo en cualquiera de sus formatos, el problema de interoperabilidad no es solo geométrico (lo que se resolvería con un adaptador) sino también de arquitectura de comunicación.

Como de todas maneras el objetivo final es vender y para vender hay que orientarse a la satisfacción de las necesidades de los usuarios, se encuentran interesantes combinaciones de tecnologías en diferentes regiones. Muchos autos en Estados Unidos y Europa se venden con conectores de corriente continua ChaDeMo, aunque parece haber un consenso en el sentido de armonizar los conectores bajo el esquema europeo. Para las autoridades de aplicación que deben tomar las decisiones respecto de la interoperabilidad en sus países, no es un tema fácil de resolver dado que adherir a una normativa internacional como IEC, lo que supone no poner barreras técnicas al comercio, incluye cuatro formatos diferentes. Además las autoridades de aplicación deben darle a la recarga una mirada regional para asegurar que un usuario que pase de un país a otro pueda tener la carga de su vehículo asegurada. Existen organizaciones internacionales como CharIN⁴⁷ que promueven la solución Combo o CCS (Combined Charging System), pero incluso en este sentido existen dos opciones, Combo1 orientado a ESTADOS UNIDOS DE NORTE AMÉRICA y Combo2 orientado a Europa.

A principios de 2020, por medio de una alianza entre ChaDeMo y GB/T surgió un nuevo sistema de carga denominado Chaoji de mayor potencia, que todavía no está en fase comercial⁴⁸.

Dada la altísima concentración y mercado de vehículos en Asia, es lógico pensar que este sistema quede circunscripto dentro de ese mercado. Sería importante que el resto del mundo pueda definir un mecanismo que garantice interoperabilidad plena para los usuarios.

Lo que sucede con las tecnologías de carga ha sucedido ya en el pasado en otros ámbitos. La televisión a color contaba con un abanico de normas regionales con diferentes grados de incompatibilidad. Los sistemas de reproducción de video domiciliario se mantuvieron durante muchos años bajo dos tecnologías, hasta el desarrollo del disco compacto. Actualmente las redes de comunicación 5G tampoco ofrecen una solución única.

⁴⁵ <https://www.chademo.com/>

⁴⁶ Las normas GB son las normas nacionales obligatorias de China. GB/T son normas nacionales de China no obligatorias o recomendadas. <https://www.gbstandards.org/>

⁴⁷ <https://www.charin.global/>

⁴⁸ <https://www.chademo.com/next-generation-charging-demo-in-kashima>

A continuación, se incluye una tabla que resume los sistemas de carga en corriente continua.

Nombre habitual	Combo 1	Combo 2	ChaDeMo	GB/T
Imagen de referencia				
Región	ESTADOS UNIDOS DE NORTE AMÉRICA	Europa	Japón / USA	China
Normativa internacional	IEC 62196-3 (dimensional) IEC 61851-24 (comunicación)	IEC 62196-3 (dimensional) IEC 61851-24 (comunicación)	IEC 62196-3 (dimensional)	IEC 62196-3 (dimensional)
Normativa nacional o propietaria	SAE J1772	IEC 62196-3 (dimensional) IEC 61851-24 (comunicación)	ChaDeMo	GB/T 2034.3
Arquitectura de comunicación digital	PLC	PLC	Can Bus	Can Bus
Protocolo básico	IEC 61851-24	IEC 61851-24	ChaDeMo	GB/T
Voltaje	600 V	1000 V	600 V	750 V
Corriente ⁴⁹	200 A	200 A	200 A	200 A

Tabla 2-1 Conectores para carga en corriente continua – Elaboración propia

Los valores de corriente que se indican están asociados a las ediciones de las normas vigentes, pero están en constante evolución y ya se utilizan en algunos casos corrientes más altas.

2.7.3 Voltaje de carga – Voltaje de las baterías

Con el objetivo de ofrecer mayores autonomías, las baterías van aumentando su capacidad. Al aumentar su capacidad, aumenta el tiempo que tardan en cargarse. Para que este tiempo no impacte en la satisfacción del usuario, se aumenta la potencia de carga. Para que este aumento de la potencia de carga no este asociado solamente a un aumento de la corriente, y por consiguiente a un aumento de las

⁴⁹ Los valores de corriente que se indican están asociados a las ediciones de las normas vigentes, pero están en constante evolución y ya se utilizan en algunos casos corrientes más altas.

pérdidas por efectos térmicos, se aumenta el voltaje de las baterías, y por lo tanto se aumenta el voltaje al cual se cargan.

Los automóviles eléctricos en general están provistos con baterías cuyos voltajes se encuentran en el orden de los 400 VCC. Los vehículos eléctricos pesados (camiones, buses), que en general necesitan mayor autonomía que los automóviles, utilizan baterías de mayores capacidades y en general de voltajes del orden de los 800 VCC. Los vehículos eléctricos de alta gama, que ya cuentan con autonomías similares a las de los vehículos convencionales, también suelen incluir baterías con voltajes del orden de los 800 VCC.

En el caso de los automóviles, suele armarse una batería compuesta por dos paquetes de 400 VCC cada uno, que puede funcionar en paralelo para cargar en 400 VCC o en serie para poder cargar en 800 VCC y reducir de esta manera la corriente de carga. En cambio, los vehículos pesados suelen tener directamente una batería de 800 VCC.

Para cargar baterías de 800 VCC es necesario contar con cargadores capaces de suministrar la carga a ese valor de voltaje, los cuales están presentes en el mercado desde hace ya varios años y conviven con los cargadores que suministran la carga a 400 VCC. Para ofrecer un servicio de recarga apto para la carga de vehículos pesados o automóviles, y debido a la creciente tendencia de aumentar el voltaje de las baterías para reducir la corriente a igual potencia, se espera que la oferta más adecuada de soluciones de carga cuente con voltajes de 800 V. En este trabajo, cuándo se consideran los cargadores para el análisis, se tendrán en cuenta los de 800 VCC, cuya designación comercial suele asociarse al acrónimo *HV* por las siglas de alta tensión en inglés.

2.8 Redes comerciales de carga

Las autonomías de los vehículos eléctricos rondan los 300 km. Como se mencionó más arriba, estas autonomías son más que razonables para un uso urbano e interurbano. Pero debido a que el usuario de un automóvil está acostumbrado a autonomías que superan el doble de la de un vehículo eléctrico, esta nueva forma de moverse lo sumerge en un marco de incertidumbre que algunos autores han llamado “ansiedad de rango”^{50,51}

En este sentido, contar con una red de carga rápida que asegure la llegada a destino o el retorno al punto de partida, es algo esperado y valorado por el usuario del vehículo eléctrico.

Y debido a que las redes de carga eléctrica no están difundidas tanto como las de combustibles tradicionales, contar con plataformas digitales que permitan identificar la ubicación, disponibilidad y tipo de los cargadores en un determinado trayecto, cobra una gran importancia. El armado de una red de cargadores que pueda identificarse mediante una aplicación celular en un mapa no reviste mayor complejidad para los desarrolladores de programas y aplicaciones. Pero con el objetivo de mejorar la experiencia del usuario, las aplicaciones de este tipo permiten no solo ubicar el cargador, sino también pagar el servicio de recarga, incluso en algunas redes, hasta reservar el cargador con anticipación. El pago del servicio de recarga implica iniciar y finalizar la sesión, conocer cuánta energía se transfirió del

⁵⁰ <https://www.forbes.com/wheels/news/range-anxiety-very-real-jd-power-evs-survey/>

⁵¹ <https://www.panion.org/ev-range-anxiety-know-the-facts-not-the-myths/>

cargador al auto, cuanto tiempo el auto estuvo conectado, descontar al usuario el valor correspondiente de un medio de pago previamente asociado, entre otras cosas. Todo esto se puede gestionar por medio de un protocolo abierto denominado OCPP⁵² que funciona sobre internet.

En sus versiones más avanzadas, este protocolo permite no solo realizar la gestión comercial de la carga, sino también mantener un balance de carga en el sitio, de modo tal que los cargadores conectados al punto de alimentación eléctrico no excedan cierto valor de potencia máxima. Prácticamente todos los cargadores disponibles en el mercado incluyen la posibilidad de integrarse a redes de carga mediante protocolo OCPP, y el hecho de ser un protocolo abierto brinda la posibilidad de desarrollo de aplicaciones a un costo relativamente bajo. Los operadores de puntos de carga pueden realizar sus propios desarrollos de plataformas basadas en OCPP, o suscribirse a plataformas existentes, muchas de las cuales permiten un alto grado de personalización y de identificación con la propia marca del operador. Algunas de estas plataformas ya cuentan con experiencia en la integración de muchas marcas y modelos de cargadores, con lo cual la integración desde el punto de vista técnico es relativamente simple.

2.9 Conectividad

Para que el cargador pueda integrarse a una red de carga como se explicó en el punto anterior, es necesario primero que el equipo cuente con la capacidad para integrarse a una red de internet. Esta conectividad no solo es importante para los fines comerciales. Debido a que este tipo de equipos cuentan con sistemas complejos, microprocesadores y computadoras industriales, es necesario mantener sus firmwares y softwares debidamente actualizados.

Para independizarse de la conexión a internet del operador de carga, muchos de los fabricantes de cargadores incluyen un modem interno con conectividad 3G/4G mediante un sistema propio del cargador.

2.10 Selección del equipamiento para este trabajo

El objetivo de este trabajo es establecer un régimen de promoción para el desarrollo de una red pública de carga rápida de vehículos eléctricos en Argentina. Esta red pública estará compuesta por cargadores y en este apartado se define que tipo de equipo se propone como base para esta red.

2.10.1 En cuanto a la potencia

Los equipos deben ser de por lo menos 50 kW para asegurar que el usuario no tenga necesidad de permanecer más de una hora en la localización, considerándose razonable un tiempo de carga de media hora. Con un equipo de por lo menos 50 kW, más allá de las consideraciones realizadas en torno a la linealidad de la batería y demás cuestiones técnicas, en media hora el usuario podrá cargar una energía de 25 kWh, que con un consumo estimado en 16 kWh/100 km le permitirá recorrer más de 150 km.

⁵² <https://www.openchargealliance.org/>

2.10.2 En cuanto al voltaje de salida

Se define que preferentemente los equipos deben ser de alta tensión de corriente continua a la salida, lo que permite cargar no solo automóviles sino también vehículos pesados y buses, en línea con la tendencia a utilizar baterías de mayores voltajes.

2.10.3 En cuanto a los conectores de salida

A los efectos de brindar la mayor flexibilidad a la hora de realizar la carga rápida en corriente continua, se propone que los cargadores incluyan obligatoriamente una salida CCS2 y opcionalmente una salida ChaDeMo.

Los cargadores podrán tener una salida de corriente alterna. En este caso se recomienda que el conector sea del Tipo 2.

2.10.4 En cuanto a la integración en redes de carga

Se propone que los cargadores que se consideren para el objeto de este trabajo cuenten con la posibilidad de integrarse a redes de carga mediante protocolo OCPP de manera tal de simplificar y economizar la integración.

Capítulo 3 Costos para la recarga rápida considerada un servicio

3.1 Introducción al capítulo

En este capítulo se calcularán los costos en los cuales incurriría un operador privado que tenga la intención de prestar el servicio de recarga. Como aún no se analizó la utilización del equipamiento, es decir cuantas sesiones de carga despachará, cuanta energía, o cuanto tiempo se utilizará, el costo variable asociado a la energía eléctrica que el operador tomará de la red para prestar el servicio no está incluido en este capítulo. Se calcularán los costos de capital y de operación y mantenimiento, desglosándolos en sus componentes para facilitar la comprensión de su participación en el costo total. Se calculará también el costo de potencia y se analizará el impacto de este componente en el costo total. En el capítulo 2 se presentaron las opciones en cuanto al equipamiento y tecnologías de carga. De las posibles alternativas, se eligen para este trabajo los cargadores de 50 kW, dado que son los que se encuentran en el primer escalón de la oferta para la carga pública. En cuanto a las posibilidades de cargar diferentes vehículos, se utilizará la opción de un cargador con tres salidas, dos de corriente continua (una ChaDeMo y otra Combo 2) y una de corriente alterna con conector tipo 2, y dada la evolución tecnológica de los vehículos explicada en el mismo capítulo, se eligen los cargadores con posibilidad de cargar en corriente continua con 900 V, denominados en general HV como abreviatura de “*high voltage*”.

3.2 CAPEX

3.2.1 Costo del cargador.

Del análisis del mercado, se encuentra que un equipo de estas características llega al operador a un valor del orden de los USD 35.000.

3.2.2 Costo de la instalación eléctrica

En Argentina se ha publicado en 2018 el Reglamento AEA 90364-7-722 que establece los requisitos que la instalación eléctrica de un punto de recarga debe cumplir en términos generales para funcionar en forma segura.

En el año 2019, la Sub Secretaria de Hidrocarburos dependiente del entonces Ministerio de Energía, puso en vigencia la Disposición 283/2019 que establece requisitos particulares para las instalaciones en estaciones de servicio. Estos requisitos son adicionales a los del Reglamento AEA.

Se estima que la instalación de un cargador como el descripto más arriba en una estación de servicio existente, en cumplimiento de los requisitos de los documentos indicados, puede rondar los USD 14.500 incluyendo los materiales, la mano de obra y la puesta en marcha.

3.2.3 Tramites de Disposición 283/2019

Se estima que la empresa o el profesional que realiza los tramites de la estación de servicio ante las entidades regulatorias puede fijar honorarios por esta actividad del orden de los USD 500 incluidos los gastos.

3.2.4 Anualización del costo de capital

El costo anualizado CA del capital resulta de aplicar la siguiente formula:

$$ca = c \times fa$$

Fórmula 3-1 Costo actualizado de capital

En donde:

C es el costo actual

fa es el factor de anualización, el cual se calcula con la siguiente formula

$$fa = \frac{(1 + i)^n \cdot i}{(1 + i)^n - 1}$$

Fórmula 3-2 Factor de actualización

En donde:

i es la tasa de descuento, la cual se considera del 8% asumiendo un escenario de normalidad en el largo plazo.

n es la cantidad de períodos, que se considera de 10 años, que es la vida útil aproximada de un cargador.

No se considera un valor residual del equipo al final de su vida, ya que, si bien podría tener un cierto valor, el hecho de desmontarlo, transportarlo y darle la disposición final tendrían un valor equivalente, con lo cual el valor final puede considerarse despreciable.

De la aplicación de las fórmulas anteriores, el monto de USD 50.000 (USD 35.000 + USD 14.500 + USD 500,) considerando el plazo de 10 años y una tasa del 8 % anual el costo anual resulta:

Componente	USD
Cargador	35.000
Instalación y PEM	14.500
Tramites habilitación	500
Total	50.000
Costo total anualizado al 8% y 10 años	7.451

Tabla 3-1 CAPEX –Elaboración propia

3.3 OPEX

3.3.1 Conectividad

En el capítulo 2 se explicó que los cargadores, para mejorar su aprovechamiento, se integran a redes de carga mediante un protocolo abierto denominado OCPP que funciona sobre internet. También se indicó

que hay diferentes opciones para que el cargador se integre a la red de internet, siendo la más utilizada la alternativa de un modem 3G/4G integrado en el equipo con una tarjeta SIM. El costo anual de este servicio de acceso a internet está en el orden de los USD 300 por año

3.3.2 Servicio en red – Gestión administrativa o *Back Office*

Dependiendo del CPO, es posible que él mismo establezca y mantenga su sistema “de back office” o gestión administrativa para la operación de su red de cargadores, o que lo tercerice en alguna empresa de IT especializada. El costo anual de mantener un cargador integrado en una red puede estimarse en los USD 300 anuales.

Para incrementar la visibilidad de un cargador y mejorar su utilización, los CPO suelen incluir sus equipos en las redes de diferentes EMSP. Se estima que un CPO puede erogar aproximadamente USD 300 adicionales por año en esta actividad.

3.3.3 Mantenimiento y servicio

Los cargadores objeto de este trabajo son equipos predominantemente electrónicos, con lo cual su mantenimiento preventivo tiene un impacto relativamente bajo.

Los fabricantes recomiendan el cambio de los filtros de aire de entrada y salida cada dos años, siendo el costo aproximado del kit de filtros del orden de USD 300.

Dependiendo del uso y el trato, los únicos componentes que puede estar sujeto a desgaste son los conectores. Cada juego de cables completos tiene un costo aproximado de USD 1200 y podría reemplazarse cada uno entre los cinco y los 8 años de uso.

Los fabricantes recomiendan una lista de repuestos adicionales del cuyo valor total está en el orden de los USD 10.000. Y en general el día de trabajo del personal especializado que podría intervenir un cargador está en el orden de los USD 1.000 con gastos incluidos, no precisándose en general más de un día de trabajo por intervención, y estimándose no más de una intervención del especialista por año.

Si bien en una primera lectura el valor de USD 1000 por día de trabajo puede parecer alto, hay que tener en cuenta que además de los costos laborales indirectos del técnico, este valor incluye traslados, gastos de la persona en el lugar o *in-itinere*, seguros, trámites administrativos y autorizaciones para que el técnico ingrese a la localización a realizar el trabajo, como también costo de adquisición y renovación de herramientas e instrumentos necesarios para realizar las tareas, costo y renovación del equipamiento de protección personal, entre otros.

En muchos casos las intervenciones menores en los equipos pueden ser realizadas por los electricistas de la estación de servicio, bajo supervisión remota de los especialistas del proveedor. Estas supervisiones remotas en general se realizan en forma gratuita. Los electricistas propios de la estación de servicio o el operador son entrenados durante la instalación y puesta en marcha del equipo.

3.3.4 Mano de obra en la estación de servicio, servidumbre de superficies

De las experiencias recogidas a nivel internacional, la carga pública de vehículos eléctricos se realiza mediante el sistema de autoservicio.

En caso en que el usuario necesite alguna asistencia para la carga, el mismo personal que atiende los surtidores de combustible líquido o gaseoso puede ayudarlo, por lo que no se considera que sea necesario agregar un costo operativo adicional para este servicio. Se asume que, dado que la actividad

no resulta demandante y que el usuario está familiarizado con la carga del vehículo, ya que lo carga a intervalos regulares en su casa, la carga de trabajo adicional que este nuevo servicio le demandará al personal de la estación de servicio es muy baja.

Del mismo modo, se asume que no es necesario que la estación de servicio disponga de una superficie adicional para el funcionamiento del cargador, ya que en general se cuenta con zonas de estacionamiento en los locales, con lo cual no es necesario agregar un costo por este concepto.

A continuación, se resumen en una tabla los costos anuales de operación sin potencia.

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Moneda	USD	USD	USD	USD	USD	USD	USD	USD	USD	USD
Conectividad	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Back office	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Service MO	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Service partes	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Cable	0	0	1200	0	0	1200	0	0	1200	0
Filtros	0	300	0	300	0	300	0	300	0	300

Tabla 3-2 Flujo de caja de costos CAPEX –Elaboración propia

Anualizando los costos con las fórmulas y valores expuestos más arriba, el costo anual de operación sin potencia resulta:

OPEX sin potencia = USD 3.088

3.3.5 Costo de potencia

Debe tenerse en cuenta que en el contrato que el operador del cargador tiene con la distribuidora deberá incluirse la potencia que el cargador demandará cuando entre en funcionamiento. En el caso que nos ocupa, habiéndose considerado que el cargador se encuentra en la zona de concesión de Edenor, y que la estación de servicio tiene un contrato de Tarifa 3 en baja tensión, los valores a considerar según el Anexo I – Valores son:

Costo de potencia contratada	536,30 \$/kW	Anexo I, Ítem 1
Costo de potencia adquirida	75,88 \$/kW	Anexo I, Ítem 2

Tabla 3-3 Costos de potencia para tarifa 3, EDENOR, BT, >300 kW

A continuación, se calcula el costo por potencia contratada adicional para un cargador de 50 kW

$50 \text{ kW} \times 536,30 \text{ $/kW} = \$ 26.815$

Pasado a dólares al valor del Anexo I, Ítem 3 (\$ 100 por cada dólar), el costo de potencia adicional contratada resulta USD 268,15

A continuación, se calcula el costo por potencia adquirida adicional para un cargador de 50 kW

$50 \text{ kW} \times 75,88 \text{ $/kW} = \$ 3.794$

Pasado a dólares al valor oportunamente definido de \$ 100 por cada dólar, el costo de potencia adicional adquirida resulta USD 37,94

Por lo tanto, el costo total de potencia anualizado resulta:

Costo de potencia anual = USD 3673,08

3.4 Costos totales anuales

El costo total anual para instalar y poner en marcha el cargador se resume en la siguiente tabla

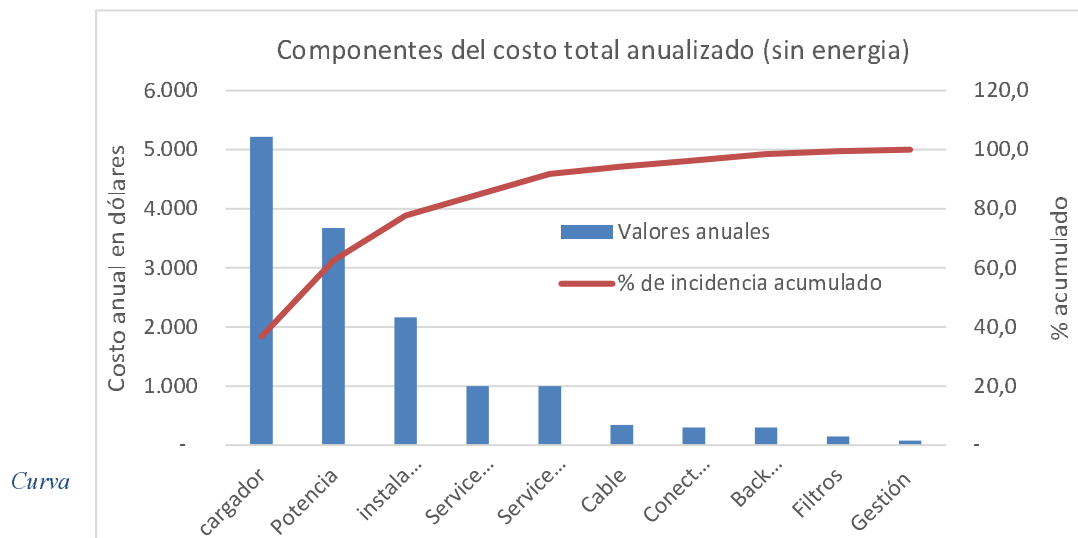
Componente	USD
CAPEX	7.451
OPEX	3.088
Potencia	3.673
Total	14.213

Tabla 3-4 CAPEX-OPEX-Potencia – Elaboración propia

Desglosando el CAPEX y el OPEX en cada uno de sus valores se puede analizar en detalle la contribución de cada componente al costo total.

Componente	USD	%
cargador	5.216	36,70
Potencia	3.673	25,84
Instalación	2.161	15,20
Service partes	1.000	7,04
Service MO	1.000	7,04
Cable	344	2,42
Conectividad	300	2,11
Back office	300	2,11
Filtros	144	1,01
Gestión	75	0,52
Total	14.213	100,00

Tabla 3-5 Costos de capital ordenados – Elaboración propia



3.5 Costo de energía

Los costos evaluados hasta el momento son fijos y no dependen de la cantidad de energía que el cargador despache. Para poder incluir en el análisis el costo de la energía, es necesario conocer o estimar la utilización del equipo, se realiza en el capítulo siguiente.

3.6 Conclusión

El operador de un cargador de las características expuestas y teniendo en cuenta los valores indicados, tendrá por lo menos un costo anual de USD 14.213, al cual deberá sumarle la energía que despache por el servicio de carga. El principal componente es el costo del equipo, y el segundo lugar lo ocupa el costo de la potencia necesaria para que el equipo opere. La venta del servicio de recarga deberá cubrir la suma de ambos costos, y generar una rentabilidad que le resulte al operador un negocio atractivo.

Capítulo 4 Ingresos

4.1 Introducción al capítulo

Los ingresos que se generen por la venta del servicio de recarga serán el resultado de las unidades de servicio despachadas multiplicado por su precio unitario. Ambos factores son justamente los dos aspectos centrales que se analizan en este capítulo.

Para su determinación se seguirán los siguientes pasos:

1. Se revisarán los valores que se pagan por las tecnologías tradicionales de carga de vehículos convencionales existentes actualmente, es decir nafta premium, gasoil categoría Euro, GNC y electricidad domiciliaria.
2. Se propondrá un precio del servicio de recarga rápida como sustituto de los convencionales.
3. Se verificará si el precio obtenido, más allá de su carácter de sustituto, sigue representando un ahorro para el usuario final, tal que oriente su decisión hacia la elección de la movilidad eléctrica.
4. Se plantearán escenarios de utilización de los cargadores, es decir cantidad de unidades de servicio de recarga potencialmente vendibles en una determinada base de tiempo.
5. Se verificará para cada escenario si los ingresos que se generan, es decir la cantidad de servicios de recarga despachado multiplicado el valor unitario del servicio, cubren los costos y generan una rentabilidad adecuada, y en qué período.

4.2 Cálculo del valor que se paga por el uso del combustible en un vehículo naftero

Se asume para este análisis que el consumo normal de un vehículo naftero es de 8 litros cada 100 km⁵³. Este valor ya fue verificado en el capítulo 1.

El valor del litro de nafta premium informado por CECHA a junio 2021 según los datos de OPESSA para Capital Federal es de \$ 104,68 por litro (Anexo I, ítem 4)

El valor del dólar según el Anexo I, ítem 3 es de \$100 por USD.

Por lo tanto, costo para recorrer con nafta premium una distancia de 100 km resulta USD 8,384.

4.3 Cálculo del valor que se paga por el uso del combustible en un vehículo Diesel

Se asume para este análisis que el consumo normal de un vehículo Diesel es de 6,5 litros cada 100 km⁵⁴. Este valor ya fue verificado en el capítulo 1.

Considerando el valor del litro de gasoil EURO informado por CECHA a junio 2021 según los datos de OPESSA para Capital Federal de \$ 99,90 por litro, (Anexo I, ítem 5) y un valor del dólar de \$100 por USD, el costo para recorrer con gasoil EURO una distancia de 100 km resulta USD 6,4935.

⁵³ SGAYDS. 2019. Tercer Informe Bienal de Actualización de Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC)

⁵⁴ Valor estimado en base a información de mercado.

