

---

Ciudades Inclusivas, Sostenibles e Inteligentes (CISI)

---

# Menú de opciones de política pública para implementar la electromovilidad

---

Patricio Rozas Balbontín



NACIONES UNIDAS



cooperación  
alemana

DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

# Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL



Si desea recibir información oportuna sobre nuestros productos editoriales y actividades, le invitamos a registrarse. Podrá definir sus áreas de interés y acceder a nuestros productos en otros formatos.

 [www.cepal.org/es/publications](http://www.cepal.org/es/publications)

 [www.cepal.org/apps](http://www.cepal.org/apps)

# Menú de opciones de política pública para implementar la electromovilidad

Patricio Rozas Balbontín



NACIONES UNIDAS



cooperación  
alemana

DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Este documento fue preparado por Patricio Rozas Balbontín, Consultor de la Unidad de Financiamiento para el Desarrollo, División de Desarrollo Económico de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), en el marco del proyecto "Ciudades inclusivas, sostenibles e inteligentes en el marco de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible en América Latina y el Caribe", ejecutado por la CEPAL en conjunto con la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) y financiado por el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) de Alemania. El proyecto forma parte del programa de cooperación CEPAL/BMZ-GIZ.

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad del autor y pueden no coincidir con las de la Organización o las de los países que representa.

Publicación de las Naciones Unidas  
LC/TS.2022/76  
Distribución: L  
Copyright © Naciones Unidas, 2022  
Todos los derechos reservados  
Impreso en Naciones Unidas, Santiago  
S.22-00501

Esta publicación debe citarse como: P. Rozas Balbontín, "Menú de opciones de política pública para implementar la electromovilidad", *Documentos de Proyectos* (LC/TS.2022/76), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2022.

La autorización para reproducir total o parcialmente esta obra debe solicitarse a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), División de Documentos y Publicaciones, publicaciones.cepal@un.org. Los Estados Miembros de las Naciones Unidas y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Solo se les solicita que mencionen la fuente e informen a la CEPAL de tal reproducción.

## Índice

Introducción .....	5
I. Electromovilidad: algo más que una política de transporte .....	7
II. ¿Por qué un <i>toolkit</i> de electromovilidad? .....	9
III. ¿Por qué es necesario implementar la electromovilidad? .....	11
IV. Principales aspectos relevados por análisis de la electromovilidad en algunos países de América Latina. Caso de estudio de Costa Rica .....	13
V. <i>Toolkit</i> para impulsar electromovilidad.....	19
Bibliografía.....	25
<b>Cuadro</b>	
Cuadro 1 <i>Toolkit</i> de políticas para impulsar electromovilidad.....	19



## Introducción

América Latina y el Caribe tiene pendiente un enorme desafío que no ha sido enfrentado todavía con la debida responsabilidad, anticipación y eficiencia: la necesidad imperiosa de transformar el sistema de movilidad de personas y de bienes basado principalmente en vehículos impulsados por motores de combustión que ha predominado durante 100 años, debido al agotamiento progresivo de las reservas de petróleo a nivel mundial.

Es este un hecho objetivo e insoslayable que viene definiendo la discusión en los países desarrollados o de industrialización reciente sobre los modelos de conectividad urbana e interurbana que es necesario adoptar e implementar teniendo en consideración la realidad energética que se está instalando en el planeta, impactando directamente sobre los sistemas de transporte de cada país. Este factor —el agotamiento progresivo de las reservas de petróleo a nivel mundial— se suma a la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y el calentamiento global, principal externalidad del consumo de derivados del petróleo en la actividad industrial y el transporte de vehículos motorizados por combustión, que dio lugar a la formulación de políticas medioambientales en las últimas décadas en razón de las graves consecuencias sobre el planeta, la salud y la calidad de vida.

Algunos países de la región han (re)impulsado algunos modos de transporte público, tales como el metro, teleféricos y tranvías, además del modo ferroviario en el caso del transporte interurbano, pero constituyen medidas aisladas e insuficientes que no conforman un cambio radical de los modelos de conectividad urbana e interurbana que América Latina y el Caribe necesita con urgencia implementar. De hecho, solo muy pocos países de la región están haciendo un esfuerzo significativo para incorporar vehículos eléctricos a sus flotas de buses de transporte público.