4.4 Cálculo del valor que se paga por el uso del combustible en un vehículo naftero convertido a GNC

Se asume para este análisis que la autonomía normal de un metro cubico de GNC usado como combustible en un vehículo naftero convertido equivale a 1,138 litros de nafta premium⁵⁵. Esto equivale a decir que para recorrer 100 km con se necesitan 7,03 m³ de GNC. Este valor ya fue verificado en el capítulo 1.

El valor del metro cubico de GNC se encuentra en el ítem 6 del Anexo I, y su valor es de \$ 33,95 por metro cubico, lo que en dólares según el valor del anexo corresponde a USD 0,3395 por metro cubico. Para recorrer 100 km con GNC el costo es de USD 2,387.

4.5 Cálculo del valor que se paga por el uso de energía eléctrica en un vehículo de este tipo con carga domiciliaria

Se asume para este análisis que el consumo normal de un vehículo eléctrico es de 16 kWh cada 100 km. Este valor ya fue verificado en el capítulo 1.

Como el precio del kWh de energía eléctrica y otros componentes de la factura dependen de la energía mensual consumida, deberán estimarse entonces la cantidad de kilómetros a recorrer, y por lo tanto la energía a consumir una vez que el usuario incorpore al vehículo eléctrico como consumo en su vivienda. Existen diversas fuentes de información de donde obtener información en relación con la cantidad de kilómetros anuales que recorre un usuario argentino promedio.

Según (SGAyDS, 2019) el kilometraje medio recorrido por automóviles particulares es de 12.000 km/año. Según una publicación de TELAM que remite a un informe de la consultora internacional GIPA⁵⁶, ese valor está en 12.322 km/año. Se puede pensar que quien adquiere un vehículo eléctrico, tiene intenciones de recorrer distancias mayores a las indicadas, ubicándose posiblemente en una franja superior a ese promedio. Se considerará que un usuario promedio recorrerá con un vehículo eléctrico particular unos 18.000 km año. En base al consumo ya definido de 16 kWh/100km, demandará en ese período 2880 kWh, o lo que es lo mismo, 240 kWh por mes. Considerando un consumo base de un domicilio en el orden de los 400 kWh mensuales⁵⁷, el usuario que recorra 18.000 km anuales con un vehículo eléctrico el cual carga en su domicilio pasará a consumir 640 kWh mensuales. Para cubrir eventuales aumentos en el consumo, se utilizarán los valores de la tarifa residencial R8 para el ámbito de concesión de Edenor, que parte de un consumo mensual de 701 kWh, y fija los siguientes valores de cargo fijo y cargo variable, ambos sin impuestos, los que pueden verificarse en el Anexo I

⁵⁵ (Ianneli, Prieto, & Gil, 2018)

⁵⁶ <https://www.telam.com.ar/notas/201910/397647-los-argentinos-usan-cada-vez-menos-el-auto-con-una-caida-promedio-de-2500-kilometros-desde-2012.html>

⁵⁷ De la base de datos de Ciudad de Buenos Aires, Dirección de Estadísticas y Censos (Ministerio de Hacienda GCBA), pueden obtenerse datos de consumos residenciales y cantidad de usuarios residenciales, que pueden mostrar valores menores, pero teniendo en cuenta el tipo de consumidor al que un usuario de un vehículo eléctrico pertenece, el valor de 400 kWh mensuales parece adecuado.

Cargo fijo Tarifa 1 R8 ámbito EDENOR	1918,90 \$/mes	Anexo I, Ítem 7
Cargo variable Tarifa 1 R8 ámbito EDENOR	3,734 \$/kWh	Anexo I, Ítem 8

Tabla 4-1 Precios de energía domiciliaria

Considerando que un usuario consume en el mes 701 kWh, el costo variable por energía será de \$ 2617,534, y el costo fijo será de \$ 1918,90 lo que totaliza \$ 4536,434. Dado que este valor no incluye impuestos y cargos adicionales que aparecen luego en la factura y elevan el costo final del servicio, se lo afectará por un factor de 1,3 resultando entonces el costo total en \$ 5897,3642. Dividiendo este valor por los 701 kWh consumidos se puede obtener un costo del kWh con costos fijos e impuestos de \$ 8,413 por kWh.

Entonces, para recorrer 100 km con su vehículo particular y con el consumo indicado más arriba, el usuario gastará USD 1,346.

4.6 Cálculo del valor que se paga por el uso del combustible en un vehículo híbrido no enchufable.

Los vehículos híbridos en sus versiones no enchufables son el paso más significativo en la transición a la electrificación. Sus consumos rondan los 4 litros cada 100 km. Su costo cada 100 km será la mitad del considerado para el naftero, dado que consumen la mitad. En Argentina al momento de la ejecución de este trabajo se han patentado más de 6.000 vehículos híbridos no enchufables, con lo cual su inclusión en el análisis es una buena referencia⁵⁸.

No se consideran en el análisis los vehículos híbridos enchufables. Para distancias cortas en general se utilizan como un eléctrico puro, y en distancias mayores prevalece el uso en modo híbrido no enchufable. A continuación, se muestra una tabla comparativa con los resultados obtenidos para recorrer 100 km con cada tecnología. De la misma se concluye que el mecanismo más económico en términos de costo de combustible, a tarifas utilizadas al momento de este trabajo, es el uso de la electricidad domiciliaria, incluso habiéndole incluido al kWh los costos fijos de la factura.

Cada 100 km	Nafta	Diesel	Hibrido Nafta	GNC	Electrico domiciliario
USD	8,38	6,49	4,192	2,39	1,35
\$	838,40	649,35	419,2	238,66	134,60

Tabla 4-2 Precio combustibles y electricidad por cada 100 km – Elaboración propia

⁵⁸ <https://www.infobae.com/economia/2021/04/30/la-venta-de-autos-hibridos-y-electricos-registro-un-fuerte-aumento-en-el-primer-trimestre-y-ya-hay-mas-de-6500-vehiculos-en-la-plaza-local/>

4.7 Voluntad de pago del usuario de un vehículo eléctrico por el servicio de recarga rápida fuera de su domicilio

Como se comentó en el capítulo 2, la mayoría de las cargas de los vehículos eléctricos se realizan durante periodos de tiempo largos y a baja potencia. Estas son situaciones en las cuales el auto no está siendo utilizado, sino que está detenido en la casa o en el trabajo, "a la espera del usuario". A estos periodos de tiempo relativamente largos, se pueden sumar aquellos momentos durante los cuales el usuario está realizando alguna actividad de una duración del orden de las dos horas, como ir de compras, realizar actividades de esparcimiento, durante la pausa del almuerzo o cena, o situaciones similares. Estas cargas se realizan en general a tarifas domiciliarias que según la tabla anterior representan un costo significativamente más bajo en comparación con las demás tecnologías.

Por otro lado, las cargas rápidas constituyen situaciones excepcionales para el usuario del vehículo eléctrico. Estas cargas van a estar en general asociadas a aquellas situaciones en las cuales la autonomía de la batería, de unos 300 km, no alcanza para completar el trayecto a realizar, o para asegurar el regreso al punto de partida.

Otro caso en el cual el usuario pueda optar por la carga rápida es frente a algún inconveniente para realizar la carga en su domicilio.

El usuario de vehículos convencionales está obligado a cargar combustible (nafta, gasoil, GNC) en la estación de servicio. Sin embargo, el usuario de un vehículo eléctrico considerará esta visita a la estación de recarga como una excepción, dado que tiene la oportunidad de cargar a baja potencia y bajo costo, todos los días en su casa o en su trabajo.

Por esta razón es esperable que el usuario del vehículo eléctrico esté dispuesto, en estos casos excepcionales, a pagar por la carga rápida un valor más alto que el que paga en su casa.

En todas las tecnologías actuales el usuario carga, sin tener profunda noción de ello, un combustible el cual contiene una energía que, convertida en movimiento por su vehículo, le permite moverse a sí mismo o a las mercaderías que transporta a lo largo de cierta distancia, dependiendo entre otras cosas de las condiciones de manejo.

Las tecnologías actuales llevan muchos años de uso, sus características particulares están internalizados por los usuarios como "la manera en las cuales las cosas deben ser" y el vehículo eléctrico viene a romper el *statu quo*.

Es por esta razón que en primera instancia se definirá un posible precio del servicio de recarga en términos del valor del kWh partiendo de los equivalentes con las tecnologías convencionales según los consumos y valores que se expusieron en los párrafos anteriores, llegándose a construir la tabla que se muestra a continuación.

	Nafta	Diesel	Hibrido Nafta	GNC
Equivalente kWh (USD) usuario final	0,524	0,406	0,262	0,149

Tabla 4-3 - Equivalentes eléctricos de los combustibles – Elaboración propia

Para construir la tabla anterior, se considera para cada tecnología el costo de recorrer 100 km (por ejemplo, para la nafta resulta USD 8,38) y se lo divide por la cantidad de kWh necesarios para hacer ese recorrido con un vehículo eléctrico, es decir 16 kWh. Resulta entonces en el ejemplo de la nafta $USD\ 8,38 / 16\ kWh = 0,524\ USD/kWh$. Se puede pensar en esos valores como el “costo del equivalente eléctrico” de la nafta, el gasoil y el GNC, etc.

El usuario final está comprando en todos estos casos a precio de usuario final. Por lo tanto, para establecer el valor equivalente del servicio de recarga debería quitarse el 21% del IVA. Véase la segunda fila de la tabla siguiente.

Una estación de servicio es en general un usuario de T3 en BT. Por lo tanto, del cuadro tarifario utilizado para este trabajo, se tomará el precio del kWh al valor de la hora pico que es de \$ 2,646 por kWh (Anexo I, ítem 9), o su equivalente USD 0,02646 por kWh,

La estación de servicio venderá el kWh equivalente al usuario final a los precios equivalentes a cada tecnología, y comprará el kWh al precio indicado en el párrafo anterior. Haciendo la diferencia entre ambos valores se obtiene, para cada tecnología, el margen que la venta de cada kWh le dejaría al operador de la estación.

	Nafta	Diesel	Hibrido Nafta	GNC
Equivalente kWh (USD) usuario final	0,524	0,406	0,262	0,149
Equivalente kWh (USD) antes de IVA	0,433	0,335	0,217	0,123
Precio del kWh T3 (USD)	0,0265	0,0265	0,0265	0,0265
Margen (USD)	0,4066	0,3089	0,1901	0,0968

Tabla 4-4 Equivalente eléctrico de los combustibles y sus márgenes – Elaboración propia

El margen indicado en la última línea de la tabla anterior es el que tiene que, por lo menos, cubrir los costos totales anuales que se calcularon en el capítulo 3, cuyo valor es de USD 14.213.

Siguiendo con el análisis en base a energía, se calcula cuanta energía debe despacharse con el equivalente del kWh de cada tecnología.

	Nafta	Diesel	Hibrido Nafta	GNC
Equivalente kWh (USD) usuario final	0,524	0,406	0,262	0,149
Equivalente kWh (USD) antes de IVA	0,433	0,335	0,217	0,123
Precio del kWh T3 (USD)	0,0265	0,0265	0,0265	0,0265
Margen (USD)	0,4066	0,3089	0,1901	0,0968
Rentabilidad anual necesaria (USD)	14.213	14.213	14.213	14.213
kWh anuales por despachar (kWh)	34956	46004	74778	146802
kWh mensuales por despachar (kWh)	2913	3834	6231	12233
kWh diarios por despachar (kWh)	97	128	208	408

Tabla 4-5 Energía eléctrica a despachar al precio del equivalente eléctrico para cada combustible Elaboración propia

De la tabla anterior se puede observar que, al valor del “equivalente eléctrico” de la nafta, el más caro de todos, es necesario despachar 97 kWh diarios para cubrir los gastos fijos. Con valor correspondiente al GNC, el más barato de todos, deberían despacharse 408 kWh diarios para cubrir los gastos fijos. La pregunta en este momento es cuánto puede esperarse que despache un cargador rápido.

De los diversos trabajos analizados, incluyendo los reportes anuales de los operadores de redes de carga, la información que puede extraerse en relación con los factores de uso de los cargadores es poca y variable. Por medio de operadores privados y administradores de redes, pudo accederse a alguna información que no puede compartirse por ser considerada confidencial.

En la página web del operador europeo FASTNED encuentra una tabla que se muestra a continuación que resume valores para tres tipos de estación de recarga, de las cuales por el tipo de equipo utilizado se va a considerar solo la primera columna⁵⁹.

	Station 1.0 (2 stalls)	Station 2.0 (4 stalls)	Station 2.0 (8 stalls)
Charge speed	50 kW	175 kW	175 kW
Number of chargers	2	4	8
Usage hours	16 hours	16 hours	16 hours
Utilisation	50%	50%	50%
Average charge speed	70% of max	70% of max	70% of max
Capacity per day	560 kWh	3.920 kWh	7.840 kWh
Capacity per year	204.400 kWh	1.430.800 kWh	2.861.600 kWh

Tabla 4-6 Utilización de cargadores extraído de la página web de FASTNED

Esta tabla muestra que se podría esperar que un cargador de 50 kW despache diariamente 280 kWh. Claramente se trata de un número de referencia, ya que no se sabe en donde está colocado ese

⁵⁹ <https://fastnedcharging.com/hq/everything-youve-always-wanted-to-know-about-fast-charging/>

cargador, lo que sin duda impactará en su utilización. Puede considerarse también que se trata de un cargador que funciona en Europa, un mercado en el cual la movilidad eléctrica está significativamente más desarrollada que en el nuestro.

En base a lo expuesto, y a los efectos de utilizar números referenciales como punto de partida, se considerará para lo que sigue un valor de 100 kWh diarios a despachar por cargador por día.

Se asume que el usuario del vehículo eléctrico deberá estar dispuesto a pagar en esta condición excepcional de la carga rápida fuera de su domicilio el precio del equivalente nafta del kWh, cuyo valor es 0,524 USD/kWh.

La relación entre el precio que pagaría el usuario para la carga rápida (USD/kWh 0,524) y el que pagaría el usuario en su domicilio (USD/kWh 0,084) es de 6,229. Esto significa que el usuario pagará 6,229 veces más cara la electricidad para realizar una carga rápida que para cargar en su domicilio.

Es interesante notar que la relación entre los, 50 kW de potencia de carga rápida, y los 7 kW de potencia para carga domiciliaria, es 7,14, número que está en el orden de los 6,229 de la relación de precio.

4.8 Relación entre la tarifa de energía eléctrica domiciliaria y el costo del kWh de carga rápida en Europa

En la página EuroStats⁶⁰ se encuentra un resumen del precio de la tarifa de energía eléctrica en la comunidad europea. Dentro del sitio hay una base de datos con los precios al primer semestre de 2021. Tomando esa base de datos, y agregando a la información extraída de las páginas de las redes más populares de Europa, FASTNED⁶¹ e Ionity⁶², se construye el siguiente gráfico en el cual se puede ver la relación entre la tarifa de la energía eléctrica y el costo del kWh de carga rápida en Europa:

⁶⁰ https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Electricity_price_statistics#Electricity_prices_for_household_consumers

⁶¹ <https://fastnedcharging.com/nl/tarieven>

⁶² <https://ionity.eu/en/access-and-payment.html#>

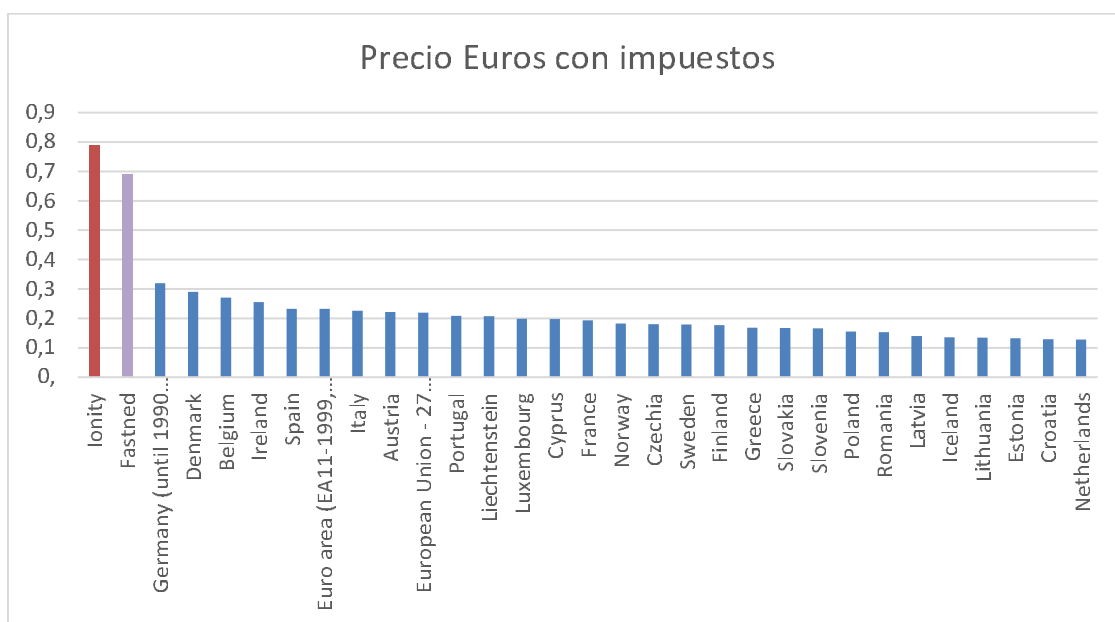


Gráfico 4-1 Comparación del precio del kWh domiciliario en Europa y de las redes Ionity y Fastned –Elaboración propia en base a Fastned, Ionity y EuroStats

El costo de la energía eléctrica para el servicio de recarga rápida en Europa es algo más del doble del costo de la energía eléctrica domiciliaria. Para ambos operadores de recarga se consideró el precio representativo, final, del tipo de servicio en el que no se pagan componentes fijos mensuales.

Para Argentina, según los cálculos, la relación entre lo propuesto para el cobro de la carga rápida y el valor final domiciliario es del orden de 6.

Téngase en cuenta que el costo del kWh en Argentina calculado en el punto 4.5 es de \$ 8,413 por kWh. Pasado a Euros, con un valor del Euro de \$ 116,50, resulta 0,0722 Euro/kWh.

4.9 Impacto del valor obtenido para la carga rápida pública en el costo total de propiedad del usuario del vehículo eléctrico.

Si bien el objetivo de la movilidad eléctrica no es el que el usuario del vehículo ahorre dinero, es evidente esta nueva tecnología tendrá una mayor adhesión en la medida en que además de las ventajas mencionadas en cuanto a la salud y el ambiente, el usuario final encuentre alguna ventaja económica asociada al menor consumo de energía. En este punto, se verificará como impactaría en el costo total de propiedad el valor de energía para la carga rápida determinado en el punto anterior.

Para el análisis se desarrolla un escenario bastante próximo a la realidad y basado en los números expuestos a lo largo de este trabajo.

- Se considera un valor del vehículo de combustión interna de USD 15.000 y un valor del vehículo eléctrico del doble, es decir USD 30.000
- Se considera en ambos casos una vida útil de 10 años.
- Se considera, al final de un período de 10 años, un valor del 25% para el vehículo convencional y del 12,5% para el eléctrico. Este criterio se asume dado que, cumplido ese período, el mayor costo para una posible puesta en valor del vehículo es el de la batería, que representa un porcentaje bastante alto del valor del propio vehículo. En rigor, no hay gran experiencia a nivel

local sobre los valores residuales, y la información disponible a nivel global es escasa por el momento.

- d) Se considera un costo de mantenimiento anual del 10% para el vehículo convencional y del 2% para el vehículo eléctrico. Esta consideración surge del análisis de los costos de servicio oficial de un utilitario eléctrico presente en el mercado, y de los costos de servicio de su equivalente de combustión interna.
- e) Se considera para ambos vehículos un uso anual de 18.000 km.
- f) Se considera que el 20% de las cargas durante la vida útil del vehículo se realizarán en vía pública a los valores definidos, en el punto anterior, y el 80% se realizarán a valores domiciliarios.
- g) No se consideran las cargas que puedan darse incluidas en otros servicios como en restaurantes y hoteles, ni las cargas de cortesía a título gratuito.

A continuación, se resumen los valores en una tabla, y se calculan los costos y diferencias:

Elemento	Unidades	CI	Eléctrico
Costo vehículo	USD	15.000	30.000
Vida útil	años	10	10
Valor residual	USD	3.750	3.750
Costo Anual Equivalente	USD	1.977	4.212
Mantenimiento	USD	1.500	600
Recorrido anual	km	18.000	18.000
Consumo	l km - kWh/km	0,08	0,16
Costo unitario energía domiciliaria	USD/kWh	NA	0,08413
Costo unitario energía combustible E.S.	USD/l - USD/kWh	1,048	0,524
Consumo domiciliario	USD	0	193,84
Consumo EESS	USD	1.509	302
Consumo total	USD	1.509	496
Costo total	USD	4.986	5.308
Diferencia	USD	-322	

Tabla 4-7 Diferencia en el Costo Anual Equivalente del uso de un vehículo convencional y uno eléctrico – Elaboración propia

Del resultado se desprende que, para las condiciones establecidas, el precio de venta del servicio de recarga a razón de USD 0,524 por kWh representa al usuario del vehículo eléctrico un costo anual adicional de 322 USD respecto del vehículo de combustión interna.

Es importante resaltar que es muy posible que quien compra un vehículo eléctrico recorra más que la media de los 18.000 km anuales.

Recalculando con los valores anteriores, pero para un recorrido anual del 50% más, es decir 27.000 km anuales, ya no se obtiene un resultado que arroje un costo adicional por usar un vehículo eléctrico, sino un ahorro de USD 185 por año.

Incluso si por medio de alguna política pública se dieran ayudas que hicieran que la relación de precio entre el vehículo de combustión interna y el eléctrico se redujera de un factor de 2 a un factor de 1,5; manteniéndose los supuestos iniciales el ahorro sería de USD 881 por año, y con un recorrido anual de

27.000 km este ahorro se incrementaría hasta USD 1.388 anuales. La tabla siguiente resume estas situaciones y las diferencias.

Relación costo vehículos	2	2	1,5	1,5
km/año	18.000	27.000	18.000	27.000
Ahorro con vehículos eléctrico USD/año	-322	185	881	1.388

Tabla 4-8 Diferencia de CAE entre un vehículo convencional y uno eléctrico variando la relación del costo y los kilómetros anuales –Elaboración propia

Se puede concluir entonces, que el valor de USD 0,524 por kWh a ser pagado por el usuario del vehículo eléctrico para la carga rápida en vía pública en las condiciones establecidas, resulta adecuado, ya que con un uso más intenso que el de uno de combustión interna se generan ahorros anuales significativos, y en la medida en que la diferencia de costo inicial se reduzca, ya sea por madurez de la tecnología o por ayudas mediante políticas públicas, los ahorros mejoran aún más.

4.10 Verificación del valor propuesto a la luz de la rentabilidad de la actividad del servicio de recarga

Según se expuso en el capítulo 2, la capacidad de una batería típica está en el orden de los 40 kWh. En general los usuarios de carga rápida cargan entre el 20% y el 80% de esa capacidad, es decir, llegan con aproximadamente un 20 % de batería a la estación de carga, recuperan un 60 % y se retiran del lugar con la batería cargada alrededor del 80 % en cada sesión. Recuérdese que como se vio en el capítulo 2, a partir del 80 % del SOC de la batería, la velocidad de carga disminuye drásticamente, con lo cual al usuario no se le justifica el tiempo adicional perdido en relación con los kWh que puede recuperar a partir de ese momento. A partir del 80% del SOC, es preferible dar por terminada la carga y circular haciendo una conducción responsable y un buen uso del frenado regenerativo.

Por lo tanto, se puede considerar que la carga típica por sesión está en el orden de los 24 kWh pudiendo redondearse a unos 20 kWh.

Aceptando el numero de 100 kWh despachados diariamente por un cargador propuesto más arriba, este valor de energía representaría 5 sesiones de carga por día, de 20 kWh cada una.

Ya se comentó en el capítulo 2 que existe una gran variabilidad en relación con el tiempo de carga, el cual depende del estado de carga inicial de la batería, pero también de cómo cada fabricante establece los parámetros de carga por cuestiones tecnológicas propias y con la intención de prolongar la vida útil de la batería.

Del análisis de las curvas de carga de varios vehículos, se pueden sacar diversas conclusiones. Una fuente para encontrar información de este tipo, alimentada con el desarrollo propio a partir de mucha información de casos reales, es la página del operador de redes europeo Fastned, donde se expone la curva de carga de los vehículos más comunes en el mercado europeo a diferentes potencia de carga, y se puede analizar el grafico de potencia en función del SOC. <https://support.fastned.nl/hc/en-gb/sections/115000180588-Vehicles-charging-tips>

Se establecerá entonces un tiempo de 30 minutos para una carga de 20 kWh como base de cálculo. Este tiempo daría una potencia media durante la carga rápida de 40 kW.

Cinco sesiones de carga a media hora cada una, representa dos horas y media de utilización del cargador por día. Un número que en primera instancia parece bajo.

Asumiendo un despacho de 100 kWh diarios se calculará el VAN y la TIR de un cargador según los costos calculados en el capítulo 3 y el precio de venta del kWh establecido en este capítulo. A los costos del capítulo 3 se le sumará el costo de la energía comprada, que en ese momento no se había tenido en cuenta pues no se había establecido aun ese valor.

El usuario pagará el equivalente nafta ya calculado de USD/kWh 0,524 lo que incluirá un 21% de IVA, por lo que en el cálculo se considerará un valor de USD/kWh 0,433, y el valor a pagar por el operador a la distribuidora por cada kWh será de USD/kWh 0,0265, que es el que se expuso oportunamente, obtenido del cuadro tarifario.

Los 100 kWh diarios, multiplicados por el precio de venta, representan una venta anual de USD 15.588.