Al respecto, es alarmante que la preocupación mayor de muchos de los gobiernos de los países de la región siga siendo responder a la creciente demanda de infraestructura vial asociada a la expansión incesante del parque automotor destinado al transporte privado, para lo cual se asignan cantidades cuantiosas de recursos públicos a la construcción de carreteras y autopistas urbanas. En este sentido, las políticas de infraestructura de transporte implementadas no solo no están abordando el problema

central del agotamiento del modelo de conectividad basado en el consumo de combustibles fósiles; muy por el contrario, están acelerando su colapso y renunciando a la función esencial que el Estado debe desarrollar en materia vial, esto es, garantizar el desplazamiento de bienes y personas en cumplimiento de la satisfacción de sus necesidades esenciales.

El presente documento ha sido pensado como una caja de herramientas (*tool-kit*) en materia de electromovilidad que se pone a disposición de tomadores de decisiones de políticas de conectividad en los países de la región y persigue un objetivo esencialmente práctico: proponer un conjunto de medidas de política conforme a los objetivos generales y específicos que la acción del Estado debe procurar alcanzar para hacer frente al proceso de agotamiento del modelo de conectividad basado en el consumo de combustibles fósiles. Desde luego, se asume que la realidad de los países latinoamericanos y caribeños puede ser muy distinta en sus dimensiones, problemas, posibilidades y grados de avance, debido a lo cual el *tool-kit* propuesto debería emplearse de acuerdo con las circunstancias específicas de cada país y diferentes temporalidades.

En línea con varios de los trabajos preparados precedentemente en la CEPAL (v.gr. Rozas, Jaimurzina y Pérez; 2015; Adamson, Cipoletta y Pérez, 2022) se ha procurado diseñar esta caja de herramientas en materia de electromovilidad teniendo en consideración dos aspectos esenciales en la formulación de las políticas de infraestructura y transporte: la transversalidad de las políticas (en el sentido que la conectividad no involucra únicamente temas de transporte) y la sostenibilidad económica y ambiental. Su diseño aborda, por lo tanto, un conjunto de problemas que inciden en la capacidad de un país para definir e implementar una política de conectividad eficiente, sostenible e integrada, abarcando aspectos tales como deficiencias institucionales en la evaluación de los proyectos de inversión y asignación de recursos públicos; tratamiento de las fallas de mercado y conflictos de competencia en mercados relevantes; desarrollo de mercados e instrumentos financieros; definición y ejecución de una política energética compatible con la electromovilidad, así como de un marco e institucionalidad regulatoria adecuada; y apoyo a las actividades de innovación tecnológica y de inversión privada, entre otros aspectos relevantes.



## I. Electromovilidad: algo más que una política de transporte

El vertiginoso desarrollo de la electromovilidad en las décadas más recientes está lejos de ser únicamente una política de transporte, aun cuando está teniendo un efecto mayúsculo en el desplazamiento de las personas en los espacios urbanos y en los asentamientos de las personas en el territorio. Es, por cierto, también una política urbanística y ambiental que condiciona, cada día con más fuerza, el ordenamiento territorial, especialmente en aquellas ciudades que se expandieron sin orden ni ley, guiadas solo por criterios de mercado, lo que derivó en importantes distorsiones en el acceso a bienes públicos esenciales de la población. De esta manera, la electromovilidad tiene incidencia en un conjunto de aspectos que se relacionan con la calidad de vida de las personas (transporte, salud, educación, empleo, seguridad vial, entre otros), el desarrollo económico y social, y la competitividad territorial y de los agentes económicos. Por esta razón, el diseño de una política de electromovilidad exige un enfoque multisectorial e integrado.

En consecuencia, desde el punto de vista del bienestar general de la sociedad, tanto en términos económicos como sociales y ambientales, la implementación de la electromovilidad requiere potenciar el objetivo principal con políticas específicas en otras áreas y asignaciones eficientes de recursos. Ha de tenerse en cuenta, sin embargo, que debido a la presencia de externalidades y fallas del mercado, este último no logra por sí solo que las respectivas asignaciones se hagan eficientemente. De hecho, una relevante variedad de los procesos económicos asociados al uso de recursos naturales y/o a la calidad ambiental presentan diversas fallas de mercado y externalidades que afectan la calidad de las políticas públicas y a los resultados esperados.