CAPEX	Equipo + instalad on	50000	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
OPEX	Conect vidad		300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
	Back office		300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
	Service MO		1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	Service partes		1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	Cable (1)		0	0	1200	0	0	1200	0	0	1200	0
	Filtros (2)		0	300	0	300	0	300	0	300	0	300
	total mant		2600	2900	3800	2900	2600	4100	2600	2900	3800	2900
Potencia	Potencia		3673	3673	3673	3673	3673	3673	3673	3673	3673	
Total gastos	Total gastos		6273	6573	7473	6573	6273	7773	6273	6573	7473	6573
Variable de energia	energia despachada		36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000
	precio kwh compra		0,0265	0,0265	0,0265	0,0265	0,0265	0,0265	0,0265	0,0265	0,0265	0,0265
	total compra energia		954	954	954	954	954	954	954	954	954	954
Egresos	costo total		7227	7527	8427	7527	7227	8727	7227	7527	8427	7527
Ingresos	energia diaria		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	energia mensual		3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
	energia anual		36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000
	precio eq. Nafta		0,433	0,433	0,433	0,433	0,433	0,433	0,433	0,433	0,433	0,433
	ventas		15588	15588	15588	15588	15588	15588	15588	15588	15588	15588
Flujo	flujo de caja	-50000	8360,92	8060,92	7160,92	8060,92	8360,92	6860,92	8360,92	8060,92	7160,92	8060,92
tasa 8%	VAN		\$ 2.825,55									
	TIR 5 años		- 7%									
	TIR 10 años		9%									

Tabla 4-9 Flujo de caja, VAN y TIR para un cargador que despacha 100 kWh diarios al precio del kWh del equivalente nafta – Elaboración propia

El precio que pagaría el usuario de USD/kWh 0,524 da como resultado un VAN positivo, y una TIR de un punto más que la tasa de corte a los 10 años.

El escenario no contempla el crecimiento del parque automotor y por consiguiente el aumento en el uso del cargador.

Tampoco contempla que, durante la media hora de carga, el usuario hará uso de las comodidades de la estación de servicio, consumiendo en el local de conveniencia, tanto él como sus acompañantes.

Ni se tienen en cuenta potenciales ayudas del Estado, o de las distribuidoras, como podrían sin duda ser de gran ayuda las reducciones en el costo de potencia, al menos en los primeros cinco años.

4.11 La energía no es el punto central

De la tabla anterior, se observa que el operador compra anualmente un monto de USD 954 por año en concepto de energía, monto que resulta relativamente bajo si se lo compara con los USD 5.216 anuales del costo del cargador, o los USD 3673 del costo de potencia.

En la siguiente tabla y gráfico pone de manifiesto la baja participación en los gastos del componente energía, que representa un 6,29 % del costo total. Se resalta en ambos lugares en amarillo para facilitar su identificación.

Componente	USD	%
cargador	5.216	34,39
Potencia	3.673	24,22
instalacion	2.161	14,25
Service partes	1.000	6,59
Service MO	1.000	6,59
Energía	954	6,29
Cable	344	2,27
Conectividad	300	1,98
Back office	300	1,98
Filtros	144	0,95
Gestión	75	0,49
Total	15.167	100,00

Tabla 4-10 Tabla ordenada de costos anuales de un cargador –Elaboración propia

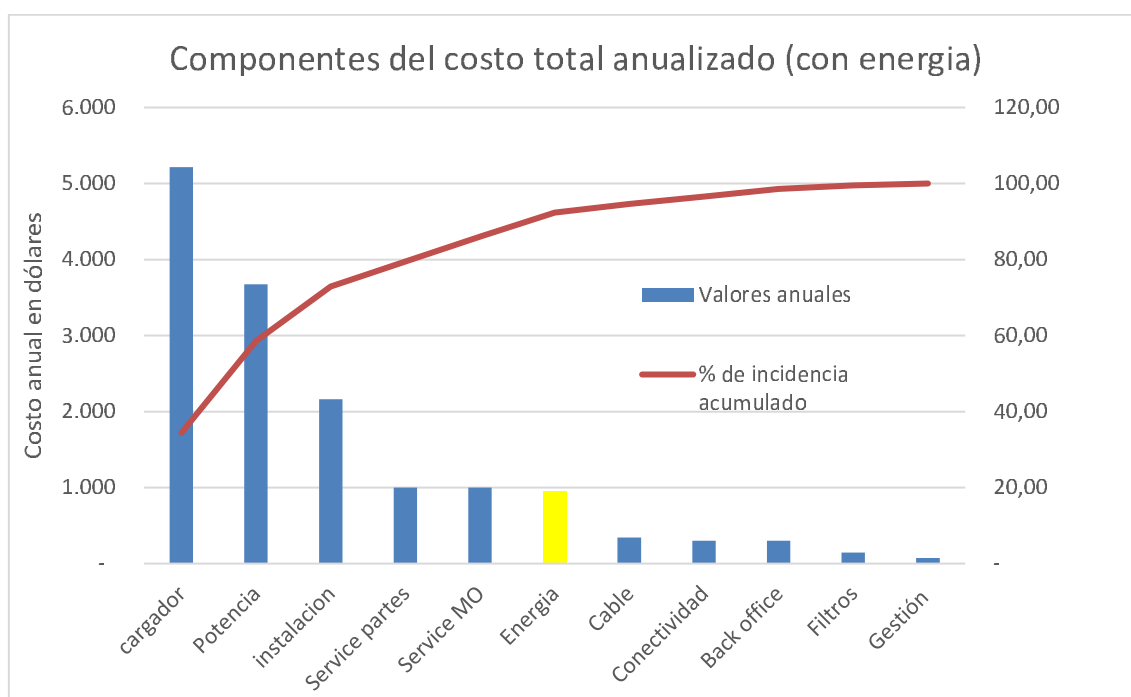


Gráfico 4-2 Curva ABC de costos del cargador -Elaboración propia

Esto puede sugerir que plantear la venta del servicio de recarga en términos de energía podría no representar el mejor modelo a seguir.

Por otra parte, hay dos aspectos potencialmente conflictivos si se propone la venta del servicio en términos de kWh.

Por un lado, un posible conflicto con las distribuidoras de energía eléctrica, las que por su contrato de concesión son los únicos agentes autorizados a vender energía eléctrica. Respecto de este posible conflicto, cuando se instalaron los primeros cargadores rápidos en la Ciudad de Buenos Aires, la distribuidora EDESUR solicitó la intervención del ENRE dado que entendió que se violaba la exclusividad

zonal otorgada a las distribuidoras mediante los contratos de concesión. Sin embargo, el ENRE desestimo la presentación dado que la actividad de proveer energía eléctrica a un vehículo no está encuadrada dentro de las definiciones de distribución de energía eléctrica, que es la actividad para la cual se le brinda la exclusividad zonal a las distribuidoras concesionadas. Es importante destacar en este punto que el cargador no es un punto de suministro de electricidad para uso general, sino para ser usada exclusivamente en la carga de un vehículo eléctrico. No puede conectarse a un cargador otra cosa que un vehículo eléctrico.

Este conflicto entre YPF y EDESUR ya se mencionó en el Capítulo 2.

Por otro lado, la venta del servicio en base a kWh abre la posible necesidad de incluir a los cargadores rápidos dentro de los equipos alcanzados por metrología legal, como lo están los medidores de energía de tipo comercial. En algunos países de la Unión Europea se está comenzando a exigir que los cargadores que se utilicen con fines comerciales y en los cuales el modelo de negocio tenga en cuenta el despacho de energía, esta debe ser medida con medidores certificados bajo la directiva MID o bajo normas nacionales del país en cuestión.

Así como la energía tiene un impacto muy pequeño en la estructura de costos, la potencia ocupa el segundo lugar con el 24,22 %, ubicándose por debajo del costo del equipo, que ocupa el primer lugar con el 34,39 %. Incluso, si se agrupan los tres componentes del gasto inicial (cargador, instalación y gestión) la suma de estos representa el 49,13% del costo total. Este análisis muestra que el modelo de negocios tiene que apuntar principalmente a la amortización de los costos de capital y al pago de la potencia más que a recuperar el costo de la energía.

Se propone entonces un nuevo esquema en el cual el precio del servicio esté vinculado más directamente al costo del equipo, y a la potencia a contratar, que son las dos componentes principales del costo total. Este nuevo esquema podría estar asociado al tiempo de la sesión de carga. Hacerlo de esta manera, además de reflejar más fielmente el precio del equipo, podría constituirse en un formato que mejore el aprovechamiento de los cargadores, ya que uno de los problemas que enfrentarán los operadores de puntos de carga, será la subutilización del equipo, o tiempo ocioso en el que el cargador no despache energía, aun teniendo un vehículo conectado.

La energía a transferir al vehículo no depende solo de la potencia del cargador, sino también de la potencia con la que el auto puede cargar, y del estado de carga de la batería. Y ambos factores son independientes de la potencia del cargador y por lo tanto de la inversión que realizó el operador. En el capítulo 2, la Ilustración 2-2 muestra esta situación con ejemplos reales.

Un vehículo que carga en baja potencia desaprovecha la potencia real disponible en el cargador y el costo del contrato que el operador está pagando a la distribuidora. En un caso como este, el operador que invirtió en un equipo de mayor potencia, por lo tanto más caro, no verá recuperada su inversión cuando los vehículos que carguen lo hagan con potencias bajas, lo que en definitiva resulta en una baja transferencia de energía.

Por otro lado, y además de la variable de la potencia del vehículo, en aquellos casos en los que el usuario se conecte al cargador con un estado de carga elevado, por ejemplo, de más del 60 %, es posible que la

cantidad de energía transferida sea mucho menor que si el mismo auto se conecta con su batería al 20 % para el mismo tiempo total de conexión, y por lo tanto de uso del cargador.

Del mismo modo, una vez que la batería alcanza el 80 % de su estado de carga, durante el tiempo siguiente que el auto permanece conectado al cargador con una transferencia de energía muy baja.

Otro factor que atenta contra la buena utilización del cargador es la utilización del puesto de carga como estacionamiento. En zonas en las cuales es difícil conseguir lugares cómodos para estacionar, suele suceder que los usuarios mantienen ocupado el espacio preferencial que se le asigna a los vehículos eléctricos dejando el auto conectado con un estado de carga elevado o, peor aún, luego de que la batería esta completa y la carga finalizada.

Con un esquema de precios basado en el tiempo de conexión y no en la energía despachada, la variable secundaria para valorizar el servicio podría ser la potencia máxima que puede despachar el cargador en el conector de mayor capacidad.

Existen ejemplos de redes de carga en las cuales el servicio de recarga se cobra por energía, por tiempo y por combinaciones de ambas variables. Incluso algunas redes de carga establecen planes preferenciales en los cuales los usuarios pagan un costo fijo mensual, pero luego los costos variables, ya sea tiempo o energía, tienen descuentos.

Incluso dentro de la misma red, hay países en los cuales la carga se cobra por tiempo (por ejemplo red IONITY en Finlandia, Francia⁶³) o dentro del mismo país, la misma red cobra por energía en algunos Estados, y por tiempo en otros (por ejemplo red Electrify America en Gerogia, Kansas, Kentucky, Texas⁶⁴). También sucede que en el mismo lugar, por ejemplo Estad de Florida en Estados Unidos De Norte América, la red EVgo cobra por tiempo⁶⁵, mientras que la red Electrify America⁶⁶ cobra por energía.

Para cargadores rápidos de 50 kW, puede considerarse que el promedio de potencia dentro de la franja del 20 % y el 80 % del estado de carga es del orden de los 40 kW.

Considerando el valor “equivalente nafta” de 0,433 \$/kWh y esa base de potencia de 40 kW, el costo de la hora de carga sería de USD 17,32.

A continuación, se repite el cálculo del VAN y la TIR con esto valores.

⁶³ <https://ionity.eu/en/network/access-and-payment>

⁶⁴ <https://www.electrifyamerica.com/pricing/>

⁶⁵ <https://www.evgo.com/pricing/>

⁶⁶ <https://www.electrifyamerica.com/pricing/>

CAPEX	Equipo + instalacion	50000	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
OPEX	Conectividad		300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
	Back office		300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
	Service MO		1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	Service partes		1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	Cable (1)		0	0	1200	0	0	1200	0	0	1200	0
	Filtros (2)		0	300	0	300	0	300	0	300	0	300
	total mant		2600	2900	3800	2900	2600	4100	2600	2900	3800	2900
Potencia	Potencia		3673	3673	3673	3673	3673	3673	3673	3673	3673	3673
Total gastos	Total gastos		6273	6573	7473	6573	6273	7773	6273	6573	7473	6573
Variable de energia	energia despachada		36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000
	precio kwh compra		0,0265	0,0265	0,0265	0,0265	0,0265	0,0265	0,0265	0,0265	0,0265	0,0265
	total compra energia		954	954	954	954	954	954	954	954	954	954
Egresos	costo total		7227	7527	8427	7527	7227	8727	7227	7527	8427	7527
Ingresos	tiempo diario		2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	tiempo mensual		75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
	tiempo anual		900	900	900	900	900	900	900	900	900	900
	precio horario		17,320	17,320	17,320	17,320	17,320	17,320	17,320	17,320	17,320	17,320
	ventas		15588	15588	15588	15588	15588	15588	15588	15588	15588	15588
Flujo	flujo de caja	-50000	8360,92	8060,92	7160,92	8060,92	8360,92	6860,92	8360,92	8060,92	7160,92	8060,92
tasa 8%												
		VAN	\$ 2.825,55									
		TIR 5 años	-7%									
		TIR 10 años	9%									

Tabla 4-11 Flujo de caja, VAN y TIR para el despacho de 2,5 horas de servicio de recarga rápida diarios a razon de USD/hora 17,32 sin impuestos - Elaboración propia

Como se indicó más arriba, los componentes principales del costo del servicio de recarga son el costo del equipo y su instalación, la potencia y el mantenimiento. Estos componentes del costo total son independientes de la cantidad de energía despachada, y el operador deberá afrontarlos indefectiblemente.

Por lo tanto, el modelo de negocio debería asimilarse más a una actividad asociada al uso del cargador y no tanto a la energía que despacha, asumiéndose el costo de esta energía como un costo más, como un consumible o materia prima, y no como la parte esencial de la transacción. Algo similar a lo que sucede con muchos otros productos o servicios en los cuales el costo de prestarlo está condicionado por alguna de las variables que el usuario podría no percibir como crítica. A modo de ejemplo, puede citarse el costo del servicio de elevar una carga con una grúa. El costo de la energía utilizada para elevar la carga es en general despreciable frente al costo de capital que afronta el dueño de la grúa, los seguros que paga, las certificaciones del equipo y el operador, entre otros.

4.12 Escenarios de uso de los cargadores

Resulta natural pensar que cuanto más se use el cargador, mayores serán los ingresos que este genere, independientemente de que el servicio que preste se valore en términos de energía o de tiempo.

El cálculo de VAN y TIR realizado en el apartado anterior asume un escenario teórico de despacho de 100 kWh diarios durante la vida del cargador. Este escenario ayuda como punto de partida.

Pero podrían considerarse también escenarios de mayor y menor utilización como para evaluar qué sucedería en ambos casos.

Estos escenarios estarán vinculados con la mayor o menor penetración de los vehículos en el mercado, pero como lo demuestran algunos estudios, la cantidad de vehículos no es el único factor que impacta en el uso del cargador.

En el documento (Michael Nicholas, 2018) la figura 6 de la página 9, que se agrega a continuación, muestra que no existe una correlación rígida entre la cantidad de vehículos y la cantidad de cargadores

rápidos. Existen ciudades en las cuales cuando al aumentar los vehículos aumenta también la cantidad de cargadores rápidos, lo que empeora el factor de utilización.

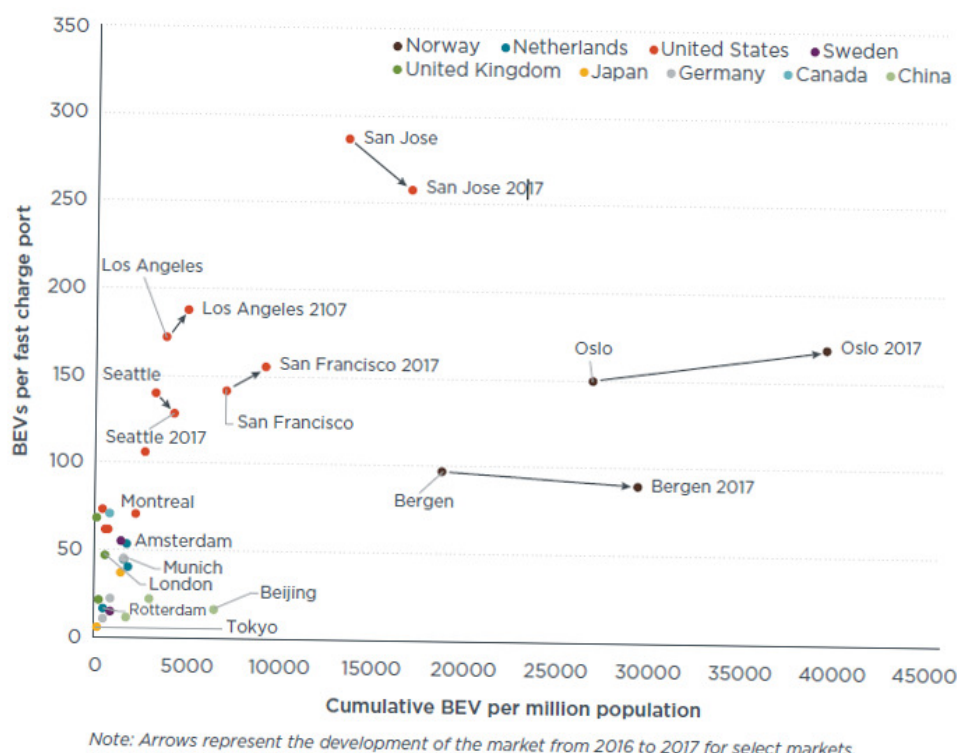


Figure 6. BEVs per fast-charge point as a function of market penetration in select leading markets as of the end of 2016 (except as indicated).

Gráfico 4-3 Gráfico 4 4 (Michael Nicholas, 2018) la figura 6 de la página 9

La ubicación del cargador también es un factor importante en relación con el uso. Elegir un lugar estratégico para la instalación de la infraestructura de recarga es un factor clave para mantener el factor de uso lo más alto posible. Debido a esto es que, en el capítulo 5 cuando se realizará la propuesta de un régimen para el tratamiento de la infraestructura de carga, se propondrán mecanismos que propicien un alto factor de utilización de los equipos.

Uno de los estudios más completos realizados en cuanto a los factores de uso de los cargadores rápidos es el de (Neaimeh, y otros, 2017), en donde compara los programas realizados en Estados Unidos y el Reino Unido y muestra los resultados en cuanto a energía despachada por sesión y los tiempo de las sesiones de carga. También hace un relevamiento de las distancias recorridas por los conductores perteneciente a una muestra de conductores de vehículos eléctricos relevada, obteniéndose un promedio de 61 km diarios y una mediana de 50 km diarios. Pero los valores obtenidos en términos de energía despachada por sesión de carga son bajos, relacionados seguramente con las bajas potencias de carga de los vehículos disponibles en el mercado en esos años. Según el estudio se utilizaron Nissan Leaf de 24 kWh cuya potencia de carga es inferior a la de las versiones actuales⁶⁷, y Renault ZOE de 22 kWh

⁶⁷ <https://pushevs.com/2016/01/13/nissan-leaf-24-kwh-vs-30-kwh/>

vehículo que no tenía posibilidad de cargar en forma rápida en corriente continua como algunos modelos de la versión más actualizada. Esa versión cargaba en 22 kW o 43 kW en CA⁶⁸ y en el estudio citado no queda claro si se disponía de dichas potencias trifásicas.

4.13 El límite superior de la energía a despachar

Para cualquier escenario de crecimiento que se desarrolle, se propone como límite superior de energía a despachar un valor del orden de los 300 kWh diarios. Se recuerda que en este capítulo cuando se analizó la información del operador FASTNED se mostró información que indica que un cargador de 50 kW podía despachar unos 260 kWh diarios.

Esto representaría, utilizando una potencia media de 40 kW, un tiempo diario de uso de 7,5 horas diarias. En términos de sesiones de 30 minutos cada una, representaría unas 15 sesiones diarias. Por el momento es difícil pronosticar en cuanto tiempo podrían alcanzarse esas 7,5 horas diarias de uso o los 300 kWh diarios de energía despachada, o las 15 sesiones. Pero justamente de eso se trata el desarrollo de escenarios.

4.14 Escenarios optimista y pesimista

Para modelar el crecimiento del uso de los equipos, y en base a lo expuesto en el párrafo anterior, se propone por un lado un escenario pesimista, en el cual durante los primeros años transcurridos desde el inicio del régimen la utilización resulte baja, con un crecimiento que aumenta en el cuarto y quinto año, y luego tiende a estabilizarse.

Se propone también un escenario optimista en el cual la utilización se acelere durante los primeros años, para luego ir alcanzando una saturación sobre el final.

A continuación, se grafican ambos escenarios, y se incluye el escenario teórico inicial de 100 kWh constantes a lo largo de toda la vida del equipo. En el gráfico se incluye un eje vertical en que representa el despacho de energía, y otro eje vertical que representa sesiones de carga de media hora, según lo expresado en los puntos anteriores. El eje de abscisas, común para ambos ejes de ordenadas, indica el tiempo del proyecto, en años.

⁶⁸ https://en.wikipedia.org/wiki/Renault_Zoe#Battery

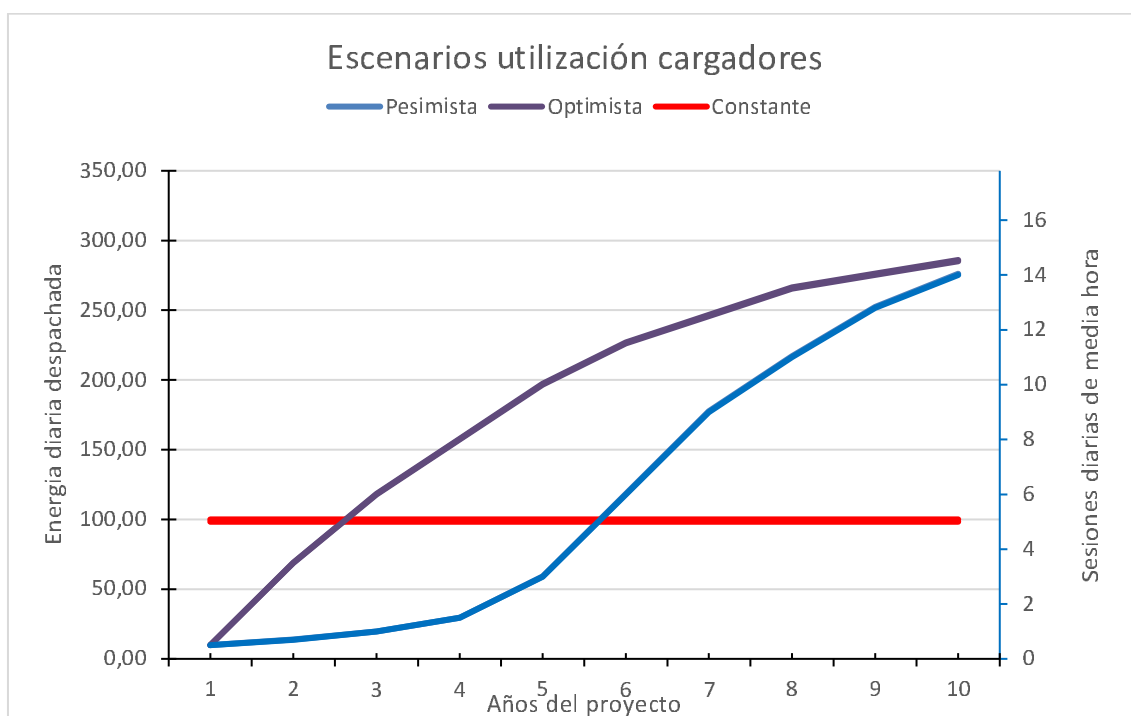


Gráfico 4-4 Tres escenarios de variación de la utilización de los cargadores en 10 años - Elaboración propia

Con los valores del servicio propuesto, se calculan para los tres casos los VAN y las TIR a 5 y 10 años, obteniéndose los siguientes resultados:

	Constante	Pesimista	Optimista
VAN	\$ 2.825,55	-\$ 499,57	\$ 67.633,07
TIR 5 años	-7%	-61%	-1%
TIR 10 años	9%	8%	23%

Tabla 4-12 VAN y TIR para cada escenario - Elaboración propia

De la tabla se concluye que, en un escenario con una baja utilización de los cargadores durante los primeros años, difícilmente la inversión arroje un resultado rentable.

Por el contrario, un crecimiento acelerado durante los primeros años genera rentabilidades importantes, aun habiéndose partido de utilidades bajas.

Es difícil proyectar cual de ambos escenarios estará más ajustado a la realidad, la cual como se dijo, estará afectada por la decisión de donde se colocan los cargadores rápidos, además de la penetración de los vehículos.

Pero queda claro que la rentabilidad a los cinco años es baja en todos los casos, razón por la cual difícilmente aparezcan actores interesados en participar de la actividad.

Es por esta razón que en el capítulo 5 en donde se propone un régimen de promoción, las ayudas se revisan a los cinco años de establecido ese régimen, para analizar si realmente es necesario mantener o corregir los mecanismos de asistencia.

Capítulo 5 Propuesta de régimen para el desarrollo de la red de recarga rápida

5.1 Introducción al capítulo

En este capítulo se propone un régimen para el desarrollo de la recarga rápida en Argentina. Se espera que de esta manera se acelere la implementación de una red de recarga rápida, con equipos que tengan el más alto factor de uso posible en relación con el parque automotor.

En cuanto al régimen, primero se define su objetivo y sus características principales. Luego se establece su alcance en términos del equipamiento y los sujetos que el régimen administrará.

Se plantea la necesidad de un registro de prestadores para su mejor administración.

Se propone una autoridad de aplicación y un administrador para que coordine su funcionamiento, en articulación con otros sectores involucrados.

Se hace referencia a la necesidad de que se establezca un plan estratégico de largo plazo para asegurar la continuidad y la coherencia del régimen. Se establece el precio de referencia en base a las pautas del Capítulo 4.

Se establece un fondo con el cual se dispondrá de los recursos económicos para las ayudas, definiéndose las fuentes de los aportes de dinero a ese fondo.

Al momento de definir de qué manera se pondrán en práctica las ayudas, se define un esquema de bonos como mecanismo de implementación. Se establecen los plazos de vigencia del régimen. Se establece un mecanismo de monitoreo, control y fiscalización. Se indica el régimen sancionatorio, necesario en caso de incumplimiento de sujetos que estén recibiendo los beneficios del fono.

Finalmente, se calcula el monto que podría necesitar la red de recarga rápida en concepto de las ayudas planteadas para verificar que el fondo es suficiente para proveer esas ayudas. Al cierre del capítulo, se plantean las conclusiones.

5.2 Lineamientos del régimen

A lo largo de los capítulos 1 y 2 se puso de manifiesto que hace falta una red de recarga rápida correctamente planificada para que los usuarios cuenten con un servicio que les permita recorrer distancias mayores a las que le proporcionan las baterías de sus vehículos eléctricos, y puedan moverse como lo hacen hoy día con sus vehículos de combustión interna.

De los resultados obtenidos en el capítulo 4, se concluye que en el corto plazo y con una baja penetración de vehículos eléctricos, la red de recarga rápida no será un negocio rentable, y por lo tanto su expansión no será viable.

Esto plantea para la Electromovilidad un dilema como el del huevo y la gallina; No habrá red de carga debido a la falta de vehículos eléctricos y no habrá vehículos eléctricos si no existe una red de cargar que permita reabastecerse de energía eléctrica de manera adecuada.

Para resolver este dilema se propone que el Estado establezca medidas de ayuda durante el período de expansión de la Electromovilidad, de manera tal que el negocio de la provisión de servicio de recarga resulte atractivo y pueda desarrollarse.

Basándose en el principio de responsabilidad del capítulo 4 de la Ley general de ambiente, N° 25.675, que básicamente establece que “el que contamina paga”, se propone que los combustibles contaminantes sean una de las fuentes de fondos para las ayudas al desarrollo de la red de recarga rápida para vehículos eléctricos. De esta manera se evita que el Estado destine fondos de sus propias arcas al desarrollo de una red de carga rápida, manteniendo solo un rol de administrador que le permita articular las políticas de Electromovilidad dentro del marco de otras políticas públicas asociadas. Pueden citarse como políticas públicas asociadas el proyecto de Ley de promoción de la electromovilidad⁶⁹, la Resolución 1036/2021 de la Secretaría de Energía del Ministerio de Economía⁷⁰, e incluso la última presentación ante IPCC de los compromisos de Argentina en relación con el Acuerdo de París⁷¹. Contar con un régimen de promoción de las redes de carga rápida, representará para el Estado un mecanismo de apalancamiento para cumplir con sus objetivos ambientales e industriales, de ahí la particular atención que debería prestarse a este régimen. Incluso puede constituirse en un instrumento que, al potenciar un nuevo segmento en materia de industria automotriz, genere nuevos puestos de trabajo de calidad. En este capítulo se establecen los lineamientos de un régimen de ayudas que apunten a cubrir los dos componentes principales de los costos de propiedad de un punto de recarga, que son el costo de la del equipo, y el costo de la potencia. El primero corresponde al CAPEX y el segundo puede asociarse al OPEX, si bien no constituye un costo variable ya que se paga independientemente de la cantidad de servicios de recarga que preste el cargador. En el régimen se propone que el Estado no entregue los fondos en forma directa, sino mediante bonos que sirvan para el pago de impuestos nacionales, y que puedan ser transferibles. A continuación, se muestra un esquema gráfico de la estructura del régimen.

⁶⁹ MENSAJE NRO: 0004/22 Iniciado en: Diputados Expediente Diputados: 0016-PE-2021 Publicado en: Trámite Parlamentario N° 211 Fecha: 24/01/2022

⁷⁰ <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/355000-359999/356100/norma.htm>

⁷¹ <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/4to%20Informe%20Bial%20de%20la%20Rep%C3%BAblica%20Argentina.pdf>



Ilustración 5-1 Régimen -Elaboración propia

5.3 Objetivo del régimen

Este régimen pretende incentivar el desarrollo de la carga rápida en autopistas y rutas para que los vehículos eléctricos puedan salir de los ejidos urbanos, ya sea para llegar a otros puntos distantes más allá de la autonomía de sus baterías, o para desarrollar un viaje de ida a un punto lejano, y regreso al punto de partida.

Se plantea como objetivo del régimen que se establezca una red de recarga rápida para vehículos eléctricos, en un plazo del orden de cinco años desde su entrada en vigencia.

Esta red de recarga rápida deberá tener por lo menos las siguientes características:

- Tendrá cobertura nacional.
- Será operada, a título oneroso, principalmente por privados.
- Será de acceso público.
- Su distribución será tal que permita unir puntos separados por distancias superiores a las autonomías típicas de las baterías en corredores estratégicos.
- Las localizaciones serán seleccionadas de modo tal de que resulte un alto factor de utilización de la infraestructura.
- Se dará prioridad a aquellas localizaciones en las que se requieran mínimas inversiones en infraestructura eléctrica.

Contar con una red de recarga rápida de estas características generará en los usuarios de los automóviles y utilitarios eléctricos la confianza necesaria para adoptar esta tecnología dado que le ofrecerá posibilidades de moverse a distancias mayores que la autonomía de las baterías de sus vehículos les ofrecen, contando con sistemas de carga que les permitan reponer kilómetros de autonomía en tiempos razonables, a precios lógicos y en condiciones adecuadas.

5.4 Alcance

En este punto se determinará qué aspectos regulará el régimen en términos de sujetos alcanzados, equipos, actividad, jurisdicción y plazo.

5.4.1 Servicio de recarga rápida de vehículos eléctricos

Se espera que la actividad del servicio de recarga rápida se preste en forma abierta al público, y a título oneroso, con el objetivo principal de ampliar las autonomías de los vehículos. Como se mencionó en los objetivos, se espera que los equipos tengan un alto factor de utilización y que la inversión en la repotenciación de la red sea la menor posible, al menos en la primera etapa de cinco años.

5.4.2 Sujetos

La idea es que las personas humanas y jurídicas que cuenten con clave única de identificación tributaria puedan prestar el servicio de recarga de acuerdo con este régimen, siempre y cuando cuenten con las instalaciones adecuadas en términos de seguridad eléctrica y otros de tipo operativo, según lo establezcan las autoridades competentes en materia y jurisdicción.

5.4.3 Equipos

Se establece este régimen para el servicio de recarga rápida de vehículos eléctricos que se realice con equipos que suministran corriente continua con una potencia nominal igual o superior a los 50 kW. Estos equipos deberán estar provistos en forma obligatoria con un conector COMBO 2 de acuerdo con IEC 62196 o la norma nacional IRAM que en su momento la reemplace. En forma optativa, estos equipos podrán contar además con un conector CHADEMO, en condiciones de despachar como mínimo 50 kW de potencia, quedando a criterio de la autoridad de aplicación la normativa y versión de esta aplicable a este conector. Se proponen estos dos tipos de conectores para la carga en corriente continua, debido a que son los de mayor penetración en los mercados internacionales hasta el momento. Información relevante sobre este aspecto se presentó en el Capítulo 2.

Los equipos que además de suministrar corriente continua sean aptos para suministrar corriente alterna, deberán estar equipados para este suministro con un conector o toma tipo 2 en corriente alterna de acuerdo con IEC 62196 o la norma nacional IRAM que en su momento la reemplace. Estarán incluidos dentro del régimen aquellos equipos capaces de suministrar como mínimo 22 kW de potencia en corriente alterna.

Los equipos que presten solo servicio de recarga en corriente alterna, cualquiera sea su potencia no estarán incluidos dentro del régimen, dado que como se expuso en el Capítulo 2, la carga en corriente alterna está asociada a cargas lentas en domicilio.

Los cargadores dentro del alcance de este régimen deben tener la posibilidad de integrarse en redes de comunicación, y de gestión y cobro mediante protocolos adecuados según lo dicten las tecnologías disponibles, citándose como ejemplo no excluyente el protocolo OCPP. Los equipos podrán incorporar los sistemas de cobro de uso autorizado en el territorio nacional, por ejemplo, lectoras de tarjetas de crédito, adhesión a sistemas de billeteras virtuales, lectoras de billetes y monedas de curso legal vigente. La habilitación para el inicio y finalización de las sesiones de carga podrá realizarse por cualquier mecanismo que garantice la vinculación del costo de la sesión con el medio utilizado para su inicio y finalización. El comprobante de pago podrá emitirse de manera física o virtual.

Los equipos deberán contar con algún mecanismo mediante el cual se le informe al usuario la energía transferida durante la sesión de carga y al momento de la finalización de esta, así como el tiempo de uso. La autoridad de aplicación definirá, si lo considera necesario, los medios para asegurar los límites de la incertidumbre en la medición de la energía.

Cuando los equipos alcanzados por este régimen tengan activado un sistema de reducción de potencia durante la prestación del servicio de recarga⁷², esa situación debe ponerse en conocimiento del usuario antes del inicio de la sesión de carga, y el cobro debe realizarse de manera proporcional a la potencia media despachada durante la sesión de carga.

5.5 Registro

La autoridad de aplicación será responsable de llevar un registro de los prestadores del servicio, y les requerirá, a intervalos regulares, información sobre los indicadores clave de la actividad de acuerdo con los procedimientos y plataformas que se desarrollen para tal fin.

Se recomienda que el registro sea el mismo que se utiliza en el marco de la Disposición SSHC 283/2018, con las adecuaciones que pudieran ser necesarias. Solo accederán a los beneficios de este régimen los sujetos que figuren y se mantengan en el registro.

Los operadores deben informar a la autoridad de aplicación cualquier cambio en relación con los datos de su registro. Los cambios se informarán mediante los procedimientos y plataformas que establezca la autoridad de aplicación. La autoridad de aplicación establecerá cuales cambios deben requerir su intervención.

5.6 Autoridad de aplicación

El servicio de recarga rápida para vehículos eléctricos es una actividad fuertemente vinculada a la distribución de energía eléctrica. Los puntos de recarga se conectarán a la red de distribución de baja tensión, aunque en casos excepcionales podría ser necesaria la construcción de una subestación de transformación dedicada conectada a la red de media tensión. Incluso podría darse el caso en el cual quien preste el servicio sea considerado un “Gran Usuario”.

Pero en definitiva, para la prestación del servicio se tomará energía desde la red de distribución operada por la distribuidora presente en la zona de concesión. Esto pone a la actividad de la venta de servicio de recarga muy cerca del régimen establecido en la Ley 24.065, sus anexas y modificatorias.

Por lo tanto, surge que la autoridad de aplicación natural para este régimen podría ser la Secretaría de Energía de la Nación, quien además deberá tratar a la movilidad eléctrica como una tecnología de transición que funciona con dos fuentes de energía administradas bajo su competencia.

En función del organigrama actual de esa cartera, que se muestra a continuación, y dado el fuerte contenido de planificación que la movilidad eléctrica necesita, se propone que este régimen sea administrado por la Subsecretaría de Planeamiento Energético.

⁷² Como el precio de venta del servicio está vinculado con la potencia nominal del cargador, cualquier disminución de esta potencia representará la prestación de un servicio degradado.

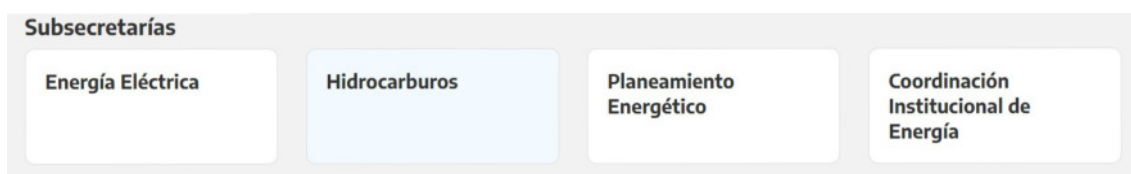


Ilustración 5-2 - Extracto del organigrama de la Secretaría de Energía

A su vez, se propone que se cree dentro de esa subsecretaría una Dirección de Infraestructura de Recarga Rápida para vehículos eléctricos, que será la responsable la aplicación del presente régimen, en concordancia con las políticas energéticas de la secretaria, pero que trabaje coordinadamente con otras áreas de El Estado, como Transporte, Ambiente, Industria, Economía, Educación, Ciencia y Tecnología, entre otras, con miras a asegurar la coherencia con los objetivos asociados al ambiente y la movilidad de dichas áreas.

Se invitará a esas áreas a designar representantes que participen en los grupos de trabajo coordinados por la Dirección.

Una particularidad del marco regulatorio de la electricidad es que la distribución de energía eléctrica es una materia de competencia local, con lo cual la autoridad de aplicación bajo la órbita de la Secretaría de Energía de La Nación, y la nueva Dirección de Infraestructura de Recarga Rápida para vehículos eléctricos, establecerán políticas generales y administrarán los fondos que se indicaran más adelante, y las autoridades locales con competencia en la materia, en conjunto con sus entes reguladores y empresas distribuidoras deberán articular las medidas particulares en sus jurisdicciones.

5.7 Plan estratégico de recarga 2040

La Dirección de Infraestructura de Recarga Rápida para vehículos eléctricos creada en el párrafo anterior, articulará con las autoridades competentes que se designen en materia de transporte, ambiente, industria, energía, educación, y otras, tanto a nivel nacional como provincial, las acciones tendientes a contar con un plan estratégico nacional que permita contar con una red de recarga de vehículos eléctricos que cubra las necesidades de los usuarios, en línea con las políticas públicas relacionadas. El plan tendrá como base el presente instrumento, complementado con medidas y acciones tendientes a alcanzar los objetivos ambientales, y energéticos y de transformación en el transporte y las industrias relacionadas que se determinen. Para la ejecución del plan estratégico se contará con el Fondo indicado en el punto 5.9

5.8 Precio de referencia

El precio de referencia de la hora de recarga será el equivalente al del combustible “nafta premium” que el servicio de recarga de vehículos eléctricos reemplace, valorizado sobre la base de un consumo de 8 litros de nafta premium por cada 100 km y 16 kWh de energía por cada 100 km, y considerando la potencia nominal que el equipo puede despachar en corriente continua reducido en un 20%, ajustado a un comportamiento lineal de la carga durante el tiempo que dura la misma. El precio del litro del combustible “Nafta premium” será precio oficial de YPF

Ejemplo de calculo

Supóngase la siguiente condición:

Precio de la nafta premium: \$ 104,8

Consumo vehículo naftero: 8 l cada 100 km

Gasto en pesos cada 100 km: \$ 838,40

Consumo vehículo eléctrico: 16 kWh cada 100 km

Valor del kWh eléctrico equivalente nafta: $\$ 838,40 / 16 \text{ kWh} = 52,4 \text{ \$/kWh}$

Potencia del cargador: 50 kW

Potencia media asumida en una sesión de carga 40 kW

Precio de la hora de servicio de recarga:

$52,4 \text{ \$/kWh} \times 40 \text{ kW} = 2096 \text{ \$/hora} = 20,96 \text{ USD/hora}$

Todos los valores indicados en el ejemplo de cálculo son valores finales.

Sin IVA 17,32 USD/hora

El servicio se cobrará en forma exclusiva por el tiempo durante el cual el equipo esté al servicio del usuario, considerándose este tiempo desde el momento en que se inicia la sesión de carga, hasta el momento en el que la sesión se da por finalizada, o que el usuario libere el puesto de carga, independientemente del estado de carga final de la batería o de la energía transferida.

El hecho de cobrar el servicio de recarga por tiempo en lugar de hacerlo por energía despachada quedó justificado en apartado 4.11, en donde, entre otras cosas, se demostró que dentro de los costos del servicio de recarga, el componente energía es de muy bajo impacto, siendo los dos principales el costo del equipo y el costo de la potencia a contratar. De esta manera el cobro del servicio queda asociado al uso de un equipo y al contrato de potencia, ambos de alto impacto en la estructura de costos, más que al despacho de la energía.

Incluso el cobro del servicio por tiempo reduce las problemáticas asociadas a la subocupación del equipo, en los casos en los que por razones propias de la tecnología los vehículos solo carguen a baja potencia, o que se conecten al cargador con estados de carga de su batería elevados, o queden conectados y ocupando el equipo aun cuando la batería esté completa, y por lo tanto no recibiendo energía desde el equipo.

El tiempo de carga será fraccionado en minutos.

La base de cálculo para el precio del servicio de recarga se revisará al quinto año de la entrada en vigencia del presente régimen, o cuando la matriculación de vehículos propulsados exclusivamente por motores eléctricos alimentados por baterías recargables alcance un millón de unidades, lo que ocurra primero.

5.9 Fondo para el desarrollo de la infraestructura de recarga rápida para vehículos eléctricos - FOINCAR

5.9.1 Introducción

En el apartado 1.13 se plantearon las barreras a la adopción de la movilidad eléctrica, y las razones por las cuales el Estado debe participar en un régimen que supere esas barreras, e incentive el desarrollo de las redes de carga rápida para vehículos eléctricos.

Como se indicó más arriba, tanto sea por el impacto en el ambiente, por la reducción de la mortalidad o morbilidad, o incluso por dejar de girar divisas para la compra de combustibles al extranjero, será difícil encontrar en el balance económico una línea en donde se refleje el superávit logrado.

Una de las preguntas que puede surgir al momento de la toma de decisión sobre la participación del estado aportando fondos para incentivar esta actividad, es ¿de dónde surgen los fondos para esa participación?

Puede suceder que no sea el Estado el que haga el aporte en forma directa, sino que administre los aportes que provengan de diferentes fuentes.

Tomando como base lo establecido en el principio de responsabilidad en el capítulo 4 de la Ley general de ambiente, N° 25.675 que indica: "Principio de responsabilidad: El generador de efectos degradantes del ambiente, actuales o futuros, es responsable de los costos de las acciones preventivas y correctivas de recomposición, sin perjuicio de la vigencia de los sistemas de responsabilidad ambiental que correspondan", podría revisarse el gravamen ambiental a los combustibles líquidos, y que su recaudación y administración sirva como fuente de financiamiento de la movilidad sostenible.

Para cuantificar de que monto se podría estar hablando en relación con este gravamen, se reflejan a continuación, los datos de las ventas de combustibles líquidos desde el 2016 al 2020. Los valores están expresados en millones de litros, y se extrajeron del sitio oficial

https://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/informacion_del_mercado/mercado_hidrocarburos/tablas_dinamicas/dowstream/individuales/TD_ventas_mercado.zip

	Ventas de combustibles líquidos		
	Naftas (MI)	Gasoiil (MI)	Total (MI)
2016	8.228	7.640	15.868
2017	8.781	7.623	16.405
2018	8.858	7.441	16.300
2019	8.750	7.708	16.458
2020	6.340	6.474	12.814

Tabla 5-1 - Ventas de combustibles líquidos según Secretaría de Energía - Elaboración propia

En base a los números anteriores, se propone realizar una serie de cálculos rápidos y sencillos para entender cuanto podría recaudarse para un fondo que permita financiar proyectos asociados a la implementación de una red de carga rápida.

Se asume para simplificar que el litro de combustible líquido tiene un precio de \$100 al usuario final. Se propone que a cada litro de combustible líquido se le agreguen 20 centavos más IVA, o sea \$ 0,242 para ese fondo. El usuario estaría recibiendo un incremento en el precio del litro de solamente el 0,242 % con el fin de financiar los proyectos de movilidad sostenible.

En 2019 se vendieron 16.458 millones de litros de combustibles líquidos. Esto significa que el aporte al fondo seria de $16.458.000.000 \times \$ 0,2 = \$ 3.291.600.000$

Pasado a dólares con el valor considerado de \$100 por dólar equivale a USD 32.916.000

Con los costos analizados en el capítulo 4, ¿Cuántos cargadores a USD 50.000 podrían comprarse e instalarse por año?

USD 32.916.000 / USD 50.000 = **658 cargadores** por año.

Pensando en una estrategia de electrificación que una algunos tramos emblemáticos entre ciudades argentinas, con dos cargadores cada 150 km, harían falta las siguientes cantidades:

Destinos a unir	Trayecto	Distancia (KM)
Buenos aires/ Mar del Plata	Autovía 2	400
Buenos Aires/Rosario	Autovía 9	300
Rosario / Córdoba	Autovía 10	400
Córdoba / Mendoza	Ruta 8	687
Buenos aires / Ushuaia	Ruta 3	3.078
Ushuaia / La Quiaca	Ruta 40	4.269
Distancia total		9.134
Distancia entre equipos (km)	150	
Cantidad de equipos por parada	2	
Cantidad total de equipos	122	

Tabla 5-2 - Corredores representativos entre ciudades argentinas, rutas principales y distancias - Elaboración propia

Este resultado muestra con una pequeña suba en los combustibles líquidos de solamente el 0,242%, que equivale al día de hoy a unos 20 centavos por litro sin IVA, puede generarse un fondo anual que puede financiar ampliamente la implementación de una red pública de recarga rápida a nivel nacional.

5.9.2 Creación del fondo

Tomando como referencia el Proyecto de Ley de Electromovilidad enviado al Congreso Nacional por el Poder Ejecutivo⁷³, se propone la creación de un Fondo Fiduciario Público para la financiación y la ayuda de la implementación de la red de infraestructura de recarga rápida para vehículos eléctricos **FOINCAR**.

El fondo se conformará como un fideicomiso de administración y financiero en los términos del Código Civil y Comercial de la Nación, rigiendo en todo el territorio de la República Argentina con los alcances y limitaciones establecidos en la presente ley y las normas reglamentarias que en su consecuencia dicte el poder Ejecutivo.

El **FOINCAR** tendrá por objeto la aplicación de los bienes fideicomitidos a la compensación a la AFIP de los montos concedidos en concepto de los bonos mencionados en el presente instrumento, el otorgamiento de préstamos y/o la realización de aportes de capital y/o adquisición bienes o todo otro mecanismo o instrumento financiero destinado a facilitar o financiar inversión, en el desarrollo de la red de recarga rápida de vehículos eléctricos.

⁷³ MENSAJE NRO: 0004/22 Iniciado en: Diputados Expediente Diputados: 0016-PE-2021 Publicado en: Trámite Parlamentario N° 211 Fecha: 24/01/2022

Se designa al Estado Nacional, a través de la secretaria de energía como fiduciante y fideicomisario del FOINCAR y al Banco Nación.

5.9.3 Origen de los ingresos del FOINCAR:

Se propone que los ingresos del FOINCAR provengan principalmente de los impuestos a la transferencia de combustibles líquidos y al dióxido de carbono. Esto está totalmente alineado con el principio de “quien contamina paga”, siendo además que quien más contamina, más paga.

El planteo consiste en aumentar el impuesto. A tal efecto, se propone modificar la ley 23.966, artículo 19, agregándose como “inciso h” el FOINCAR

Para que los destinatarios de los fondos indicados en la ley antes de su modificación no vean afectados sus ingresos, se propone un aumento del ITCL y del IDC del 1%, y una reasignación de distribución como se muestra a continuación:

Destino como figura en la ley 23.966, salvo el ítem h	Distribución original	Distribución propuesta
a) Tesoro Nacional: 10,40%	10,4	10,29
b) Fondo Nacional de la Vivienda (FONAVI) -Ley 21.581: 15,07%	15,07	14,91
c) Provincias: 10,40%	10,4	10,29
d) Sistema Único de Seguridad Social, para ser destinado a la atención de las obligaciones previsionales nacionales: 28,69%	28,69	28,39
e) Fideicomiso de Infraestructura Hídrica - Decreto 1381/2001: 4,31%	4,31	4,27
f) Fideicomiso de Infraestructura de Transporte - Decreto 976/2001: 28,58%	28,58	28,29
g) Compensación Transporte Público - Decreto 652/2002: 2,55%.	2,55	2,52
h) FOINCAR	NA	1,03
Total	100,00	100,00

Tabla 5-3 - Destino de lo recaudado por ITCL e IDC según ley 23.966 y propuesta para ayudas del FOINCAR –Elaborado en base a la tabla de la Ley 23.966 agregando el punto h

A continuación, se reproducen los montos del ITCL y el IDC para la nafta y el gasoil que surgen de la RESOLUCIÓN GENERAL 4.257 Y SUS MODIFICATORIAS que se publica en la biblioteca electrónica de AFIP <http://biblioteca.afip.gob.ar/cuadroslegislativos/cuadroLegislativo.aspx?i=5>

MONTOS ACTUALIZADOS DE IMPUESTOS PREVISTOS EN LOS ARTÍCULOS 4°, 7° Y 11 DE LA LEY DE IMPUESTOS SOBRE LOS COMBUSTIBLES LÍQUIDOS Y AL DÍOXIDO DE CARBONO

PERÍODO BASE DE ACTUALIZACIÓN: SEGUNDO TRIMESTRE 2021

DENOMINACIÓN DEL PRODUCTO GRAVADO	UNIDAD DE MEDIDA	IMPUESTO SOBRE LOS COMBUSTIBLES LÍQUIDOS - CAPÍTULO I		IMPUESTO AL DÍOXIDO DE CARBONO - CAPÍTULO II	VIGENCIA
		MONTO FIJO ACTUALIZADO DEL GRAVAMEN - ART. 4°	MONTO FIJO ACTUALIZADO DEL GRAVAMEN - TRATAMIENTO DIFERENCIAL - ART. 7° (INC. D)	MONTO FIJO ACTUALIZADO DEL GRAVAMEN - ART. 11	
NAFTA HASTA 92 RON	LITRO	20,798	21,006	1,274	DESDE 01/09/2021 HASTA 30/11/2021
NAFTA DE MÁS DE 92 RON	LITRO	20,798	21,006	1,274	
NAFTA VIRGEN	LITRO	20,798	21,006	1,274	
GASOLINA NATURAL O DE PIROLÍISIS	LITRO	26,064	26,272	1,597	
SOLVENTE	LITRO	26,064	26,272	1,597	
AGUARRÁS	LITRO	26,064	26,272	1,597	
GAS OIL	LITRO	12,826	12,954	1,463	

Tabla 5-4 - Valores ITCL e IDC Según Resolución General AFIP 4.257

Aumentando el ITCL y el IDC en 1%, los nuevos valores serán:

	Valores actuales		Valores +1%		Diferencias	
	NAFTA	GAS OIL	NAFTA	GAS OIL	NAFTA	GAS OIL
ITCL	20,798	12,826	21,006	12,954	0,208	0,128
IDC	1,274	1,463	1,287	1,478	0,013	0,015
Total	22,072	14,289	22,293	14,432	0,221	0,143

Tabla 5-5 - Comparación entre el ITCL e IDC a valores actuales y con el incremento del 1% - Elaboración propia

Tomando como referencia las ventas de combustibles líquidos del 2019 y quitándole el componente de biodiesel y bioetanol al gasoil y a la nafta respectivamente⁷⁴, según lo establecido en la nueva Ley de Biocombustibles 27.640 se obtienen los siguientes resultados:

⁷⁴ De acuerdo al marco legal vigente, el corte de biocombustibles no paga esos impuestos, por eso se quita del cálculo.