Esto quiere decir, más específicamente, que desde el punto de vista del bienestar general, no es suficiente evaluar únicamente la rentabilidad financiera (privada) de los proyectos de inversión en electromovilidad, omitiéndose la existencia de externalidades o fallas de mercado —por ejemplo, procesos asimétricos de información, abuso de posición dominante, entre otras—, debiéndose asumir que la evaluación financiera no considera la totalidad de los costos y beneficios para la sociedad que resultan de la implementación del proceso de electrificación de los modos de transporte.

En particular, en el caso del recambio de autobuses de diésel por buses eléctricos, se prevé una variedad de beneficios económicos bajo la forma de externalidades positivas. Estas ameritan ser consideradas con el objeto de lograr una evaluación económica más integral de la incorporación de esa tecnología.

Por cierto, no realizar dicha incorporación en el análisis puede conducir a conclusiones y decisiones erróneas, y resolver, por ejemplo, que ese remplazo no es viable porque la evaluación financiera indica que no es rentable; y de ahí extrapolar que no es conveniente impulsar la actividad, a través de, por ejemplo, líneas de financiamiento para fortalecer su evolución y con ello el desarrollo. Un ejemplo de esta internalización se encuentra en el financiamiento de programas a través de bancos de desarrollo, banca de segundo piso, u otras políticas relacionadas al pago por servicios ambientales.

Sin duda alguna, el Análisis Beneficio Costo económico (ABC económico) ofrece información mucho más completa para evaluar la conveniencia en términos de bienestar de la asignación de recursos y el nivel de eficiencia económica. Esta herramienta utiliza valores estimados de precios sombra (de eficiencia), o precios sociales, como se denomina en economía, la cual emplea la mayoría de los Sistemas Nacionales de Inversión Pública (SNIP) de los países de América Latina y el Caribe.

Al utilizarse valores estimados de factores de corrección de precios de mercado e incorporar valores estimados a partir de precios sombra, es posible estimar beneficios económicos por reducción de GEI, beneficios por el ahorro de divisas, costos económicos por material particulado evitado en la combustión de diésel y otras emisiones, entre otros factores.

En caso de que la evaluación financiera muestre un Valor Presente Neto (VPN) negativo, pero la evaluación económica arroje indicadores positivos, se presenta el desafío de lograr diseñar y establecer políticas e instrumentos económicos que permitan internalizar las externalidades positivas en la actividad de transporte eléctrico concesionado, y con ello potenciar su sostenibilidad financiera.

## II. ¿Por qué un *toolkit* de electromovilidad?

En la elaboración de una caja de herramientas (*tool-kit*) para implementar una política de electromovilidad en los términos definidos (eficiencia, sostenibilidad e integración), se ha realizado un importante esfuerzo por contextualizar los parámetros que permiten evaluar los proyectos de inversión en electromovilidad con el método de Costo Total de Propiedad (TCO, por sus siglas en inglés) a nivel privado, y también a nivel económico, tanto los que refiere a los modos de transporte como a la infraestructura que estos requieren para su desarrollo, para lo cual se han seguido con especial atención las experiencias más relevantes en los países de la región.

Junto con identificar los factores determinantes de las metodologías de valoración financiera y económica que podrían estar afectando los resultados de inversión, como son las tasas de descuento y consideraciones de largo plazo sobre los precios, también se procedió a identificar los diversos problemas que es necesario enfrentar y resolver en la implementación de una política de electromovilidad. Esto se corresponde, ciertamente, con la necesidad de desarrollar un instrumento de análisis y de ejecución de política pública multisectorial integrada de la electromovilidad orientada a desarrollar un nuevo modelo de conectividad.

De esta manera, la caja de herramientas (*tool-kit*) diseñada (o propuesta) contiene un menú de instrumentos, medidas y políticas que podrían utilizarse para potenciar la internalización de los beneficios generados, y con ello lograr un mayor impulso al remplazo de autobuses diésel y, en general, un mayor desarrollo asociado al sector de transporte público de autobuses concesionado.

Con este propósito, el análisis de la incorporación de la tecnología eléctrica en el transporte público considera —en el marco del *tool-kit* que se propone— aspectos tales como particularidades técnicas de los buses eléctricos, costos asociados, elementos e implicaciones a nivel de estructuras y facilidades de servicios públicos, problemas regulatorios específicos de los servicios de transporte público, arreglos institucionales, marcos normativos, tendencias futuras, entre otros, permitiendo abarcar las distintas aristas de una manera más resumida, sencilla, comprensiva e integral.