Ventas de combustibles líquidos 2019	
Naftas (MI)	Gasoil (MI)
8.750	7.708
Cortes de bio máximos Ley 27.640	
12%	5%
1.050	385
Millones de Litros afectados al ITCL & IDC	
7.700	7.323
Monto total resultante del ITCL & IDC	
171.649	105.680
1,03% destinado al FOINCAR (Millones de \$)	
1.768	1.089
2.856	
Monto destinado al FOINCAR (USD)	
28.564.919	

Tabla 5-6 - Recaudación anual del FOINCAR con el incremento del 1% en el ITCL e IDC, y asignándole el 1,03% según Tabla 5-7 - Elaboración propia

Vale decir que el fono dispondría anualmente de más de 28 millones de dólares para financiar la red de recarga rápida de vehículos eléctricos y absorber los gastos administrativos de la dirección a cargo del tema. Este número ajusta el valor calculado en forma preliminar en la introducción, y representaría unos 570 cargadores anuales, si fuese el caso que el fondo se destinara a la compra e instalación de equipos cubriendo el 100% del valor.

Otras fuentes que aporten al FOINCAR pueden ser:

- Aportes del tesoro nacional dispuestos por el poder ejecutivo
- Fondos provenientes de préstamos o donaciones para la implementación de las redes de carga, provenientes de organismos nacionales o internacionales.
- Multas y penalizaciones por incumplimientos con el presente régimen.
- Otras no determinadas en este momento

5.9.4 Proporcionalidad del aumento del ITCL e IDC destinado al desarrollo de una red de recarga rápida

De acuerdo con la calculadora de gases de efecto invernadero *The GHG Emissions Calculation Tool*⁷⁵ se obtienen los siguientes valores de CO₂ equivalente para la nafta y el gasoil, asumiéndose una combustión completa.

⁷⁵ <https://ghgprotocol.org/ghg-emissions-calculation-tool>

Combustible	kg de CO ₂ equivalente por litro
Nafta	2,3280
Gasoil	2,6989

Tabla 5-8 Valores de CO₂ equivalente según The GHG Calculation Tool

Los valores que se obtendrían de las guías IPCC son muy similares. Las variaciones pueden deberse a las variaciones en valores utilizados para los cálculos, que incluyen los factores de emisiones, la densidad, el poder calorífico, y el porcentaje considerado de oxidación.

Esto significa que los valores que se cobran por tonelada de CO₂ equivalente en Argentina del orden de los 6 USD/t. A continuación, se calcula este valor.

	GO	Nafta
Emisiones (kg/l)	2,700	2,300
Cargo IDC (\$/l)	1,463	1,274
Relación (\$/kg)	0,542	0,554
Relación (\$/t)	541,852	553,913
USD/t CO₂ eq	5,419	5,539

Tabla 5-9 Valor de la tonelada de CO₂ equivalente según los valores de la ley 23966 y los decretos modificatorios -Elaboración propia

El valor de los 6 USD/t de CO₂ equivalente esta alineado con los valores de la región y distan mucho de los 50 USD/t promedio de la Unión Europea.

De lo expuesto puede sacarse la conclusión de que el cargo adicional está lejos de considerarse excesivo en términos de los daños que pretende evitar, dejando abierta la posibilidad para aumentarlo si fuera necesario.

A continuación, y a modo de referencia, se puede ver una gráfica comparativa extraída del sitio

https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/map_data

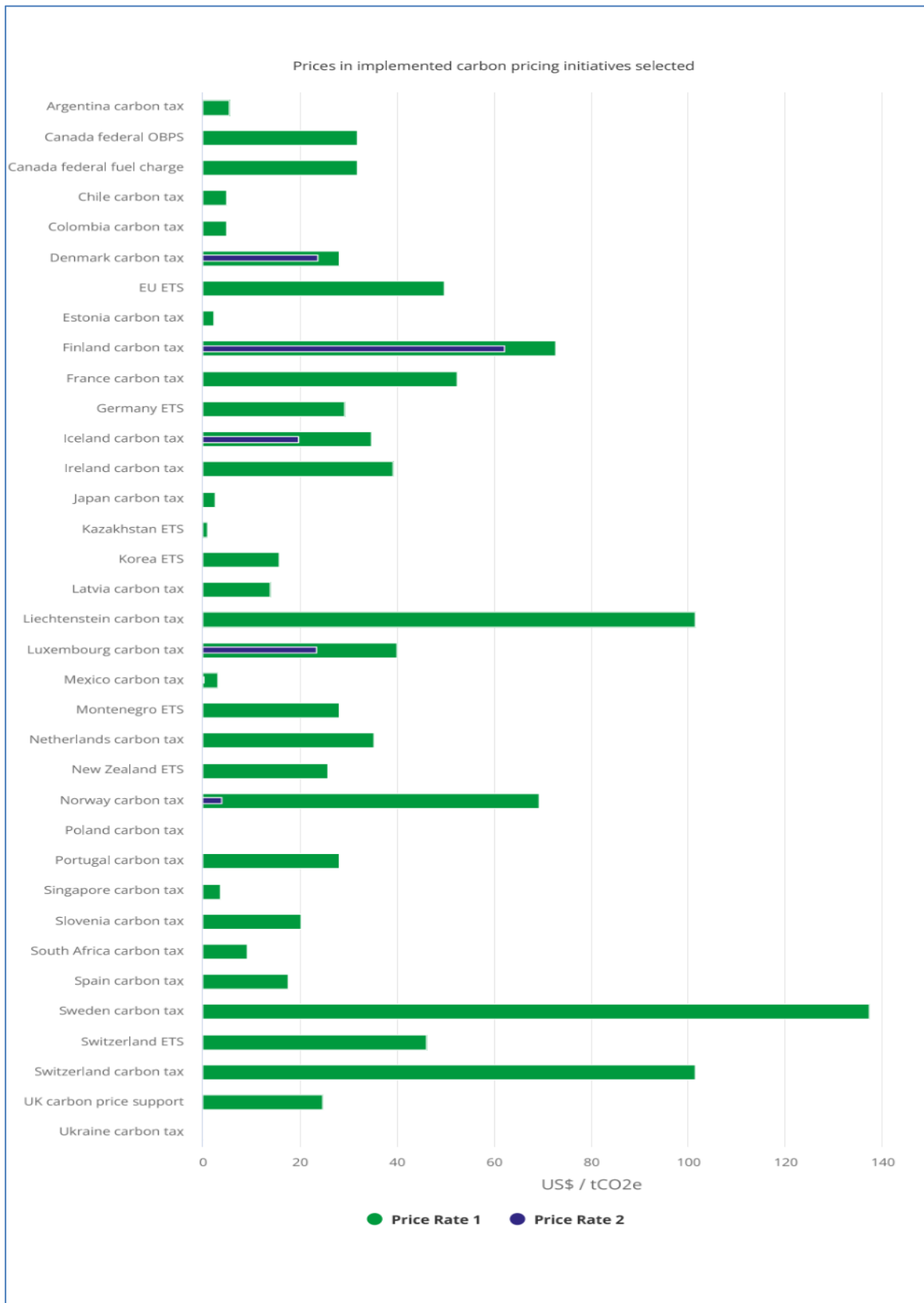


Ilustración 5-3 Valores de dióxido de carbono según Banco Mundial

5.10 Bonos

Una vez constituido el fondo, y definidos las fuentes de su provisión, que como se calculó dispondría de unos 28 millones de dólares anuales, puede comenzar a dársele destino para la ejecución de la red de recarga rápida.

Como instrumento de ayuda se proponen diferentes bonos que los operadores pueden solicitar en forma independiente. Este esquema de bonos, igual que la creación del FOINCAR, también sigue el modelo propuesto por el Proyecto de Ley de Electromovilidad enviado al Congreso Nacional por el Poder Ejecutivo⁷⁶

Los bonos propuestos son:

- Bono para cargador en ruta
- Bono para cargador urbano
- Bono de potencia
- Bono energía distribuida
- Bono para acumulación y recorte de picos de potencia “peak shaving”

Los operadores que integren y se mantengan en el registro indicado en el punto 5.4 podrán solicitar a la autoridad de aplicación la emisión a su favor de los diferentes bonos indicados arriba, los cuales podrán utilizarse para pagar en forma parcial o total los impuestos nacionales, dentro de un período de tres años desde su fecha de emisión. Los bonos pueden ser transferidos a otros contribuyentes como forma de pago de productos o servicios.

Para todos los bonos, se propone la instrumentación de un procedimiento simple, mediante el cual el operador que solicita el beneficio presente ante la autoridad de aplicación los comprobantes de las inversiones para los cargadores u otros equipos, o los gastos para la potencia, y esta arbitre los medios para que se emitan los bonos en favor del operador. Las presentaciones y posteriores emisiones podrían hacerse mediante las ventanillas Electronicas y la plataforma TAD de trámites a distancia.

5.10.1 Bono para cargador en ruta

Dado que el primer contribuyente al costo de la red de recarga es el costo del equipo, se propone un bono para los operadores de servicio de recarga que instalen cargadores según este régimen sobre las rutas nacionales o provinciales, o dentro de los 2000 metros de distancia de la traza de dichas rutas, medidos como recorrido transitable desde la ruta hasta la localización del punto de carga.

Este bono tendrá un valor equivalente al 30 % del valor del cargador adquirido en el mercado local, sin impuestos.

5.10.2 Bono para cargadores urbanos

Se propone un bono para operadores de servicio de recarga que instalen cargadores según este régimen en zonas urbanas o suburbanas, o a distancias mayores a 2000 metros de rutas nacionales o provinciales.

⁷⁶ MENSAJE NRO: 0004/22 Iniciado en: Diputados Expediente Diputados: 0016-PE-2021 Publicado en: Trámite Parlamentario N° 211 Fecha: 24/01/2022

Este bono tendrá un valor equivalente al 15 % del valor del cargador adquirido en el mercado local, sin impuestos.

La idea de que el bono para cargadores urbanos sea menor que el destinado para cargadores en ruta es justamente el desarrollo de la red de recarga en rutas y autopistas con el objetivo de unir puntos estratégicos.

5.10.3 Bono de potencia

Dado que el segundo componente del costo de la implementación de la red de recarga es el incremento de potencia a contratar, se propone que desde la puesta en marcha del equipo, y durante los cinco primeros años de vigencia de este instrumento, el operador pueda solicitar a autoridad de aplicación, en forma trimestral, un bono por el 100% del valor sin impuestos, del costo adicional de potencia contratada que le represente la instalación del cargador. El monto del bono se determinará según el cargo de potencia multiplicado por la potencia nominal del cargador. Al momento de la presentación de la solicitud del bono, el operador deberá presentar las facturas emitidas por el proveedor del servicio eléctrico y las constancias de pago.

Con el objetivo de evitar la concentración de cargadores en la misma zona geográfica, se propone que La autoridad de aplicación, luego de un análisis fundado, pueda reservarse el derecho de limitar la emisión de bonos de potencia otorgados a operadores que se encuentren bajo el área de concesión de una misma distribuidora eléctrica cuando los equipos estén instalados en radios menores a los 30 km de distancia. Este derecho de limitación de emisión de bonos no aplicará para la instalación de más de un cargador en el mismo punto.

5.10.4 Bono Energía distribuida

Los operadores que demuestren que en los locales en los cuales están instalados los cargadores están operando como “usuario generador” de acuerdo a la ley de energía distribuida, y que cuentan con una potencia solar fotovoltaica de por lo menos 35 kW, podrán solicitar a la autoridad de aplicación un bono del 5% del valor del equipo de carga. Este bono puede tramitarse independientemente de que la instalación fotovoltaica se haya realizado antes o después de la compra del cargador, es decir independientemente de que la instalación solar fotovoltaica esté en funcionamiento antes o después de la puesta en marcha del cargador.

5.10.5 Bono para acumulación y recorte de picos de potencia “peak shaving”

Los operadores que instalen sistemas de acumulación para recorte de picos de potencia podrán solicitar el pago del bono de potencia tal como se indica en el punto 5.10.3. El valor a reconocer en este caso será el de la potencia que el sistema sea capaz de suministrar.

5.10.6 Ampliaciones de las redes eléctricas

Cuando para la puesta en marcha de uno o varios puntos de recarga en un emplazamiento determinado sean necesarias obras de ampliación de potencia, el operador, en conjunto con el proveedor de energía eléctrica, presentarán una solicitud ante la autoridad de aplicación que incluirá el proyecto de ampliación

para su evaluación y aprobación. En caso de ser aprobado, dicho proyecto podrá acceder a un programa de financiación especial que será otorgado por el Banco Nación con recursos provenientes del FOINCAR.

5.11 Plazos del régimen

El régimen se aplicará por cinco años desde la fecha de su entrada en vigencia, a menos que antes de que eso ocurra, el parque de automóviles eléctricos que funcionen exclusivamente a batería haya alcanzado un millón de unidades. Al inicio del quinto año, y según los indicadores definidos en el punto 5.4, la autoridad de aplicación decidirá sobre la continuidad, modificación o finalización de este régimen.

5.12 Monitoreo, control y fiscalización

Los sujetos / equipos que figuren en el registro recibirán auditorías adicionales a las de la Disposición SSHC 283/2018 para verificar las condiciones en las que prestan el servicio, y que el mismo se sigue prestando efectivamente bajo las condiciones del régimen. En caso de incumplimientos o desvíos, se procederá de acuerdo al apartado de sanciones del régimen.

Los costos que impliquen estas auditorías, así como otros gastos administrativos asociados a la operación efectiva del régimen, pueden afrontarse con los fondos del FOINCAR

5.13 Sanciones

Las sanciones serán determinadas por los equipos legales de la autoridad de aplicación.

Se recomienda considerar como faltas sancionables a las siguientes:

- El falseo de la información presentada en relación con cualquiera de las cláusulas del régimen
- El cambio de las características de los equipos o las instalaciones sin la debida actualización frente al registro del punto 5.4
- La prestación del servicio a una potencia menor a la nominal del cargador, reducida por cualquier mecanismo que no sea el del propio vehículo que se esté cargando.
- La distorsión por cualquier mecanismo de cualquiera de los parámetros vinculados con el servicio de recarga (potencia, tiempo, precio)
- La prestación del servicio a título oneroso por fuera de este régimen.

5.14 Monto de las ayudas

En este momento está definido que tipo de ayudas podrían darse a la implementación de una red de recarga rápida y de donde surgirían los fondos para esa implementación.

En este apartado se verificará si el monto que se reuniría con el FOINCAR alcanza para otorgar ayudas razonables en términos de equipos a instalar.

A continuación, se presenta un escenario teórico de incorporación de doscientos cargadores rápidos por año, durante cinco años. Para cada año, se calcula el valor de la ayuda en términos del Bono de cargador en ruta del punto 5.10.1, y del bono de potencia del punto 5.10.3.

Al quinto año se acumulan los valores de los cargadores comprados ese año, más el valor de la potencia anual de esos cargadores, más el valor de la potencia anual de los cargadores comprados en los años anteriores. El valor de las ayudas en ese quinto año ascendería a USD 6.673.000, (ver Tabla 5-10) lo

que está por debajo de los USD 28.287.589, que es el monto que el FOINCAR recauda por los impuestos a los combustibles líquidos por año, según lo que se calculó en la Tabla 5-6.

El excedente puede destinarse a obras de infraestructura eléctrica e incluso otras medidas de incentivo a la movilidad eléctrica en concordancia con otras políticas públicas vigentes.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Cargadores por año	200	200	200	200	200
Costo capital por cargador (USD)	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
Costo capital anual (USD)	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
Valor de la ayuda al 30% del capital - Bono al cargador en ruta según 5.10.2 (USD)	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000
Valor de la potencia anual a contratar por cargador por año (USD)	3.673	3.673	3.673	3.673	3.673
Valor de la ayuda de Potencia total por año Bono de potencia según 5.10.3 (USD)	734.600	1.469.200	2.203.800	2.938.400	3.673.000
Total de la ayuda por año (USD)	3.734.600	4.469.200	5.203.800	5.938.400	6.673.000

Tabla 5-10 Monto de las ayudas a 200 cargadores anuales aplicando los bonos de cargador en ruta y de potencia -Elaboración propia

5.15 Conclusiones del capítulo

Para establecer una red de recarga rápida básica que cubra los principales corredores de autopistas y rutas no hacen falta demasiados equipos. Sobre la base de 200 equipos por año, y las ayudas de los bonos propuestos, se necesitarían durante el primer año 3,7 millones de dólares.

Con un pequeño aporte, del orden del 0,2% proveniente de la venta de combustibles líquidos, puede generarse un fondo de 28 millones de dólares anuales, suficiente para incentivar el desarrollo de esa red de recarga y afrontar los gastos administrativos que la aplicación del régimen pudiera demandar. Ese fondo puede estar administrado por un órgano del estado que funcione además como autoridad de aplicación y que articule sus acciones en el marco de otras políticas públicas asociadas a la sostenibilidad. Las ayudas serán selectivas y se darán mayores beneficios a los equipos que se coloquen en rutas y autopistas, propiciándose de este modo que el factor de uso de los equipos sea el más alto posible.

Capítulo 6 Análisis del impacto de las ayudas propuestas

6.1 Introducción al capítulo

En el capítulo 5 se propone un precio de referencia y se modelan tres escenarios de penetración de la movilidad eléctrica, y por lo tanto uso de la infraestructura de recarga. Debido a que al menos durante los cinco primeros años desde el año considerado como base el negocio no resultará rentable, se propone que el estado recaude fondos provenientes de un incremento en el impuesto a la transferencia de combustibles líquidos y al dióxido de carbono, y con ese incremento administre un fondo para dar soporte a la infraestructura de recarga mediante los siguientes bonos para el pago de impuestos nacionales:

- Bono para cargador en ruta (30% del valor del cargador)
- Bono para cargador urbano (15% del valor del cargador)
- Bono de potencia (100% de la potencia adicional a contratar por cinco años)
- Bono energía distribuida (5% del valor del cargador)
- Bono para acumulación y recorte de picos de potencia “peak shaving” (se aplica de la misma manera que el bono de potencia, al valor de la potencia que el equipo sea capaz de recortar)

En este capítulo se analizará de qué manera impactan en la actividad de la recarga la aplicación de estas ayudas haciendo foco en el bono para cargador en ruta y el bono de potencia con el objeto de verificar que su aplicación cumpla con los objetivos propuestos.

La verificación se realizará en los tres escenarios propuestos.

6.2 Escenario constante, aplicación de bonos

De la aplicación de las fórmulas del valor actual neto VAN y la tasa interna de retorno TIR a cinco y diez años, se obtienen los siguientes resultados para el escenario constante explicado en el Capítulo 5.

	Escenario constante			
	Sin bonos	Bono cargador en ruta	Bono de potencia	Ambos bonos
VAN (USD)	\$ 2.826	\$ 17.826	\$ 17.491	\$ 32.491
TIR 5	-7%	5%	5%	20%
TIR 10	9%	18%	16%	28%

Tabla 6-1 VAN y TIR a 5 y 10 años para escenario constante con y sin bonos -Elaboración propia

La aplicación del bono para la adquisición de un cargador en ruta y la aplicación del bono de potencia tienen resultados similares, y ambos bonos aplicados en forma conjunta generan un resultado muy atractivo.

6.3 Escenario pesimista, aplicación de bonos

Repitiendo el procedimiento para el escenario pesimista se puede construir la siguiente tabla

	Escenario pesimista			
	Sin bonos	Bono cargador en ruta	Bono de potencia	Ambos bonos
VAN (USD)	-\$ 500	\$ 14.500	\$ 14.166	\$ 29.166
TIR 5	-61%	-60%	-34%	-30%
TIR 10	8%	12%	11%	16%

Tabla 6-2 VAN y TIR a 5 y 10 años para escenario pesimista con y sin bonos - Elaboración propia

En un escenario pesimista condicionado por una baja penetración de los vehículos eléctricos que provoquen un bajo factor de uso para los cargadores, durante los primeros cinco años las tasas de retorno serán negativas, aun cuando se apliquen ambos bonos simultáneamente.

6.4 Escenario optimista, aplicación de bonos

Repitiendo el procedimiento para el escenario pesimista se puede construir la siguiente tabla

	Escenario optimista			
	Sin bonos	Bono cargador en ruta	Bono de potencia	Ambos bonos
VAN (USD)	\$ 67.633	\$ 82.633,07	\$ 82.298,62	\$ 97.299
TIR 5	-1%	7%	7%	17%
TIR 10	23%	30%	27%	35%

Tabla 6-3 VAN y TIR a 5 y 10 años para escenario optimista con y sin bonos - Elaboración propia

Claramente en un escenario de alta penetración de vehículos y de cargadores establecidos de manera tal que su ocupación sea alta, los números mejoran significativamente, pudiendo incluso pensarse en que a partir del sexto año los valores del servicio podrían ajustarse hacia la baja.

6.5 Variación del porcentaje del bono y su impacto en el resultado para el operador

Para verificar que la aplicación del bono para cargador en ruta da como resultado una ayuda efectiva en relación con el monto aportado se realiza un análisis variando el porcentaje de ayuda para cargador en

ruta entre el 0% y el 50% y analizando el resultado, para los escenarios pesimista y optimista. Téngase en cuenta que 30% es el valor que corresponde al bono propuesto.

A continuación, la tabla con los resultados:

Variación bono cargador		Escenario Pesimista		Escenario Optimista	
Bono USD	Bono %	TIR 5 años	TIR 10 años	TIR 5 años	TIR 10 años
0	0	-61	8	-1	23
7500	15	-61	10	3	26
10000	20	-60	10	4	27
12500	25	-60	11	6	28
15000	30	-60	12	7	30
17500	35	-60	13	9	31
20000	40	-60	13	11	33
25000	50	-59	15	16	37

Tabla 6-4 Variación de la TIR a 5 y 10 años variando el bono de cargador en ruta -Elaboración propia

De la tabla se concluye que el bono para cargador en ruta no tiene un impacto positivo en el resultado de la TIR a corto plazo en el escenario pesimista, como si lo tiene en el optimista.

El valor actual del pago de potencia durante los primeros cinco años del proyecto resulta de USD 15.838,79 aplicando la formula del Valor Actual y la tasa de corte de 8% con cinco desembolsos iguales de USD 3.673 (ver Capítulo 3, ítem 3.5.5)

La aplicación del bono de potencia resulta en los valores que se muestran a continuación

Bono de potencia USD	Escenario Pesimista		Escenario Optimista	
	TIR 5 años	TIR 10 años	TIR años	TIR 10 años
15.838,79	-34	11	7	24

Tabla 6-5 Valor actual de la ayuda en concepto de bono de potencia y su impacto sobre la TIR a 5 y 10 años -Elaboración propia

Este resultado pone de manifiesto que es más efectivo el bono de potencia que el del cargador en ruta para un monto equivalente de ayuda.

6.6 Operadores que ingresen al sexto año de régimen

Según se propone en el capítulo 5, al quinto año de vigencia del régimen dejarán de aplicarse los beneficios previstos mediante los bonos. Esto equivale a decir que quien ingrese como operador de puntos de carga al sexto año de entrada en vigencia del régimen, no va a recibir ningún tipo de bono de ayuda. A continuación, se analizan el VAN y la TIR para un operador que ingresen en ese momento, asumiendo los escenarios pesimista y optimista.

	Operador que ingresa en el sexto año	
	Pesimista	Optimista
VAN (USD)	\$ 132.632,45	\$ 169.174,90
TIR 5	31%	52%
TIR 10	42%	60%

Tabla 6-6 Resultados para un operador que ingresa al sistema al 6 año, es decir, sin ayudas pero con mercado maduro - Elaboración propia

En ambos casos, aun en el corto plazo, las rentabilidades resultan muy atractivas. Este resultado podría mostrar que un operador que espera que el mercado madure, ya sea bajo el escenario pesimista o el realista, aun sin recibir ningún tipo de beneficio, tendrá mayores rentabilidades que un operador pionero que toma el riesgo en forma anticipada.

Para darle una ventaja y un incentivo a los “adaptadores tempranos”, se propone que todos los operadores que ingresen al sistema dentro de los tres primeros años en forma efectiva, es decir poniendo en marcha equipos de recarga, mantengan los beneficios del régimen del mismo modo que los perciben los que ingresan en el año cero. Esto equivale a decir que los que ingresan al sistema durante los tres primeros años mantienen el beneficio durante cinco años. Los que ingresen al cuarto año lo mantienen por dos años, y los que ingresen al quinto año, solo por un año.

6.7 Conclusiones del capítulo

El mecanismo propuesto pretende incentivar la oferta de infraestructura de carga. Según se explicó en el Capítulo 1, la ausencia de esta infraestructura constituye una de las barreras al desarrollo de la electromovilidad. Por lo que puede asumirse que, existiendo esta infraestructura, habrá una mayor probabilidad de que el escenario de penetración de vehículos eléctricos tienda al optimista, el negocio resulte cada vez más atractivo, y cada vez más actores quieran participar de la actividad.

Los bonos propuestos tendrían poco efecto en un escenario pesimista, pero justamente la intención de estos bonos es que la oferta se mueva del escenario pesimista hacia el realista lo más rápido posible.

Es importante incentivar el ingreso de operadores desde el inicio del régimen, para lo cual se propone que todos los que ingresen dentro de los tres primeros años mantengan el beneficio por cinco años.

Capítulo 7 Conclusiones

El núcleo de este trabajo propone que el servicio de recarga rápida de vehículos eléctricos no es un mero despacho de energía, sino que constituye un mecanismo mediante el cual se le agrega valor a esa energía, de manera tal que sirva para abastecer en forma exclusiva a los vehículos eléctricos, haciéndolo de manera rápida, cómoda y segura.

A lo largo del trabajo se valoriza el costo de ese servicio, y se propone un precio de venta en base al precio del combustible al cual este servicio de recarga reemplaza.

Partiendo de la base de que el servicio de recarga debe ser una actividad rentable para que los actores interesados estén dispuestos a entrar en él, se analizan los indicadores de rentabilidad que se obtendrían en distintos escenarios de demanda de ese servicio. Del análisis de varios trabajos sobre el tema, y de las inquietudes manifestadas por usuarios locales reales y potenciales, se identifica a la falta de una red de recarga rápida como una de las barreras a la adopción del vehículo eléctrico, planteándose así una paradoja del “huevo y la gallina”.