### III. ¿Por qué es necesario implementar la electromovilidad?

La irrupción de la electromovilidad se produce en un momento clave del desarrollo del transporte urbano e interurbano de personas y bienes, cerrando probablemente un ciclo largo de poco más de un siglo de predominio del motor a combustión en el mundo. En este sentido, la electromovilidad está llamada a convertirse en una de las más importantes transformaciones tecnológicas de la era moderna, si tenemos en consideración los enormes cambios que generaron en su época las tecnologías introducidas a los modos de transporte, como lo fueron las máquinas a vapor y el motor a combustión.

De una parte, el aumento incesante del parque automotor y, muy especialmente, de los vehículos destinados al transporte privado, se tradujo en una demanda también creciente de combustibles fósiles que no son renovables. La percepción de la condición de escasez de un recurso que se agotará inevitablemente y la dependencia respecto de un cartel constituido por un selecto grupo de países productores de petróleo, tomador de precios, quedó al descubierto a mediados de la década de 1970, al desatarse el que fue denominado “shock del petróleo”, que puso término a la disponibilidad de combustibles a bajos precios y a la despreocupación por el consumo. Desde entonces, gobiernos y empresas automotrices intensificaron esfuerzos para desarrollar fuentes alternativas de movilidad y de generación de energía, así como de uso más eficiente de los recursos energéticos derivados del petróleo.

De otra parte, diversas circunstancias asociadas al calentamiento global del planeta y al fenómeno del Cambio Climático, principalmente desastres naturales, indujeron a que buena parte de los países decidieran actuar sobre sus factores causantes, entre estos el transporte automotor por combustión. Éste contribuye con casi una cuarta parte (23%) a las actuales emisiones globales de gases efecto invernadero (GEI) relacionados con la energía y presenta un crecimiento más rápido que cualquier otra actividad o sector de uso final de energía. Al respecto, en la Declaración del denominado Acuerdo de París, se indicó que de no actuar, las emisiones de GEI del transporte aumentarán en un 20% para el año 2030 y cerca del 50% para el año 2050.

En este contexto y según lo declarado en el Acuerdo de París, los países consideraron al desarrollo de la electromovilidad como fundamental para disminuir las emisiones del transporte. Más específicamente, se plantearon como objetivo que al menos el 20% de todos los vehículos por carretera de todo el mundo sean impulsados eléctricamente para el año 2030.

Al iniciarse la década de 2010, la electromovilidad da un salto cualitativo en su desarrollo debido a los avances en las tecnologías de baterías de iones de litio (*lithium-ion battery*), que disminuyeron considerablemente el costo de fabricación (ICCT, 2018). El efecto directo de este avance tecnológico fue el aumento de competitividad de los vehículos eléctricos respecto de los vehículos de combustión interna, lo que ha permitido su rápida expansión en varios mercados, principalmente países desarrollados, esperándose que los vehículos eléctricos representen el 35% de las ventas de vehículos globales en el año 2030 (García, 2019).

Entre las ventajas derivadas de la expansión producida en estos últimos diez años, se indica que ésta contribuye a descarbonizar la matriz energética, mejorar la eficiencia energética, y reducir las emisiones locales y globales al eliminar el uso de combustibles fósiles.

La incidencia del transporte automotor en las emisiones totales tiende a ser mayor en América Latina y el Caribe respecto de los países desarrollados agrupados en la OCDE, lo que dice relación con las diferencias en calidad, años de uso y nivel de conservación de los vehículos de los parques automotores respectivos. Esto implica que la necesidad de construir una política pública de transporte sostenible en los países latinoamericanos es más urgente y más desafiante en comparación con los países de la OCDE. Según datos del World Resources Institute (WRI), el 34% de las emisiones totales de los países de América Latina y el Caribe corresponde a emisiones generadas por actividades de transporte, *vis-à-vis* el 28% en los países miembros de la OCDE. Esto indicaría que en los países de América Latina y el Caribe el sector transporte es mucho más intensivo en emisión de CO<sub>2</sub>, superando en 30% a lo registrado en Estados Unidos y en 80% a los países de la OCDE (BID, 2018).

La transformación del sistema de transporte en curso no solo requiere sustituir el parque de vehículos con motor de combustión por vehículos eléctricos. La Agencia Internacional de Energía (IEA por sus siglas en inglés) ha indicado que este proceso requiere asimismo una infraestructura de carga de vehículos adecuada, y junto a esto abordar aspectos técnicos, regulatorios y de modelos de negocios para fomentar un ecosistema de vehículos eléctricos confiables en un país (IEA, 2018).

Considerando lo anteriormente planteado, el presente documento pretende abordar la electromovilidad desde un enfoque conceptual y práctico para precisar las condiciones y requisitos que se demandan para lograr que dicho proceso se materialice de la manera más eficiente posible.

## **IV. Principales aspectos relevados por análisis de la electromovilidad en algunos países de América Latina. Caso de estudio de Costa Rica**

Varios de los análisis y estudios consultados sobre la electromovilidad en América Latina y su desarrollo, permitieron establecer que la rentabilidad o viabilidad financiera del proyecto de sustitución de los buses depende de un conjunto de condiciones y parámetros, los cuales a su vez están determinados en diferentes mercados y contextos globales. Así, por ejemplo, tienen incidencia el diferencial registrado en la inversión asociada a la adquisición de las unidades, el precio del diésel, el costo de la electricidad y el costo de la batería. Pero también la rentabilidad del proyecto está condicionada por factores e instrumentos del mercado financiero interno, y por la metodología y parámetros autorizados por el ente regulador en la estructura tarifaria. Así, por ejemplo, destacan las condiciones de la concesión, la variación de los costos operativos permitidos, la tasa de depreciación concedida y la rentabilidad por inversión en capital fijo, por citar algunos.

La rentabilidad del proyecto también ha dependido, en alguna medida, del grado de internalización de las externalidades positivas admisible por las políticas ambientales; en otras palabras, la rentabilidad del proyecto también podría depender de la posibilidad de captura por las empresas concesionarias de los beneficios económicos generados por el remplazo de los buses con motores diésel por e-buses. Al respecto, la normativa regulatoria suele indicar que debe velarse porque la prestación del servicio sea al costo.

Un estudio especialmente relevante ha sido el desarrollado por la CEPAL sobre la electromovilidad en Costa Rica (Adamson, Cipoletta y Pérez, 2022), sobre el cual se basa y resume esta sección, el que siguió una metodología de valoración en línea con la establecida por la Unión Europea (2014). En primer lugar, se procedió a revisar la viabilidad financiera del proyecto, es decir, si los indicadores muestran que el proyecto es financieramente rentable en términos privados. De esta

manera, la factibilidad de la obtención de ganancias constituye el incentivo básico para establecer su viabilidad. De no ser financieramente rentable, el proyecto no será suficientemente atractivo para sus eventuales operadores privados (a no ser que se compense vía subsidio la rentabilidad deseada que no es generada por la concesión), siendo necesario evaluar la rentabilidad económica del proyecto a precios sociales, es decir, a nivel de la sociedad en su conjunto o de la economía como un todo, además de considerar la ejecución de políticas públicas para su estímulo. En este caso, el análisis de beneficio costo económico (ABC) utilizó los precios sociales y otros valores para medir la reducción de las emisiones, definida como beneficio económico derivado del menor daño en salud resultante de las menores emisiones de CO<sub>2</sub> y de material particulado, entre otros.

En virtud de ser el transporte público un servicio regulado por el Estado, se analizó el efecto incremental en los ingresos de las empresas concesionarias generado por la incorporación progresiva de los autobuses eléctricos a la flota del sistema, determinando cómo varía la rentabilidad financiera de la actividad a la vista de un concesionario.

Para el análisis financiero bajo el método TCO se consideraron las diferencias de costos de adquisición (CAPEX) y de costos operativos (OPEX) de cada opción tecnológica, así como los costos de financiamiento. El periodo de análisis que se contempló tiene un horizonte a 15 años, lo que coincide con la vida útil de dos baterías eléctricas y los plazos de vida útil, depreciación y rentabilidad permitidos en metodologías tarifarias (según reglas tipo 2). El método empleado (TCO) asume que al introducirse una variación tecnológica en la producción —en este caso, la prestación del servicio—, los ingresos no varían. Ese supuesto permite concentrar el análisis en la variación de costos y en los ahorros asociados resultantes de la modificación tecnológica. El análisis está referido a un actor del mercado que no es tomador de precios, razón por la cual no controla o tiene injerencia sobre los precios y, por lo tanto, su decisión de invertir pasa por determinar únicamente si el ahorro en costos justifica o no la inversión a realizar.