La primera conclusión a la que se llega es que la prestación ese servicio, planteado en los términos de este trabajo, no resulta una actividad rentable en un escenario de baja demanda. Por lo tanto será difícil encontrar actores interesados en ingresar en la actividad.

Como consecuencia de esta primera conclusión, se propone un mecanismo de ayudas que apunten a cubrir los componentes principales de los costos. Se observa que estas ayudas mejoran la rentabilidad y por lo tanto, la actividad se volverá mas atractiva.

Al momento de definir de donde deberían provenir estas ayudas, se propone que no sea el Estado el que aporte los fondos, sino que, en sintonía con el principio de “el que contamina paga”, esos fondos provengan del uso de los combustibles contaminantes. Dado que ya existe un gravamen al dióxido de carbono en los combustibles líquidos, se propone modificar ese gravamen en un porcentaje muy pequeño, de modo tal que el impacto total que pagará el que consuma combustibles contaminantes sea del orden del 0,2% del precio que paga actualmente.

La siguiente conclusión a la que se llega es que, dado el volumen de combustibles contaminantes que se consume anualmente, lo recaudado por ese concepto es suficiente para establecer el mecanismo de ayudas, incluso para afrontar los gastos del funcionamiento del régimen. En otras palabras, un muy pequeño aporte de los combustibles contaminantes puede generar los fondos necesarios para que se pueda establecer una red de recarga rápida en un plazo de tiempo reducido.

Otra conclusión que se obtiene del análisis de la rentabilidad de la actividad en base a los escenarios propuestos es que se puede esperar que luego de los cinco años de establecido el régimen, la actividad pueda tener una rentabilidad muy alta. Por el contrario, si los escenarios utilización de los equipos fuesen peores que los propuestos, la actividad podría tener una rentabilidad baja. **Como consecuencia de esta conclusión es que se propone que al quinto año de la entrada en vigencia del régimen se analicen los resultados de su implementación en relación con los factores de uso de los equipos y de la cantidad de vehículos en uso, de manera tal de realizar los ajustes necesarios sobre el régimen.**

Anexo 1. Precios utilizados y sus referencias

1	kW de potencia contratada, ámbito de Edenor, Tarifa T3 , suministro en BT, inferior a 300 kW, período 06/2021	536,30	\$/kW	https://www.argentina.gob.ar/enre/cuadros_tarifarios
2	kW de potencia adquirida, ámbito de Edenor, Tarifa T3 , suministro en BT, inferior a 300 kW, período 06/2021	75,88	\$/kW	https://www.argentina.gob.ar/enre/cuadros_tarifarios
3	Valor del dólar oficial, según cotización del BNA, valor billete vendedor, valor a junio 2021 (valor entre los días 1 y 11 de junio de 2021)	100	\$/USD	https://www.bna.com.ar/Personas
4	Litro de nafta premium informado por CECHA a junio 2021 según los datos de OPESSA para Capital Federal	104,68	\$/litro	http://cecha.org.ar/site/index.php/es/ncuastasyconsultas/
5	Litro de gasoil EURO informado por CECHA a junio 2021 según los datos de OPESSA para Capital Federal	99,90	\$/litro	http://cecha.org.ar/site/index.php/es/ncuastasyconsultas/
6	Metro cubico GNC para una estación dual de CABA, junio 2021	33,95	\$/m ³	https://preciosensurtidor.minem.gob.ar/index/mapa-busqueda-v2
7	Cargo fijo Tarifa 1 R8 ámbito EDENOR período 06/2021	1918,90	\$/mes	https://www.argentina.gob.ar/enre/cuadros_tarifarios
8	Cargo variable Tarifa 1 R8 ámbito EDENOR período 06/2021	3,734	\$/kWh	https://www.argentina.gob.ar/enre/cuadros_tarifarios
9	Cargo variable Tarifa 3 en BT usuario con potencia menor a 300 kW, horario pico	2,646	\$/kWh	https://www.argentina.gob.ar/enre/cuadros_tarifarios

Anexo 2. Consumo y emisiones

En el capítulo 2 se compararon los consumos y las emisiones de los vehículos movidos con tecnologías de combustión interna y los eléctricos.

Se explicó que había diferentes límites o alcances a considerar. Por un lado el consumo directo del propio vehículo, y por otro el consumo desde las fuentes de energía primaria.

Se indicó también que en ambos casos, los cálculos podían realizarse por métodos simplificados, basados en información que está a disposición del público en general, o por métodos más complejos, que implican la necesidad de realizar mediciones y ensayos en condiciones controladas.

Las combinaciones entre alcances y métodos para la comparación de los consumos y emisiones dan como resultado cuatro resultados:

- Consumo y emisiones, alcance directo, método simplificado
- Consumo y emisiones, alcance directo, método JEC
- Consumo y emisiones, alcance total, método simplificado
- Consumo y emisiones, alcance total, método JEC

En el capítulo 2 se incluyeron tablas con los consumos y las emisiones de cada tecnología considerada en relación con esos límites y métodos a los efectos comparativos.

En este anexo se detallan los cálculos y procedimientos para obtener esas tablas, y se indican las referencias en donde se pueden encontrar más detalles.

Anexo 2.1 Consumo directo, método simplificado

Este enfoque está asociado a la información que maneja el público en general. Está vinculado a los datos que informa el fabricante, y a los diferentes estudios y publicaciones que se pueden encontrar en medios especializados. Esta información es fácilmente verificable por el usuario con una simple medición del combustible que carga y la distancia que recorre, aunque este resultado podría presentar una alta variabilidad ya que este mecanismo no constituye un método de ensayo repetible. Los valores por este enfoque simplificado son en muchos casos compatibles con los que se utilizan en cálculos medioambientales.

Para analizar el consumo directo mediante un método simplificado, se puede partir de la diferencia de rendimientos de los motores térmicos y eléctricos. El rendimiento de un motor de combustión interna utilizado para el transporte terrestre está en el orden del 25%, mientras que el rendimiento de un motor eléctrico en cualquiera de sus aplicaciones supera el 90%. Además, el vehículo eléctrico tiene la posibilidad de recargar las baterías mediante el frenado regenerativo. Esto significa que, en lugar de desacelerar el vehículo mediante fricción y calor con los frenos convencionales, el frenado regenerativo lo resuelve haciendo funcionar el motor eléctrico como un generador, utilizando la energía generada durante este proceso para cargar las baterías. Considerando al vehículo como sistema completo, el frenado regenerativo aumenta la eficiencia del conjunto por encima del rendimiento del propio motor, compensando otras pérdidas internas que puedan producirse en la batería, la instalación eléctrica y los componentes electrónicos.

A continuación, se indican los valores seleccionados para este trabajo según las tecnologías consideradas, y se indican las fuentes y eventuales correcciones realizadas, cuando corresponda.

Tecnología / Combustible	Consumo	Referencia
Vehículo naftero	8 l/100 km	Valor utilizado como referencia en Argentina ⁷⁷
Vehículo diésel	6,5 l/100 km	Por nombrar una de las muchas fuentes, verificar el valor de la calculadora de combustible del BBVA de España ⁷⁸
Vehículo GNC	7,03 m ³ /100 km	Un metro cubico de GNC usado como combustible en un vehículo naftero convertido equivale a 1,138 litros de nafta premium ⁷⁹
Vehículo eléctrico	16 kWh/100 km	Experiencia propia recogida durante la conducción de varios vehículos eléctricos (entre ellas The Green Expedition 2018 ⁸⁰) y entrevistas con usuarios. Un valor más conservador podría estar entre 12 y 14 kWh/100

Tabla Anexo 2-1 Valores de consumo seleccionados para este trabajo - Elaboración propia

Para verificar la validez de los valores propuestos en la Tabla Anexo 2-1 en relación con el consumo de combustible, se tomarán datos oficiales disponibles.

En Argentina está vigente desde 2019 el etiquetado vehicular⁸¹ establecido por Resolución 797/2017 del ex Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable. En una primera etapa, el objetivo de este etiquetado es que los consumidores tengan información sobre los consumos de combustible y las emisiones de gases de efecto invernadero de los vehículos nuevos. Esto se logra mediante la implementación de una etiqueta informativa. En una segunda etapa, este etiquetado pasará a ser comparativo, de modo tal que los usuarios puedan tener, además de la información puntual del vehículo de su interés, una referencia de en donde este se posiciona en cuanto a su nivel de consumo y emisiones, en base a una clasificación ordenada según el parámetro en cuestión. El requisito del etiquetado incluye a los vehículos de las categorías M1 y N1 definidas en el Anexo II de la Directiva 70/156/CEE cuyas definiciones son:

Categoría M1 : Vehículos destinados al transporte de personas que tengan, además del asiento del conductor, ocho plazas sentadas como máximo.

⁷⁷ SGAYDS. 2019. Tercer Informe Bienal de Actualización de Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC)

⁷⁸ <https://www.bbva.es/general/calculadora-gasto-gasolina/gasto-ano.html>

⁷⁹ (Ianneli, Prieto, & Gil, 20)

⁸⁰ <https://www.thegreenexpedition.es/blog-2018.html>

⁸¹ <https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/eficiencia-energetica/etiqueta-vehicular#:~:text=L%20etiqueta%20te%20permite%3A,reduciendo%20el%20costo%20de%20combustible.>

Categoría N1 : Vehículos destinados al transporte de mercancías con un peso máximo inferior a las 3,5 toneladas.

Por el momento el requisito no incluye a los vehículos eléctricos.

Las etiquetas se confeccionan con información provista por los fabricantes o importadores en carácter de declaración jurada.

La versión original de la Resolución 85/2018 de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, establecía en el artículo 2° que la información detallada provista por los fabricantes estaría disponible al público en el sitio web <http://datos.gob.ar/dataset/ambiente-certificaciones-emisiones-gases-efecto-invernadero-consumo-vehiculos-livianos>.

El artículo 6° de la Resolución N° 383/2021 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible modificó el artículo 2 de la Resolución 85/2018 eliminando las referencias al vínculo indicado, el cual permanece activo en el sitio web de datos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible⁸².

De una consulta realizada en el sitio, y del análisis de la planilla Excel allí disponible, se obtiene la siguiente información sobre el consumo de combustible para los vehículos nafteros y diésel.⁸³

	Cant	Consumos en cada tipo de ciclo (l/100 km)								
		Urbano			Extra Urbano			Mixto		
		Min	Prom	Max	Min	Prom	Max	Min	Prom	Max
Vehículos diésel sin camiones ni buses	122	4,6	9,2	13,9	3,5	6,7	9,3	3,9	7,63	11
Vehículos nafteros sin camiones ni buses	515	3,7	10,3	23,8	3,8	6,41	12,8	3,8	7,8	15,5

Tabla Anexo 2-2 - Análisis de los datos del sitio web oficial sobre consumo de combustible declarado por los fabricantes e importadores - Elaboración propia

Para la confección de la tabla se descartaron los buses y vehículos pesados de carga.

La alta variabilidad en los datos puede deberse a que en la base están incluidos vehículos de diferentes portes y consumos.

Los valores disponibles en la base de datos del sitio web oficial están basados en las declaraciones juradas e los fabricantes e importadores. La Resolución 797/2017 del ex Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable establece que los métodos de ensayo para que esas declaraciones sean validadas deben basarse en el ciclo europeo admitido para homologación, en ensayos de control de la producción o en informes internos de investigación y desarrollo, especificado por la norma IRAM-AITA 10274, reglamento ECE R.101, o Directiva Europea 715/2007 y posteriores, según corresponda a cada caso. En definitiva, las declaraciones juradas deberían estar basadas en el ciclo europeo NEDC que se detalla más adelante.

Los valores obtenidos en la Tabla Anexo 2-2 para consumos de gasoil y nafta validan los datos de la Tabla Anexo 2-1 que como ya se mencionó serán los que se utilizarán en el trabajo como referencia.

⁸² <https://datos.gob.ar/dataset/ambiente-certificaciones-emisiones-gases-efecto-invernadero-consumo-vehiculos-livianos>

⁸³ Datos actualizados al 5/3/2022

Los vehículos eléctricos no están incluidos en el requisito obligatorio del etiquetado, por lo tanto, no se dispone de información local al respecto. Se que se propone aceptar como valido el consumo propuesto en la Tabla Anexo 2-1 de 16 kWh/100 km, incluso cuando este valor podría ser considerado elevado.

Los consumos indicados en la Tabla Anexo 2-1 están en unidades que no permiten su comparación directa en términos energéticos.

En función de los poderes caloríficos de cada uno de los combustibles considerados y sus densidades, se puede ahora convertir todo a unidades energéticas y hacer una comparativa de consumos en unidades homogéneas.

	PCI ⁸⁴	PCI ⁸⁵	PCI ⁷⁸	Densidad ⁸⁶	PCI ⁷⁸	PCI ⁷⁸
	GJ/t	GJ/kg	kCal/kg	Kg/l	kCal/l	kWh/l
Nafta	44,3	0,0443	10.580,87	0,748	7.914,49	9,2046
Gasoil	43	0,043	10.270,37	0,833	8.555,22	9,9498

	PCI ⁷⁸	PCI ⁷⁸
	GJ/1000m ³	kWh/m ³
GNC	34,51	9,5861

	PCI		Consumo		Consumo	
Nafta	9,2046	kWh/l	8,00	l/100 km	73,64	kWh/100 km
Gasoil	9,9498	kWh/l	6,50	l/100 km	64,67	kWh/100 km
GNC	9,5861	kWh/m ³	7,03	m ³ /100 km	67,39	kWh/100 km
eléctrico	-		16	kWh/100 km	16	kWh/100 km

Tabla Anexo 2-3 Normalizacion de los consumos directos de las distintas tecnologías en unidades energéticas, método simplificado - Elaboración propia

De la Tabla Anexo 2-3 se concluye que, en términos energéticos, el vehículo eléctrico consume una cantidad de energía significativamente menor, del orden de 1/4 de lo que consume su equivalente de combustión interna, incluso considerando valores en los límites superiores de su consumo.

⁸⁴ Inventario de Gases de Efecto Invernadero de la República Argentina – Año 2012 Volumen 1 – Energía (pág. 15) / <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/1.-inventario-geis-energia.pdf>

⁸⁵ Calculado

⁸⁶ Emisiones de CO2 calculadas a partir de las ventas al público de combustibles líquidos en EESS - año 2018 / http://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/informacion_del_mercado/mercado_hidrocarburos/mapas/metodologia_huella_CO2_ees.pdf

Anexo 2.2 Consumo directo, método JEC

El estudio que, en adelante se referenciará como *JEC*, es un trabajo realizado por un consorcio de tres entidades europeas⁸⁷. La sigla *JEC* es el resultado de las iniciales de las tres entidades que lo forman: *JRC*, *EUROCAR* y *CONCAWE*. A continuación, se describe brevemente a cada una de ellas:

- *JRC* por sus siglas en inglés. Es El Centro Común de investigación de la Comisión Europea. Es el servicio científico interno de la Comisión Europea. Con sus actividades contribuye a la elaboración de las políticas de la UE, aportando un asesoramiento científico independiente y basado en datos contrastados⁸⁸.
- *EUROCAR*. Es el Consejo Europeo Automotriz para la I+D. Está formado por los principales fabricantes europeos vehículos de turismo y comerciales. EUCAR facilita y coordina proyectos de investigación y desarrollo precompetitivos y sus miembros participan en una amplia gama de programas europeos colaborativos de I+D⁸⁹
- *CONCAWE*, que es una división de la Asociación Europea de Refinerías de Petróleo

El consorcio evalúa los consumos y las emisiones totales de los vehículos a lo largo de un estudio denominado *WTW*, sigla que resulta de la expresión “del pozo a la rueda” en inglés.

Este análisis *WTW* integra dos análisis previos:

- El análisis “del tanque a la rueda”, (*TTW* por sus siglas en inglés), en el que se analiza el consumo y emisiones directas del vehículo.
- El análisis “del pozo al tanque”, (*WTT* por sus siglas en inglés), en el que se analiza la energía utilizada y las emisiones producidas para generar una unidad del combustible (o la energía) en cuestión.

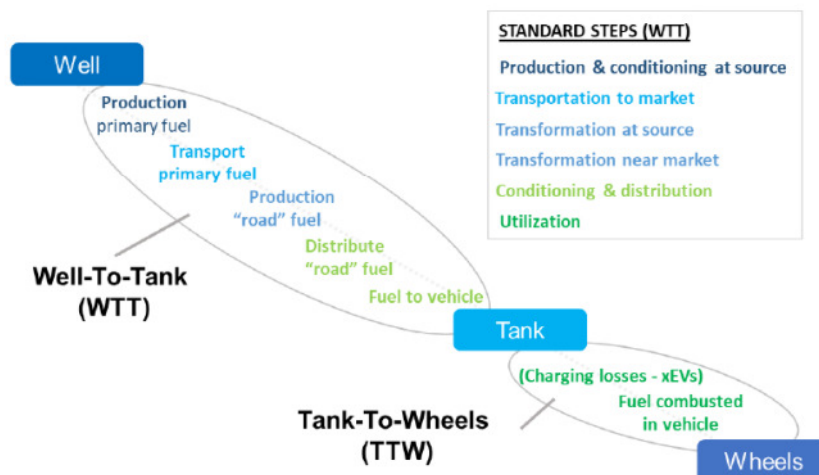
Se consideró la versión 5 del informe *JEC*, correspondiente al año 2020 por ser la más nueva, aunque la más compleja por la gran cantidad de tecnologías y combustibles evaluados. La siguiente ilustración extraída de los reportes *JEC* resume la metodología empleada.

⁸⁷ Téngase muy presente al momento de la evaluación de resultados que una de las organizaciones del consorcio representa a los fabricantes de vehículos y otra a los refinadores de petróleo.

⁸⁸ https://ec.europa.eu/info/departments/joint-research-centre_es

⁸⁹ <https://www.eucar.be/about-eucar/>

Figure 1. Scope of the JEC WTW analysis (Energy expended and CO_{2eq})



Energy use and GHG emissions are associated with both fuel production and vehicle use; hence it is only by considering the whole pathway that the overall impact of fuel and vehicle choices can be seen.

Ilustración 2-1 Resumen gráfico del análisis WTW y sus etapas WTT y TTW

El análisis *TTW* se realiza sobre dos "variantes" de vehículos, cada una de ellas asociada a un ciclo de conducción diferente. Esto lamentablemente complica la interpretación de los resultados.

Las "variantes" consideradas son las de vehículos actuales, identificados a lo largo del informe como 2015, y las futuras en función de mejoras y previsiones de la industria automotriz, las que se identifican a lo largo del informe como 2025+. Las variantes 2015 se asocian al ciclo de conducción *NEDC* y las 2025+ al *WLTP*.

Existen muchas publicaciones especializadas en donde encontrar análisis comparativos sobre las particularidades y diferencias entre los ciclos de conducción *NEDC* (*New European Driving cycle*) y *WLTP* (*Worldwide harmonized Light duty Test Procedure*).

A modo de resumen, se puede decir que el *WLTP* es más realista que el *NEDC*. Como puede verse en la Ilustración Anexo 2-1, extraída del trabajo *Gaseous Emissions from Light-Duty Vehicles: Moving from NEDC to the New WLTP Test Procedure* (Marotta, Pavlovic, Ciuffo, Serra, & Fontaras, 2015), el ciclo *WLTC* es más extenso en tiempo, cubre distancias mayores, y la velocidad se adecua más a la de un uso

normal. Puede encontrarse más información sobre ambos ciclos en ese trabajo.

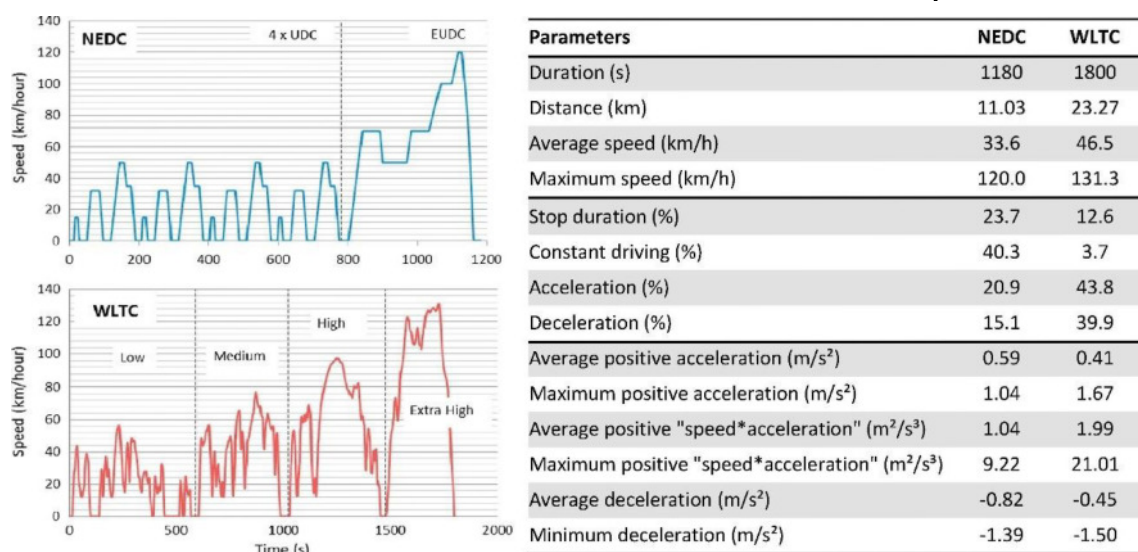


Ilustración Anexo 2-1 Comparativa entre ciclo NEDC y WLTP (Marotta, Pavlovic, Ciuffo, Serra, & Fontaras, 2015)

A continuación, se incluye el gráfico de los resultados de las emisiones y los consumos de energía de todas las tecnologías evaluadas en el estudio *TTW* de *JEC*.

Este gráfico muestra en un solo lugar los consumos directos de energía (eje de abscisas) y de emisiones directas (eje de ordenadas) de todas las tecnologías y combustibles. En la zona identificada de color verde oscuro, arriba a la derecha, pueden verse las variantes de combustión interna actuales y en vías de superación, funcionando con diferentes combustibles. Bajando al eje de abscisas se encuentran sus consumos, que están entre los 140 MJ/100 km y los 180 MJ/100 km. Estas tecnologías y combustibles han sido evaluadas con el ciclo de conducción *NEDC* en el análisis, como se comentó más arriba.

Continuando hacia la izquierda, las variantes que superarán a las actuales, y evaluadas con ciclo de conducción *WLTP*, están identificadas con un verde más claro. En el eje de abscisas se ven consumos de entre 125 MJ/100 km y 140 MJ/100 km. Finalmente, en azul y violeta, hacia la izquierda y sobre el eje de abscisas (debido a que sus emisiones directas de CO₂ son cero) aparecen las tecnologías eléctricas, las cuales no se diferencian entre sí por los combustibles, sino por las capacidades de su batería en relación con su autonomía.

Figure 2-1: Summary of TTW Simulation Results for 2015 (NEDC) & 2025+ (WLTP) Variants; note that electric energy consumption includes charging losses

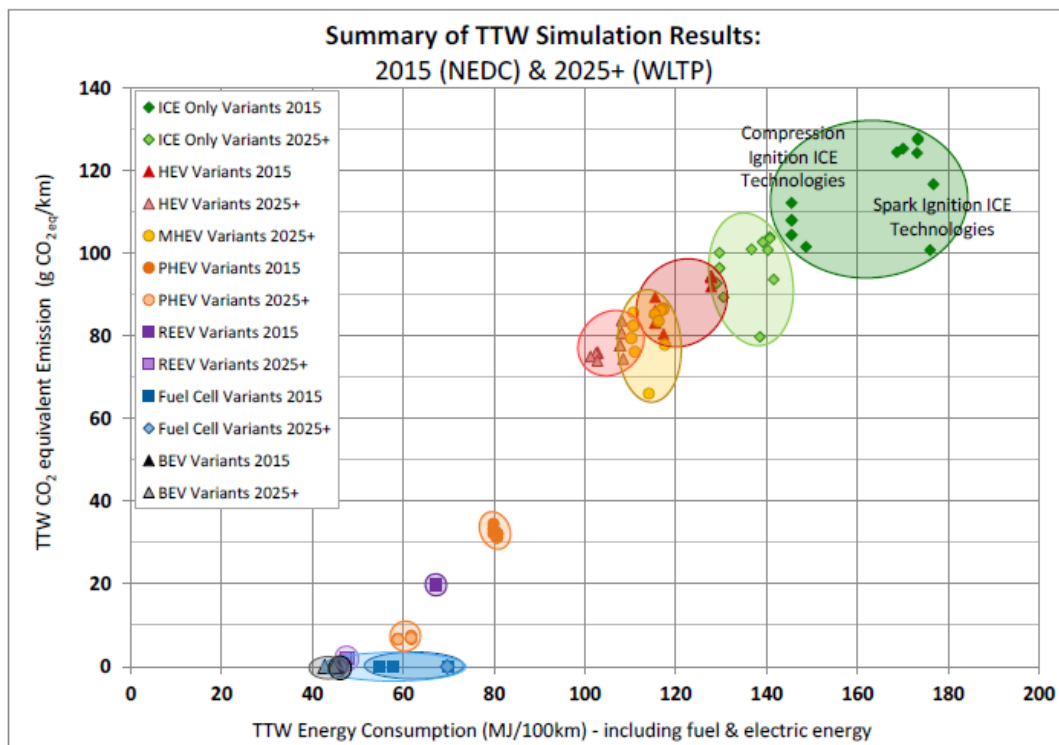


Gráfico Anexo 2-1 Grafico de emisiones y consumo según JEC Tank-To-Wheels report v5: Passenger cars 2020, página 4

La tabla siguiente, extraída del mismo informe, y utilizada para la construcción del Gráfico Anexo 2-1 muestra el resumen de los consumos y emisiones de los vehículos de combustión interna para las variantes actuales, evaluadas con ciclos de conducción *NEDC*. La tabla identifica la tecnología con el mismo color con la que se la identifica en ese gráfico para facilitar su visualización en ambos lugares.