Los resultados muestran que debido a la importancia relativa de precios entre el bus de diésel y eléctrico, la diferencia de flujos (con una tasa extrema inferior de cero) asciende a más de 90.000 dólares. A partir de ese monto, dicha diferencia financiera varía según la tasa de descuento. Lo anterior sugiere que las condiciones del mercado y los instrumentos financieros son altamente relevantes en la introducción de buses eléctricos. En ese sentido, este estudio detectó que el mercado financiero local carece de una oferta suficientemente adecuada de instrumentos financieros para la compra de buses eléctricos debido a un conjunto de factores que influyen sobre la decisión de invertir: la incertidumbre asociada a la sectorización del transporte público urbano (ordenamiento de las rutas de autobuses, considerando troncales, intersectoriales, de alimentación, y distribuidoras urbanas), la renovación de concesiones, el carácter oligopólico del sector financiero nacional, la entrada en vigor del recambio a buses eléctricos y la práctica arraigada en los empresarios de autofinanciarse y hacer cada vez más vertical la organización empresarial en la operación de las rutas concesionadas mediante la creación de empresas y/o consorcios proveedoras de equipos, repuestos o financiamiento.

De acuerdo con el enfoque del TCO, los indicadores de rentabilidad financiera pusieron en evidencia la dificultad de las empresas concesionarias para recuperar la diferencia del mayor precio de los buses eléctricos respecto a los de diésel. Lo anterior, como se indicó, debido a las tasas de interés y rentabilidad autorizada por la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP).

Asimismo, el estudio permitió constatar que el valor final de los indicadores de rentabilidad privada depende del kilometraje de cada ruta, amén de otros factores. Por ejemplo, en el caso de buses autofinanciados y con tasas de descuento iguales a cero, el VAN residual resulta negativo en apenas -19 mil dólares, lo cual destaca la relevancia de la tasa de interés y de la rentabilidad permitida. Los resultados del desempeño financiero están afectados por varios factores, a saber: el kilometraje específico de la ruta, la dinámica seguida por el precio del petróleo y del diésel, la tasa de descuento utilizada, el diferencial de costos de los buses, plazos y tasas aplicadas a saldos de deudas, las que



pueden incluso generar pagos mayores a los consumos de electricidad. También ha de considerarse los beneficios obtenidos por algunos países, como Colombia y Chile, que han logrado consolidar compras de cientos de unidades de buses eléctricos, obteniendo importantes descuentos por cantidad. En el caso de otros países, si se lograra consolidar las compras de buses eléctricos, a través de algún instrumento financiero especializado, se podría lograr beneficios en ese sentido.

El estudio además evaluó el impacto de la internalización de las externalidades positivas sobre la rentabilidad del proyecto, la que se lograría mediante políticas específicas y la aplicación *ad hoc* de herramientas e instrumentos económicos que las materialicen. Al respecto, en la medida que se reconozca que la electromovilidad genera externalidades positivas, sería congruente su internalización. En el caso del transporte público podría internalizarse la menor emisión de CO<sub>2</sub> que genera la sustitución de los buses con motores diésel por buses eléctricos.

El análisis beneficio costo económico (ABC) permite determinar si la inversión es o no es socialmente beneficiosa. Para esto se utilizan los precios sociales estimados por el Ministerio de Planificación y Política Económica (MIDEPLAN) de Costa Rica, y en los casos en los que el precio no está determinado, como es el caso de las emisiones de GEI, materias particuladas y el menor gasto en salud, los valores se estiman utilizando diversos parámetros.

Los resultados del ABC económico se inclinan a favor de la implementación de las tecnologías eléctricas, en tanto desembocan en una tasa interna de retorno positiva. Ello al considerarse en las estimaciones los precios sociales indicados por MIDEPLAN (2019), así como la internalización de externalidades según los precios referentes al costo social del carbono, los precios que estiman los daños de salud por gases contaminantes estimados por la EEA (2018) y el ruido, y los diferenciales presentados en la valoración privada.

Sin embargo, ha de considerarse que dicha tasa interna de retorno no es mayor a la tasa social de descuento. Esto deja entrever la ausencia de consideraciones sobre tasas de descuento en inversiones de largo plazo y de proyectos ambientales, lo que afecta negativamente los ahorros que podrían ser generados por la tecnología eléctrica, no captándose la importancia del creciente costo social del carbono y demás contaminantes.