Table 5-6: Simulation Results for "ICE only" variants 2015

Simulation Results: 2015 Conventional ("ICE only") Variants NEDC	Curb Mass	Fuel Tank Capacity	Fuel Consumption		Energy Consumption			GHG emissions			
					Fuel	Electric	Total	as CO ₂	as CH ₄	as N ₂ O	TOTAL
	kg	L (kg)	l/100km	kg/100km	MJ/100km	MJ/100km	MJ/100km	gCO ₂ /km	gCO ₂ eq/km	gCO ₂ eq/km	gCO ₂ eq/km
DISI ("ICE only") 2015											
Gasoline E5	1310	55	5.49	4.10	173.33	#	173.33	127.17	0.13	0.54	127.83
Gasoline E10 market blend	1310	55	5.58	4.18	173.33	#	173.33	126.71	0.13	0.54	127.37
Gasoline high Octane spec. #1	1310	55	5.28	4.01	170.08	#	170.08	124.64	0.13	0.54	125.30
Gasoline high Octane spec. #2	1310	55	5.34	4.05	168.68	#	168.68	123.76	0.13	0.54	124.42
LPG	1352	80	6.99	3.84	176.77	#	176.77	116.02	0.13	0.54	116.69
CNG	1451	26 kg	#	3.67	176.02	#	176.02	98.76	1.50	0.54	100.79
E100	1310	55	8.14	6.46	173.16	#	173.16	123.58	0.13	0.54	124.24
DICI ("ICE only") 2015											
Diesel B0	1370	55	4.06	3.38	145.49	#	145.49	106.50	0.23	1.19	107.91
Diesel B7 market blend	1370	55	4.08	3.41	145.49	#	145.49	106.62	0.23	1.19	108.04
FAME	1370	55	4.39	3.91	145.49	#	145.49	110.78	0.23	1.19	112.19
DME	1418	80	7.81	5.24	148.70	#	148.70	100.14	0.23	1.19	101.56
FT-Diesel	1370	55	4.24	3.31	145.49	#	145.49	102.98	0.23	1.19	104.40
HVO	1370	55	4.24	3.31	145.49	#	145.49	102.98	0.23	1.19	104.40

Tabla Anexo 2-4 Resultados de los consumos y emisiones para vehículos de combustión interna nafteros, gnc y diésel. según JEC Tank-To-Wheels report v5: Passenger cars 2020, página 30

De la tabla se puede tomar el valor de 170 MJ/100 km (47,2 kWh/100 km) como representativo del consumo de energía para los vehículos de tecnologías actuales nafteros evaluados con ciclos de conducción *NEDC*.

Respecto de los vehículos diésel, se puede tomar el valor de 145 MJ/100 km (40,27 kWh/100 km).

Para los vehículos a GNC (CNG por su sigla en inglés) el valor es 176 MJ/100 km (48,88 kWh/100 km)

La tabla siguiente, extraída del mismo informe, muestra el resumen de los consumos y emisiones de los vehículos de combustión interna para las variantes modernas y futuras, evaluadas con ciclos de conducción WLTP.

Table 6-7: Simulation Results for "ICE only" variants 2025+

Simulation Results: 2025+ Conventional ("ICE only") Variants WLTP	Curb Mass	Fuel Tank Capacity	Fuel Consumption		Energy Consumption			GHG emissions			
					Fuel	Electric	Total	as CO ₂	as CH ₄	as N ₂ O	TOTAL
	kg	L (kg)	l/100km	kg/100km	MJ/100km	MJ/100km	MJ/100km	gCO ₂ /km	gCO ₂ eq/km	gCO ₂ eq/km	gCO ₂ eq/km
DISI ("ICE only") 2025+											
Gasoline E5	1200	35	4,46	3,33	140,74	#	140,74	103,26	0,13	0,54	103,92
Gasoline E10 market blend	1200	35	4,53	3,39	140,74	#	140,74	102,89	0,13	0,54	103,55
Gasoline high Octane spec. #1	1200	35	4,32	3,28	139,19	#	139,19	102,00	0,13	0,54	102,67
Gasoline high Octane spec. #2	1200	35	4,33	3,29	138,69	#	138,69	100,29	0,13	0,54	100,95
LPG	1222	60	5,60	3,08	141,59	#	141,59	92,93	0,13	0,54	93,59
CNG	1227	17kg	#	2,89	138,51	#	138,51	77,71	1,50	0,54	79,75
E100	1200	35	6,59	5,24	140,31	#	140,31	100,13	0,13	0,54	100,80
DICI ("ICE only") 2025+											
Diesel B0	1260	35	3,61	3,01	129,63	#	129,63	94,88	0,23	1,19	96,30
Diesel B7 market blend	1260	35	3,63	3,04	129,63	#	129,63	94,99	0,23	1,19	96,41
FAME	1260	35	3,92	3,48	129,63	#	129,63	98,70	0,23	1,19	100,11
DME	1285	40	6,89	4,60	130,55	#	130,55	87,92	0,23	1,19	89,34
FT-Diesel	1280	35	3,76	2,93	129,00	#	129,00	91,31	0,23	1,19	92,73
HVO	1280	35	3,76	2,93	129,00	#	129,00	91,31	0,23	1,19	92,73

Tabla Anexo 2-5 Resultados de los consumos y emisiones para vehículos de combustión interna nafteros, gnc y diésel. según JEC Tank-To-Wheels report v5: Passenger cars 2020, página 31

De la tabla se puede tomar el valor de 140 MJ/100 km (38,88 kWh/100 km) como representativo del consumo de energía para los vehículos de variantes modernas nafteros evaluados con ciclos de conducción WLTP.

Respecto de los vehículos diésel, se puede tomar el valor de 130 MJ/100 km (36,11 kWh/100 km).

Para los vehículos a GNC (CNG por su sigla en inglés) el valor es 138,51 MJ/100 km (38,5 kWh/100 km)

La tabla siguiente, extraída del mismo informe, muestra el resumen de los consumos y emisiones de los vehículos eléctricos a batería para las variantes actuales, evaluadas con ciclos de conducción NEDC. Los vehículos eléctricos actuales se identifican como BEV150. BEV de la expresión vehículo eléctrico a batería en inglés, y 150 por el rango típico de los vehículos eléctricos de la tecnología englobada dentro del grupo identificado como 2015 vinculada a las variantes actuales.

Table 5-10: Simulation Results for BEV 2015; note that Electric Energy Consumption includes charging losses

Simulation Results: 2015 BEV Variants NEDC	Curb Mass	Fuel Tank Capacity	Fuel Consumption		Energy Consumption			GHG emissions			
					Fuel	Electric	Total	as CO ₂	as CH ₄	as N ₂ O	TOTAL
	kg	L (kg)	l/100km	kg/100km	MJ/100km	MJ/100km	MJ/100km	gCO ₂ /km	gCO ₂ eq/km	gCO ₂ eq/km	gCO ₂ eq/km
BEV150 2015											
Electricity	1326	#	#	#	#	45,66	45,66	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla Anexo 2-6 Resultados de los consumos y emisiones para vehículos eléctricos según JEC Tank-To-Wheels report v5: Passenger cars 2020, página 31

El valor de 45,66 MJ/100 km corresponde a 12,683 kWh/100 km.

La tabla siguiente, extraída del mismo informe, muestra el resumen de los consumos y emisiones de los vehículos eléctricos a batería para las variantes modernas y futuras, evaluadas con ciclos de conducción WLTP. Para el caso de las nuevas variantes, se incluyen dos opciones, una con rangos de 200 km

(BEV200) y otra con rangos de 400 km (BEV400) que suponen la inclusión de baterías cada vez más grandes con tecnologías de mayor densidad y menores costos.

Table 6-16: Simulation Results for BEV variants 2025+; note that Electric Energy Consumption includes charging losses

Simulation Results: 2025+ BEV Variants WLTP	Curb Mass	Fuel Tank Capacity	Fuel Consumption		Energy Consumption			GHG emissions			
	kg	L (kg)	l/100km	kg/100km	Fuel	Electric	Total	as CO ₂	as CH ₄	as N ₂ O	TOTAL
					MJ/100km	MJ/100km	MJ/100km	gCO ₂ /km	gCO ₂ eq/km	gCO ₂ eq/km	gCO ₂ eq/km
BEV200 2025+											
Electricity	1208	#	#	#	#	42,77	42,77	0,00	0,00	0,00	0,00
BEV400 2025+											
Electricity	1362	#	#	#	#	44,71	44,71	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla Anexo 2-7 Resultados de los consumos y emisiones para vehículos eléctricos según JEC Tank-To-Wheels report v5: Passenger cars 2020, página 42

Los valores observados de consumo son 42,77 MJ/100 km (11,88 kWh/100 km) y 44,71 MJ/100 km (12,419 kWh/100 km).

A continuación, se resumen en una sola tabla los valores de este párrafo y los del párrafo Anexo 2.1 en el que se consideraron los consumos totales por el método simplificado

Comparativa de consumos directos en kWh / 100 km							
Nafta		Diesel		GNC		Eléctrico	
Simplificado 73,64	JEC 2015 NEDC 47,2	Simplificado 64,67	JEC 2015 NEDC 40,27	Simplificado 67,39	JEC 2015 NEDC 48,88	Simplificado 16	JEC 2015 NEDC 12,683
	JEC 2025+WLTP 38,88		JEC 2025+WLTP 36,11		JEC 2025+WLTP 38,5		JEC 2025+WLTP 12,419

Tabla Anexo 2-8 Resumen comparativo de consumos directos por método simplificado y método JEC TTW 2020 - Elaboración propia

Se observa que los valores obtenidos por el método simplificado son mayores que los que se obtienen mediante los estudios *TTW*. Esto puede deberse principalmente a que ambos ciclos de conducción utilizados en ese estudio no son representativos del uso normal de los vehículos, y se establecen a los efectos de realizar análisis comparativos repetibles, relativamente simples y rápidos, y económicos, que permitan comparar a los vehículos de manera eficaz, aunque los resultados no reflejen lo que un usuario promedio realice en el uso cotidiano con su vehículo. Del mismo modo, los valores elegidos para Argentina son más acordes a las tecnologías existentes en el parque automotor y a la antigüedad de ese parque. En cuanto a los aspectos tecnológicos que se deben tener en cuenta al momento de la comparación, en el estudio *TTW* se consideran tecnologías start/stop, así como configuraciones con transmisiones automáticas, por citar algunas de las diferencias con las tecnologías locales. Lo ideal sería contar con una evaluación de variantes 2015 y un ciclo de conducción *WLTP*, pero lamentablemente ese análisis no está disponible.

Incluso en el mismo estudio, pero del año 2014 (Huss, Mass, & Hass, 2014), los valores de energía y emisiones son significativamente mayores a los obtenidos en el estudio del 2020, aun utilizándose el ciclo NEDC, que era el único vigente en el año de esa publicación.

Es importante destacar que las guías y referencias que se utilizan para los cálculos energéticos y de emisiones, por ejemplo, las Directrices IPCC o las calculadoras EPA, hasta el momento no hacen

referencia a las publicaciones *JEC* para sus cálculos, y en general recomiendan valores más próximos a los que se plantearon en el método simplificado.

De todos modos, sea que se recorra un camino simplificado, o un camino más detallado como el del *TTW*, los resultados reflejan claramente las ventajas energéticas de los vehículos eléctricos respecto de los de combustión interna, con cualquiera de las tecnologías y los combustibles considerados.

Anexo 2.3 Emisiones directas de GEI, método simplificado

En base a los valores de la Tabla Anexo 2-8, que indica los consumos directos de combustible, de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** que indican los contenidos de cada uno de los gases de efecto invernadero involucrados en el transporte, y de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** que indica los potenciales de calentamiento global, pueden obtenerse los valores de emisiones de dióxido de carbono equivalente para los tres combustibles en análisis.

	Consumo		CO ₂		CH ₄		N ₂ O		CO ₂ e	
	kWh/100 km	TJ/100 km	kg/TJ	kg/100 km	kg/TJ	kg/100 km	kg/TJ	kg/100 km	kg/100 km	kg/unidad
Nafta (l)	73,64	2,65E-04	69300	18,37	25	6,63E-03	8	2,12E-03	19,17	2,40
Gas Oil (l)	64,67	2,33E-04	74100	17,25	3,9	9,08E-04	3,9	9,08E-04	17,55	2,70
GNC (m ³)	67,39	2,43E-04	56100	13,61	92	2,23E-02	4	9,70E-04	14,38	2,05

Tabla Anexo 2-9 Resumen comparativo de consumos directos por método simplificado y método JEC TTW 2020 - Elaboración propia

Para los cálculos de la tabla anterior, en aquellos casos en los cuales las tablas del IPCC propusieran varias opciones de valores, se tomaron los que están detallados en los cálculos nacionales, en particular los de la Tabla 2 del Inventario de Gases de Efecto Invernadero de la República Argentina – Año 2012 Volumen 1 – Energía

Dado que los vehículos eléctricos no emiten gases de efecto invernadero en forma directa, cualquier comparación que se haga entre estos y los vehículos de combustión interna resulta en una ventaja indiscutible para los eléctricos.

Pero la electricidad que se produce para cargar sus baterías puede provenir de diversas fuentes de energía, y en particular la matriz de generación eléctrica de Argentina tiene una fuerte participación de la quema de combustibles. Esto significa que, si bien las emisiones directas son cero, habrá que considerar las emisiones que se producen para generar esa energía.

De acuerdo con el documento REPORTE DE TRANSPARENCIA CLIMÁTICA | 2020 ARGENTINA⁹⁰ la matriz de generación eléctrica emitió en 2019 269 gCO₂/kWh.

Esto significa que por cada kWh que se consume en un vehículo eléctrico, se generan 269 gramos de CO₂. Por lo tanto, cada 100 km recorridos, es decir por cada 16 kWh consumidos según el valor propuesto, se generan 4.300 gramos de CO₂ (4,3 kg CO₂/100 km)

Con este dato se puede construir la siguiente tabla:

⁹⁰ <https://www.climate-transparency.org/wp-content/uploads/2021/01/Argentina-2020-Spanish.pdf>

	CO ₂ e
	kg/100 km
Nafta (l)	19,17
Gasoil (l)	17,55
GNC (m ³)	14,38
Eléctrico	4,30

Tabla Anexo 2-10 Emisiones directas de las tecnologías por el método simplificado -Elaboración propia

La tabla muestra que las emisiones que se producen por el consumo de energía del vehículo eléctrico están en el orden de entre un cuarto y un tercio respecto de las tecnologías y combustibles de combustión interna. En este punto, es importante destacar que el valor de referencia del IPCC 2006, el mismo que se usa en Argentina para los inventarios de GEI, considera que un automóvil de combustión interna genera 17 kg de CO₂e cada 100 km⁹¹, con lo cual los valores calculados son totalmente aceptables.

Anexo 2.4 Emisiones directas de GEI, método JEC

De las tablas del informe *JEC* del tanque a la rueda (*TTW*) mostradas en el párrafo Anexo 2.2 pueden extraerse las emisiones directas obtenidas por este método y compararlas con las de la Tabla Anexo 2-10, quedando la tabla que se muestra a continuación.

Comparativa de emisiones directas en kgCO ₂ e / 100 km							
Nafta		Diesel		GNC		Eléctrico	
Simplificado 19,17	JEC 2015 NEDC 12,73	Simplificado 17,55	JEC 2015 NEDC 10,80	Simplificado 14,38	JEC 2015 NEDC 10,07	Simplificado 4,30	JEC 2015 NEDC 0
	JEC 2025 WLTP 10,35		JEC 2025 WLTP 9,64		JEC 2025 WLTP 9,36		JEC 2025 WLTP 0

Tabla Anexo 2-11 Comparación de emisiones directas por método simplificado y según JEC (TTW) -Elaboración propia

Como consecuencia del mayor consumo directo que se obtiene según el método simplificado, las emisiones resultan también mayores cuando se las evalúa de esta forma. En el método *JEC* no se calculan las emisiones directas en el vehículo eléctrico ya que estas emisiones en rigor no se emiten por el caño de escape. En el método simplificado se consideran las emisiones de la red eléctrica para la energía consumida en forma directa por el vehículo.

⁹¹

<https://unfccc.int/sites/default/files/resource/3er%20Informe%20Bienal%20de%20la%20Republica%20Argentina.pdf>, página 185, tabla 52.

Anexo 2.5 Consumo total, método simplificado

Hasta el momento se analizaron los consumos de combustible y emisiones generadas directamente por la quema de combustibles en el vehículo. Para el vehículo eléctrico se consideró como una emisión directa la quema del combustible equivalente a la energía eléctrica consumida. Esta evaluación de emisiones se hizo en función de las emisiones de la matriz energética local.

Ahora, debe tenerse en cuenta que todos los procesos de extracción de hidrocarburos, producción y transporte de combustibles, así como la generación, transporte y distribución de electricidad, implican consumos de energía y pérdidas que pueden ser significativas.

Esto se tiene en cuenta en un análisis completo o de consumo total de energía desde la fuente primaria hasta el uso final.

En el caso de los hidrocarburos convencionales, dado su alto contenido de energía por unidad de masa o volumen, o de energía final producida, el análisis de los consumos en las etapas de transformación y transporte y distribución no distorsiona demasiado los resultados. Pero en el caso de la electricidad, con una matriz de generación fuertemente térmica como la de Argentina, el resultado difiere en forma significativa.

Para evaluar el consumo total por el método simplificado, es necesario conocer cuánto se consume y se pierde en las etapas de transformación y de transporte y distribución de la producción de combustibles y energía. Esta información se obtendrá de los Balances Energéticos Nacionales disponibles en el sitio de la secretaria de Energía.

En el párrafo Anexo 2.5.1 se analizará la transformación y transporte y distribución de electricidad, y en el párrafo 0 se hará lo mismo para los combustibles líquidos.

Anexo 2.5.1 Electricidad

Tomando la información del último balance energético disponible al momento, que es el que corresponde al año 2020^{92,93} se puede calcular el rendimiento de la etapa de generación de energía eléctrica, cuyo valor es 57%^{94,95}.

Del mismo modo se puede calcular el rendimiento del sistema en términos de transporte y distribución, cuyo valor es 84%, lo que corresponde a un 16% de pérdidas⁹⁶.

El resultado final de toda la cadena eléctrica surge de la multiplicación de ambos rendimientos, cuyo valor resulta 48%.

⁹²

https://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/informacion_del_mercado/publicaciones/energia_en_gral/balances_2020/balance_2020_V0_horizontal.xlsx

⁹³ Al momento de la consulta estaba en estado “provisorio”

⁹⁴ Se divide la celda M57 (total de energía entrada a centrales, primaria y secundaria) por la M56 (energía producida por centrales)

⁹⁵ Ese valor viene subiendo en los últimos años. En 2020 resultó 57%, en 2019 resultó 56%, en 2018 resultó 52% y en 2017 resultó 50%.

⁹⁶ Se divide la celda J33 (pérdidas por transporte y distribución) por la L33 (energía a la salida de centrales)

Esto significa que, por cada kWh que llega al vehículo, habrá que generar el 52% más en el otro extremo de la cadena. En la siguiente tabla se resumen los rendimientos y se calcula la energía eléctrica a producir teniendo en cuenta el consumo directo del vehículo y estos rendimientos mencionados.

Energía vehículo	Rendimiento generación	Rendimiento T&D	Rendimiento total	Energía a generar
kWh/100 km	-	-	-	kWh/100 km
16	57%	84%	48%	33,42

Tabla Anexo 2-12 Cálculo de la energía eléctrica necesaria teniendo en cuenta las pérdidas y el rendimiento de la cadena eléctrica - Elaboración propia

Anexo 2.5.2 Para los combustibles líquidos

De manera similar, del balance energético puede calcularse el rendimiento de la etapa de transformación para los combustibles líquidos, el que resulta en un valor de 95%⁹⁷.

Para calcular las pérdidas por transporte y distribución de la cadena de combustibles líquidos se considera la suma de los combustibles líquidos que llega a usuarios finales⁹⁸, y se lo divide por la suma de los combustibles líquidos que salen de refinerías⁹⁹, resultando un rendimiento del 88%.

Con estos valores puede calcularse el consumo del pozo a la rueda de los vehículos nafteros y gasoleros, y puede agregarse la calculada en la Tabla Anexo 2-12 para los vehículos eléctricos.

	Energía vehículo	Rendimiento Transformación	Rendimiento T&D	Rendimiento total	Energía a generar
	kWh/100 km	-	-	-	kWh/100 km
Nafta	73,64	95%	88%	84%	88,09
Gasol	64,67	95%	88%	84%	77,36
Eléctrico	16	57%	84%	48%	33,42

Tabla Anexo 2-13 Energía del pozo a la rueda para los vehículos nafteros, diésel y eléctricos - Elaboración propia

La tabla muestra una relación mejor que 2 a 1 en favor del consumo de los vehículos eléctricos. Si las pérdidas en las etapas de transformación se redujeran mediante el reemplazo de tecnologías de bajo rendimiento (en general las térmicas) por otras de mejor rendimiento (solar, eólica, hidroeléctrica) y las pérdidas de transporte y distribución se redujeran mediante un programa de aumento de la participación de las energías renovables distribuidas, la relación en favor del vehículo eléctrico sería aún mejor.

⁹⁷ Se calcula dividiendo la celda P57 (energía total que sale de refinerías) por la P57 (suma de energías que ingresan a refinerías) del balance energético nacional 2020

⁹⁸ Suma de las celdas V37 a V42

⁹⁹ Suma de celdas P38 a P42

Anexo 2.6 Consumo total, método JEC

Del mismo modo que se hizo cuando se calcularon las emisiones directas, se va a analizar ahora el resultado obtenido en el estudio realizado por JEC para el consumo total de energía o estudio WTW. Este estudio WTW integra el estudio ya considerado del tanque a la rueda o TTW y el estudio de la cadena de producción, distribución y comercialización de la energía que esta detallada en el estudio WTT. Este estudio en la versión 5 del 2020 evalúa no solo los combustibles fósiles tradicionales, sino también una amplia gama de biocombustibles y combustibles sintéticos. Para algunos de estos combustibles se evalúan varios procesos productivos distintos, y el resultado del análisis refleja valores que se encuentran entre máximos y mínimos que en algunos casos varían entre sí en más del doble. Como sería extremadamente complejo (y posiblemente innecesario) ingresar con esas gamas de valores al análisis completo, en el estudio indican los “valores seleccionados” con los cuales se realizará el análisis completo o del pozo a la rueda (WTW).

A continuación, se coloca el grafico del estudio WTT de JEC donde están todos los combustibles evaluados y las dispersiones de resultados obtenidos.

En la parte inferior del gráfico se encuentran los valores seleccionados¹⁰⁰.

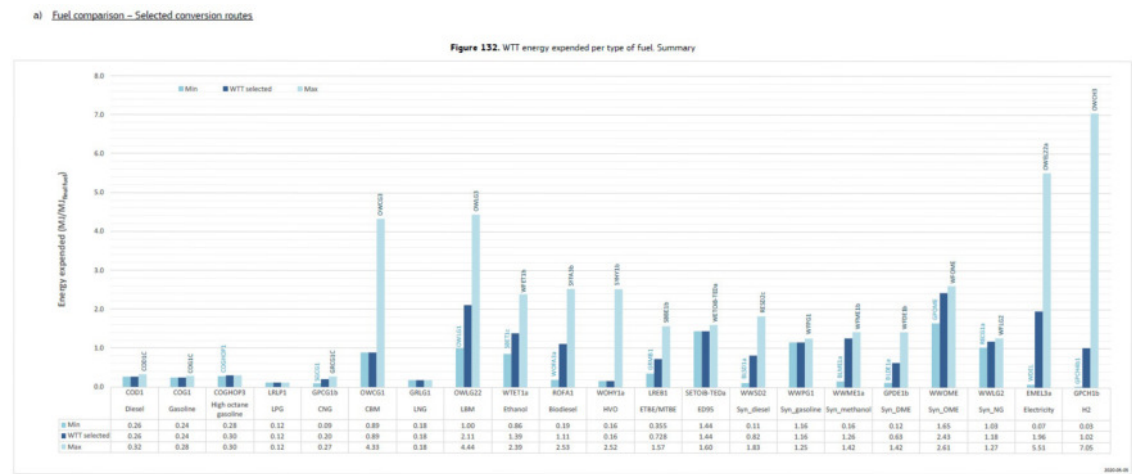


Gráfico Anexo 2-2 Energía del pozo a la rueda para los vehículos nafteros, diésel y eléctricos

Como en este estudio se consideran solo la nafta, gasoil, GNC y electricidad, se extraen las porciones del gráfico y tabla de valores seleccionados correspondientes.

¹⁰⁰ Figura 132 del informe

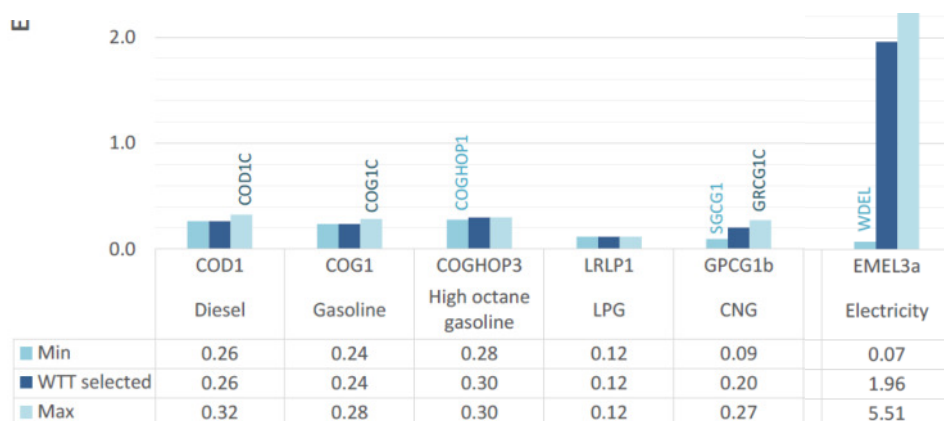


Gráfico Anexo 2-3 Extracto y ampliación del Gráfico Anexo 2-2 para mostrar en detalle los datos de la Nafta, gasoil, GNC y electricidad.

Puede observarse que para los combustibles líquidos la variación entre valores seleccionados, máximos y mínimos no resulta significativa. Sin embargo, para la electricidad la diferencia es muy grande. Esto se debe a los rendimientos de las diferentes tecnologías de generación que se utilizan en Europa. El valor seleccionado de 1,96 MJ/MJ energía final corresponde a lo que en el estudio se considera como la combinación realista de tecnologías y sistemas de generación. Este valor indica que se deben producir 1,96 MJ de energía para que le llegue 1 MJ al usuario.

Del análisis *JEC* el pozo a la rueda *WTT* se pueden obtener los valores totales de energía consumida para los combustibles y tecnologías en análisis.

A continuación, se resumen los valores encontrados a lo largo del informe *JEC WTT* para los combustibles que se están analizando, y se agregan los valores obtenidos en el párrafo Anexo 2.5.

Comparativa de consumos totales en kWh / 100 km							
Nafta		Diesel		GNC		Eléctrico	
Simplificado 88,09	JEC 2015 NEDC 59,49	Simplificado 64,67	JEC 2015 NEDC 51,15	Simplificado (No calculado)	JEC 2015 NEDC 58,94	Simplificado 33	JEC NEDC BEV 150 km 2015 37,53
	JEC 2025+WLTP 48,37		JEC 2025+WLTP 45,59		JEC 2025+WLTP 38,5		JEC WLTP BEV 200 km 2025 27,80
							JEC WLTP BEV 400 km 2025 29,19

Tabla Anexo 2-14 Consumos totales *JEC WTT* y comparación con los consumos totales obtenidos por el método simplificado - Elaboración propia

Del mismo modo que sucedió al momento de las evaluaciones de los consumos directos, los consumos totales por el método simplificado y por el método *WTT* arrojan valores menores para este último. Es muy importante enfatizar que en el cálculo *WTT* el método analiza varios métodos de producción de

combustibles y tiene en cuenta consideraciones de análisis de ciclo de vida (LCA por sus siglas en inglés) que en el método simplificado no se tienen en cuenta.

Pero por cualquiera de los dos caminos recorridos, queda claro que desde el punto de vista energético el vehículo eléctrico resulta más eficiente que cualquiera de los de combustión interna considerados.

Anexo 2.7 Emisiones totales de GEI, método simplificado

Con los rendimientos de la cadena de producción de electricidad y combustibles líquidos obtenidos de los datos del BEN 2020 y ya evaluada en Anexo 2.5, se pueden corregir los valores de CO₂ directos que se resumieron en la Tabla Anexo 2-10.

	CO ₂ e directo	Rendimiento	CO ₂ ajustado
	kg/100 km	-	kg/100 km
Nafta	19,17	84%	22,82
Gasoil	17,55	84%	20,90
Eléctrico	4,3	48%	8,96

Tabla Anexo 2-15 Cálculo de las emisiones de CO₂ equivalente desde la producción de la energía

La tabla muestra también una relación mejor que 2 a 1 en favor de los vehículos eléctricos en cuanto a las emisiones, incluso cuando se las considera desde el origen de la producción y con una matriz de generación eléctrica fuertemente dependiente de los hidrocarburos.

Anexo 2.8 Emisiones totales de GEI, método JEC (del pozo a la rueda, WTW)

Igual que se obtiene del estudio de JEC WTW el valor de la energía del pozo a la rueda, se obtienen también las emisiones. Y del mismo modo en suceder para el valor de la energía, el método analiza los diferentes procesos productivos de los combustibles y la energía eléctrica, para tomar luego un valor seleccionado.

Del estudio del pozo a la rueda se obtienen los siguientes valores para los combustibles en estudio y la energía eléctrica.

Comparativa de emisiones totales en kgCO ₂ e/100 km							
Nafta		Diesel		GNC		Eléctrico	
Simplificado 22,8	JEC 2015 NEDC 15,7	Simplificado 20,9	JEC 2015 NEDC 13,5	Simplificado (No calculado)	JEC 2015 NEDC 12,7	Simplificado 8,9	JEC NEDC BEV 150 km 2015 5
	JEC 2025+WLTP 12,8		JEC 2025+WLTP 12,1		JEC 2025+WLTP 10		JEC WLTP BEV 200 km 2025 3,5
							JEC WLTP BEV 400 km 2025 4

*Tabla Anexo 2-16 Emisiones totales JEC WTW y comparación con las emisiones totales obtenidos por el método simplificado. -
Elaboración propia*

Acrónimos y abreviaturas

3T: Tercer tercio

ADEERA: Asociación de distribuidores de Energía Eléctrica de la República Argentina

ADEFA: asociación de Fabricantes de Automotores

AFIP: Agencia Federal de Ingresos Públicos

AITA: Asociación de Ingenieros y Técnicos del Automotor

BEV: (Battery Electric Vehicle), vehículo eléctrico a batería

BNA: Banco de la Nación Argentina

CA (AC): Corriente Alterna

CAE: Costo Anual Equivalente

CAPEX: Costo de capital

CC (DC): Corriente Continua

CE: comunidad europea

CECHA: Confederación de Entidades del Comercio de Hidrocarburos y Afines de la República Argentina

CIDOA: Cámara de importadores y distribuidores oficiales de automotores en Argentina.

CMNUCC: Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático

CONCAWE: División de la Asociación Europea de Refinerías de Petróleo

COP: Conferencia de partes

COPERT: (Calculate Emissions for Road Transport) Calculadora de Emisiones del Transporte Terrestre

DAPSA: Destilería Argentina de Petróleo Sociedad Anónima

DISI: (Direct Injection Spark Ignition) Inyección directa y encendido por chispa

DICI: (Direct Injection Compression Ignition) Inyección directa y encendido por detonación

ECE: (European Commision on Economics) Comisión Económica Europea

EDENOR: Empresa Distribuidora de Energía Norte

EDESUR: Empresa Distribuidora de Energía Sur

EEA: (European Environmental Agency) Agencia Europea para el Medio Ambiente

ENRE: Ente Nacional Regulador de la Energía

EPA: (Environmental Protection Agency) Agencia de Protección Ambiental

EUROCAR: Consejo Europeo Automotriz para la Investigación y Desarrollo

FOINCAR: Fondo de Incentivo para la Carga Rápida

GEI: Gases de Efecto Invernadero

GiPA: Evaluación Global de Perspectivas de Inversión

GNC: Gas natural comprimido

GO: Gasoil

HV: (High Voltage) Alta Tensión

IDC: Impuesto al Dióxido de Carbono

IEC: (International Electrotechnical Commission) Comisión Electrotécnica Internacional

INDEC: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos

IPCC: (Intergovernmental Pannel of Climate Change) Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático

IRAM: Instituto Argentino de Normalización y Certificación
 ITCL: Impuesto a la transferencia de Combustibles Líquidos
 JRC: (Joint Common Research) Centro Común de investigación de la Unión Europea
 MO: Mano de Obra
 MOVES: (Motor Vehicle Emissions Simulator), Simulador de Emisiones de Vehículos Motor
 NEDC: (New European Driving Cycle) – Nuevo ciclo de conducción europeo
 OMS / WHO: Organización Mundial de la Salud
 OPESSA: Operadores de Estaciones de Servicio Sociedad Anónima
 OPEX: Costo de Operación
 PCI: Poder Calorífico Inferior
 PMC: Potencial de calentamiento mundial
 RPM: Revoluciones Por Minuto
 SGAYDS: Secretaria general de ambiente y desarrollo sustentable
 SOC: (State of Charge) Estado de Carga (de una batería)
 SSHC: Sub Secretaría de Hidrocarburos
 T1; T2; T2: Segmentación del cuadro tarifario de EDENOR. Tarifa 1, Tarifa 2, Tarifa 3
 TAD: Plataforma de Trámites a Distancia
 TCO: (Total Cost of Ownership) Costo Total de Propiedad
 TELAM: Agencia Nacional de Noticias de Argentina
 TIR: Tasa Interna de Retorno
 TTW: (Tank to Wheel) del tanque a la rueda
 UNFCCC: (United Nations Framework Convention on Climate Change) Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático
 VAN: Valor Actual Neto
 VCA: Volt Corriente alterna
 VCC: Volt Corriente Continua
 WLTP: (World Harmonized Light Vehicles Test Procedure) – Procedimiento de Ensayos Armonizado Mundial para Vehículos Ligeros.
 WTT: (Well to Tank) Del Pozo al Tanque
 WTW: (Well to Wheel) del pozo a la rueda
 YPF: Yacimientos Petrolíferos Fiscales

Reuniones y entrevistas

Reuniones varias con funcionarios de ADEFA y sus empresas asociadas
 Reuniones varias con funcionarios de CIDOA y sus empresas asociadas
 Reuniones varias con funcionarios de CECHA
 Reuniones varias con funcionarios de YPF
 Reuniones varias con ex funcionarios de la Subsecretaría de Hidrocarburos
 Reuniones varias con ADEERA y las distribuidoras asociadas

Entrevistas con operadores de estaciones de servicio

Entrevistas con propietarios y operadores de flotas de vehículos eléctricos

Bibliografía del trabajo

- Adhikari, M., Ghimire, L., Kim, Y., Aryal, A., & Khadka, K. (2020). Identification and Analysis of Barriers against Electric. *Sustainability*.
- Asociacion Electrotécnica Argentina. (2018). AEA 90364 Reglamentacion para la ejecucion de instalaciones electricas en inmuebles. *AEA 90364-7-722*. Argentina.
- Burnham, A., Gohlke, D., Rush, L., Stephens, T., Delucchi, M., Birky, A., . . . Lin, Z. (2021). *Comprehensive Total Cost of Ownership Quantification for Vehicles with Different Size Classes and Powertrains*. Argonne National Lab. (ANL), Argonne, IL (United States). doi:doi:10.2172/1780970
- Chau, K. (2014). Pure electric vehicles. En K. Chau, & R. Folkson (Ed.), *Alternative Fuels and Advanced Vehicle Technologies for Improved Environmental Performance* (págs. 655-684). Woodhead Publishing Limited.
- (2021). *Emissions Gap Report 2021: The Heat Is On – A World of Climate Promises Not Yet Delivered*. Nairobi. Obtenido de <https://www.unep.org/emissions-gap-report-2021>
- Engel, H., Hensley, R., Knupfer, S., & Sahdev, S. (October de 2018). Charging ahead: Electric Vehicle Infrastructure demand. McKinsey Center for future mobility .
- Falchetta, G., & Noussan, M. (2021). Electric vehicle charging network in Europe: An accessibility and deployment trends analysis. *Transportation Research Part D*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102813>
- FASTNED. (2021). *Investor Presentation*. Recuperado el 21 de 10 de 2021, de <https://presspage-production-content.s3.amazonaws.com/uploads/2519/2021investorpresentation-website-2.pdf?10000>
- Fitzgerald, G., & Nelder, C. (2017). *EVgo Fleet and Tariff Analysis*. Rocky Mountain Institute. Informe de empresa EVgo. Recuperado el 30 de 05 de 2021
- Flammini, M. G., Prettico, G., Julea, A., Fulli, G., Mazza, A., & Chicco, G. (2019). Statistical characterisation of the real transaction data gathered from electric vehicle charging stations. *Electric Power Systems Research*, 136-150. doi:<https://doi.org/10.1016/j.epsr.2018.09.022>
- Funke, S. Á., Sprei, F., Gnann, T., & Plötz, P. (2019). How much charging infrastructure do electric vehicles need? A review of the evidence and international comparison. *Transportation Research Part D*, 224–242. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.10.024>
- Gnann, T., Funke, S., Jakobsson, N., Plötz, P., Sprei, F., & Bennehag, A. (2018). Fast charging infrastructure for electric vehicles: Today's situation and future needs. *Transportation Research Part D*, 314-319. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.03.004>

- Hardinghaus, M., Löcher, M., & Anderson, J. E. (2020). Real-world insights on public charging demand and infrastructure use. *Environmental Research Letters*, 15(10). doi:<https://doi.org/10.1088/1748-9326/aba716>
- Hardinghaus, M., Seidel, C., & Anderson, J. E. (2019). Estimating Public Charging Demand of Electric Vehicles. *sustainability*, 11(5925). doi:[doi:10.3390/su11215925](https://doi.org/10.3390/su11215925)
- Hauss, A., & Weingerl, P. (2020). *JEC Tank-To-Wheels report v5: Passenger cars*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. doi:[doi:10.2760/557004](https://doi.org/10.2760/557004), JRC117560.
- Huss, A., Mass, H., & Hass, H. (2014). *TANK-TO-WHEELS (TTW) R WHEELS (TTW) R WHEELS (TTW) REPORT VERSION VERSION4a, April 2014*. Luxemburgo: European Commission, Joint Research Centre, Institute for Energy and Transport. doi:[doi:10.2790/95839](https://doi.org/10.2790/95839)
- Ianneli, L., Prieto, R., & Gil, S. (2018). Los vehículos híbridos a gas (GNC). *Petrotécnica*, 3(3).
- Iglesias, R., Lago, A., Nogueiras, A., Martínez-Peñalver, C., Marcos, J., Quintans, C., . . . Valdés, M. (2012). Modeado y simulacion de una bateria de ion-litio comercial multicelda. *Seminario Anual de Automática, Electrónica Industrial e Instrumentación (SAAEI 2012)*. Vigo.
- Kostopoulos, E., Spyropoulos, G., & Kaldellis, J. (2019). *Real-world study for the optimal charging of electric vehicles*. Elsevier Ltd. doi:<https://doi.org/10.1016/j.egyr.2019.12.008>
- Krishna, G. (2021). Understanding and identifying barriers to electric vehicle adoption through. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trip.2021.100364>
- Levy, J., Riu, I., & Zoi, C. (2020). *The Costs of EV Fast Charging Infrastructure and Economic Benefits to Rapid Scale-Up*. Informe de la empresa EVgo. Recuperado el 23 de 05 de 2021
- Lorentzen, E., Haugneland, P., Bu, C., & Hauge, E. (2017). Charging infrastructure experiences in Norway - the worlds most advanced EV market. *EVS30 International Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium*. Stuttgart.
- Madina, C., Zamora, I., & EduardoZabala. (2016). Methodology for assessing electric vehicle charging infrastructure. *Energy Policy*, 284–293. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2015.12.007](https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.12.007)
- Marotta, A., Pavlovic, J., Ciuffo, B., Serra, S., & Fontaras, G. (2015). *Gaseous Emissions from Light-Duty Vehicles: Moving from NEDC to the New WLTP Test Procedure*. Ispra: European Commission-Joint Research Centre, Institute for Energy and Transport, Sustainable Transport Unit.
- Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H.-O., Roberts, D., Skea, J., & Shukla, P. (2019). *IPCC 2018: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Michael Nicholas, D. H. (2018). *Lesson learned on early electric vehicle fast-charging deployments*. International Council on Clean Transportation.

- Ministerio de Desarrollo Productivo de La Nación . (Octubre de 2021). *Argentina.gob*. Recuperado el 21 de 11 de 2021, de https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2021/10/movilidad_sustentable.pdf
- Muratori, M., Kontou, E., & Eichman, J. (2019). Electricity Rates for Electric Vehicle Direct Current Fast Charging in the U.S. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. doi:DOI: 10.1016/j.rser.2019.06.042
- Neaimeh, M., Salisbury, S. D., Hill, G. A., Blythe, P. T., Scoffield, D. R., & Francfort, J. E. (2017). Analysing the usage and evidencing the importance of fast chargers for. *Energy Policy*, 474-486. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2017.06.033
- OMS. (2021). *WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone,*. Ginebra: World Health Organization.
- Prussi, M. Y. (2020). *JEC Well-To-Wheels report v5*. Luxemburgo: Publications Office of the European Union. doi:10.2760/100379
- Prussi, M. Y. (2020). *JEC Well-To-Wheels report v5*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. doi:10.2760/100379,
- Rezvani, Z., Jansson, J., & Bodin, J. (2015). Advances in consumer electric vehicle adoption research: A review and research agenda. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 122-136. doi:https://doi.org/10.1016/j.trd.2014.10.010
- Saldaña, G., San Martín, J., Zamora, I., Asensio, F., & Oñederra, O. (2019). *Analysis of the Current Electric Battery Models for*. Energies. doi:https://doi.org/10.3390/en12142750
- Segrave, K. (2019). *The electric car in America, 1890-1922 - A Social History*. Jefferson, Carolina del Norte, Estados Unidos: McFarland.
- Serradilla, J., Wardle, J., Blythe, P., & Gibbon, J. (2017). An evidence-based approach for investment in rapid-charging infrastructure. *Energy Policy*, 514-524. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2017.04.007
- SGAyDS. (2019). *ercer Informe Bienal de Actualización de Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC)*.
- Sims Gallagher, K., Schilling, M., Mohr, J., & Tabors, R. (2015). *Overcoming Barriers to Electric-Vehicle*. Washington, DC: The National Academies Press. doi:https://doi.org/10.17226/18320.
- Smart, J., & Schey, S. (2012SAE). *Battery Electric Vehicle Driving and Charging Behavior Observed Early in The EV Project*. SAE. SAE International Journal of Alternative Powertrains. doi:DOI:10.4271/2012-01-0199
- Solomon, S. D. (2007). *Resumen Técnico. En: Cambios Climáticos 2007: Base Física de la Ciencia. Aportes del Grupo de Trabajo I al Cuarto*. Cambridge, Nueva York: Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York.
- Subsecretaría de Hidrocarburos y Combustibles. (28 de 10 de 2019). Disposición 283/2019. Argentina.

- Wolbertus, R., & van den Hoed, R. (2017). Charging station hogging: A data-driven analysis. *EVS30 International Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium*. Stuttgart.
- Wolbertus, R., van den Hoed, R., Kroesen, M., & Chours, C. (2021). Charging infrastructure roll-out strategies for large scale introduction of electric vehicles in urban areas: An agent-based simulation study. *Transportation Research Part A*, 265-285. doi:https://doi.org/10.1016/j.tra.2021.04.010
- Xydas, E., Marmaras, C., Cipcigan, L. M., Jenkins, N., Carroll, S., & Barker, M. (2016). A data-driven approach for characterising the charging demand of electric vehicles: A UK case study. *Applied Energy*, 763–771. doi:https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.10.151

Índice de tablas

Tabla 1-1 Factores de emisión de CO ₂ para diferentes combustibles. Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Volumen 2: Energía, Capítulo 3, Combustión móvil, Cuadro 3.2.1	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 1-2 Factores de emisión de CH ₄ y N ₂ O para diferentes combustibles. Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Volumen 2: Energía, Capítulo 3, Combustión móvil, Cuadro 3.2.2	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 1-3 Potenciales de calentamiento global de los principales GEI del transporte. IPCC-Grupo de trabajo I-SAR, 1995, pág. 22	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 1-4 - Combinaciones de tecnologías y combustibles a considerar – Elaboración propia	13
Tabla 1-5 - Importaciones totales de gasoil – Elaboración propia	20
Tabla 1-6 - Participación del gasoil grado 3 en las importaciones totales de gasoil – Elaboración propia ..	20
Tabla 2-1 Conectores para carga en corriente continua – Elaboración propia	37
Tabla 4-1 Precios de energía domiciliaria	49
Tabla 4-2 Precio combustibles y electricidad por cada 100 km – Elaboración propia	49
Tabla 4-3 - Equivalentes eléctricos de los combustibles – Elaboración propia	51
Tabla 4-4 Equivalente eléctrico de los combustibles y sus márgenes – Elaboración propia	51
Tabla 4-5 Energía eléctrica a despachar al precio del equivalente eléctrico para cada combustible Elaboración propia	52
Tabla 4-6 Utilización de cargadores extraído de la página web de FASTNED	52
Tabla 4-7 Diferencia en el Costo Anual Equivalente del uso de un vehículo convencional y uno eléctrico – Elaboración propia	55
Tabla 4-8 Diferencia de CAE entre un vehículo convencional y uno eléctrico variando la relación del costo y los kilómetros anuales – Elaboración propia	56

Tabla 4-9 Flujo de caja, VAN y TIR para un cargador que despacha 100 kWh diarios al precio del kWh del equivalente nafta – Elaboración propia	57
Tabla 4-10 Tabla ordenada de costos anuales de un cargador – Elaboración propia	58
Tabla 4-11 Flujo de caja, VAN y TIR para el despacho de 2,5 horas de servicio de recarga rápida diarios a razón de USD/hora 17,32 sin impuestos - Elaboración propia	61
Tabla 4-12 VAN y TIR para cada escenario - Elaboración propia	64
Tabla 5-1 - Ventas de combustibles líquidos según Secretaría de Energía - Elaboración propia	72
Tabla 5-2 - Corredores representativos entre ciudades argentinas, rutas principales y distancias - Elaboración propia	73
Tabla 5-3 - Destino de lo recaudado por ITCL e IDC según ley 23.966 y propuesta para ayudas del FOINCAR – Elaborado en base a la tabla de la Ley 23.966 agregando el punto h	74
Tabla 5-4 - Valores ITCL e IDC Según Resolución General AFIP 4.257	75
Tabla 5-5 - Comparación entre el ITCL e IDC a valores actuales y con el incremento del 1% - Elaboración propia	75
Tabla 5-6 - Recaudación anual del FOINCAR con el incremento del 1% en el ITCL e IDC, y asignándole el 1,03% según Tabla 5-7 - Elaboración propia	76
Tabla 5-8 Valores de CO2 equivalente según The GHG Calculation Tool	77
Tabla 5-9 Valor de la tonelada de CO2 equivalente según los valores de la ley 23966 y los decretos modificatorios - Elaboración propia	77
Tabla 5-11 Monto de las ayudas a 200 cargadores anuales aplicando los bonos de cargador en ruta y de potencia - Elaboración propia	82
Tabla 6-1 VAN y TIR a 5 y 10 años para escenario constante con y sin bonos - Elaboración propia	83
Tabla 6-2 VAN y TIR a 5 y 10 años para escenario pesimista con y sin bonos - Elaboración propia	84
Tabla 6-3 VAN y TIR a 5 y 10 años para escenario optimista con y sin bonos - Elaboración propia	84
Tabla 6-4 Variación de la TIR a 5 y 10 años variando el bono de cargador en ruta - Elaboración propia ...	85
Tabla 6-5 Valor actual de la ayuda en concepto de bono de potencia y su impacto sobre la TIR a 5 y 10 años - Elaboración propia	85
Tabla 6-6 Resultados para un operador que ingresa al sistema al 6 año, es decir, sin ayudas pero con mercado maduro - Elaboración propia	86
Tabla Anexo 2-1 Valores de consumo seleccionados para este trabajo - Elaboración propia	90
Tabla Anexo 2-2 - Análisis de los datos del sitio web oficial sobre consumo de combustible declarado por los fabricantes e importadores - Elaboración propia	91

Tabla Anexo 2-3 Normalización de los consumos directos de las distintas tecnologías en unidades energéticas, método simplificado - Elaboración propia.....	92
Tabla Anexo 2-4 Resultados de los consumos y emisiones para vehículos de combustión interna nafteros, gnc y diésel. según JEC Tank-To-Wheels report v5: Passenger cars 2020, página 30	96
Tabla Anexo 2-5 Resultados de los consumos y emisiones para vehículos de combustión interna nafteros, gnc y diésel. según JEC Tank-To-Wheels report v5: Passenger cars 2020, página 31	97
Tabla Anexo 2-6 Resultados de los consumos y emisiones para vehículos eléctricos según JEC Tank-To-Wheels report v5: Passenger cars 2020, página 31	97
Tabla Anexo 2-7 Resultados de los consumos y emisiones para vehículos eléctricos según JEC Tank-To-Wheels report v5: Passenger cars 2020, página 42	98
Tabla Anexo 2-8 Resumen comparativo de consumos directos por método simplificado y método JEC TTW 2020 - Elaboración propia	98
Tabla Anexo 2-9 Resumen comparativo de consumos directos por método simplificado y método JEC TTW 2020 - Elaboración propia	99
Tabla Anexo 2-10 Emisiones directas de las tecnologías por el método simplificado - Elaboración propia.....	100
Tabla Anexo 2-11 Comparación de emisiones directas por método simplificado y según JEC (TTW) - Elaboración propia	100
Tabla Anexo 2-12 Calculo de la energía eléctrica necesaria teniendo en cuenta las pérdidas y el rendimiento de la cadena eléctrica - Elaboración propia	102
Tabla Anexo 2-13 Energía del pozo a la rueda para los vehículos nafteros, diésel y eléctricos - Elaboración propia	102
Tabla Anexo 2-14 Consumos totales JEC WTW y comparación con los consumos totales obtenidos por el método simplificado - Elaboración propia	104
Tabla Anexo 2-15 Calculo de las emisiones de CO2 equivalente desde la producción de la energía	105
Tabla Anexo 2-16 Emisiones totales JEC WTW y comparación con las emisiones totales obtenidos por el método simplificado. - Elaboración propia	105

Índice de Gráficos

Gráfico 3-1 Costos de capital ordenados - Curva ABC – Elaboración propia	45
Gráfico 4-1 Comparación del precio del kWh domiciliario en Europa y de las redes Ionity y Fastned – Elaboración propia en base a Fastned, Ionity y EuroStats	54
Gráfico 4-2 Curva ABC de costos del cargador - Elaboración propia.....	58
Gráfico 4-3 Gráfico 4 4 (Michael Nicholas, 2018) la figura 6 de la página 9	62
Gráfico 4-4 Tres escenarios de variación de la utilización de los cargadores en 10 años - Elaboración propia.....	64

Gráfico Anexo 2-1 Grafico de emisiones y consumo según JEC Tank-To-Wheels report v5: Passenger cars 2020, página 4	96
Gráfico Anexo 2-2 Energia del pozo a la rueda para los vehículos nafteros, diésel y eléctricos	103
Gráfico Anexo 2-3 Extracto y ampliación del Grafico Anexo 2-2 para mostrar en detalle los datos de la Nafta, gasoil, GNC y electricidad.	104

Índice de ilustraciones

Ilustración 1-1 Entradas y salidas del proceso de combustión – Elaboración propia	11
Ilustración 1-2 Diagrama que muestra los límites y los métodos empleados para la evaluación de consumos y emisiones – Elaboración propia	14
Ilustración 2-1 Tecnologías de carga conductiva – Elaboración propia	29
Ilustración 2-2 Potencia en función del estado de carga de las baterías de vehículos típicos del mercado europeo. Fuente Fastned.	32
Ilustración 5-1 Régimen - Elaboración propia	67
Ilustración 5-2 - Extracto del organigrama de la Secretaría de Energia	70
Ilustración 5-3 Valores de dióxido de carbono según Banco Mundial	78
Ilustración 2-1 Resumen gráfico del análisis WTW y sus etapas WTT y TTW.....	94
Ilustración Anexo 2-1 Comparativa entre ciclo NEDC y WLTP (Marotta, Pavlovic, Ciuffo, Serra, & Fontaras, 2015)	95