El análisis de los resultados de las políticas de internalización de las externalidades indica que las compensaciones por menores emisiones deben reflejar los costos sociales sobre la población en tanto las compensaciones con precios bajos tienden a no generar grandes cambios en las estructuras de costos. Además, existe espacio para la coordinación entre las empresas concesionarias de manera que estas puedan realizar simultáneamente las órdenes de compra con el propósito de aprovechar o generar posibles economías de escala y, de esta manera, hacer más atractiva la inversión.

Una vez confirmada la viabilidad técnica de la electrificación del transporte público, se constató que la viabilidad financiera de la sustitución y renovación de los autobuses depende de las condiciones de la ruta, de la metodología tarifaria y de los rubros y parámetros que el regulador establece y reconoce. De esta manera, el aumento de los costos —impulsado por mayores costos por depreciación y rentabilidad, causados por un mayor valor tarifario de los buses eléctricos— se refleja en una tarifa más alta para el usuario, lo que podría generar un efecto redistributivo regresivo según los deciles de ingreso en los que se encuentren los usuarios.

Los impactos sobre los ingresos de los usuarios podrían mitigarse mediante las políticas de internalización y regulación, algunas de las cuales fueron abordadas en el informe citado. Entre ellas, se destaca la importancia de revisar las exigencias técnicas para las unidades diésel importadas, así como la de disponer mejores instrumentos financieros con términos más laxos y la creación de mecanismos para pagos por servicios ambientales. La internalización permite que los aumentos tarifarios sean menores a pesar de que las unidades eléctricas sean bienes más onerosos (lo que implica mayor impacto en la tarifa y posibles efectos regresivos).

Es de particular relevancia incluir regulaciones sobre otros ingresos resultados por externalidades pecuniarias, tales como la generación de ingresos asociados al monopolio de operación de la ruta concesionada y/o, a la publicidad contratada. Lo anterior, junto con la internalización de emisiones, ejercería un factor compensatorio del impacto distributivo regresivo asociado a incrementos en las tarifas. El ejercicio realizado para verificar la diferencia en el aumento tarifario por una renovación de buses —según la tecnología— muestra que, a pesar que la incorporación de buses eléctricos a la flota no ha suscitado aumentos explosivos en la tarifa, y de que se requiere todavía incluir los beneficios brindados por la tecnología, los aumentos presentados por la sustitución de buses por buses eléctricos son mayores a los presentados por unidades diésel (asociado a mayores costos de rentabilidad y depreciación).

En relación con los encadenamientos productivos del sector y su aporte al Producto Interno Bruto del país, se encontró que el sector de transporte terrestre, en el que se inscribe el transporte público, ha venido intensificando sus encadenamientos, principalmente hacia adelante, pero no hacia atrás. De hecho, el transporte público, al ser mayoritariamente material importado, posee una relativa débil capacidad manufacturera o de transformación en el país, estando por debajo del promedio de vinculación hacia atrás. Al analizarse los encadenamientos, se constata que es un sector de bajo arrastre y concentrado. Estos resultados, sin embargo, pueden variar significativamente al incorporarse tecnología local de conversión de motores eléctricos en buses ya existentes (retrofit).

Su vinculación principal es con la demanda final que hacen los hogares. Esto sugiere que, de estimularse la incorporación de este tipo de buses (eléctricos importados), se generaría un crecimiento relativamente limitado en la demanda de insumos de los otros sectores locales. Esto obedecería esencialmente al hecho de tratarse de una importación de bienes de capital asociada a la producción de un servicio prestado a la demanda final, lo que limita la capacidad de generación de valor agregado o PIB de este y otros sectores.

En relación al impacto de la sustitución progresiva de los autobuses convencionales sobre el empleo, el informe señala que las empresas de transporte público, cuando deben enfrentar una mayor demanda de sus servicios, tienden a incrementar los gastos salariales (por ejemplo, pagando horas adicionales) antes que a contratar más empleados. En consecuencia, el impacto esperado de la electrificación del transporte público sobre el empleo no es significativo. De todos modos, ha de considerarse que los cambios en el sector ofrecen una amplia oportunidad para incorporar trabajadoras, hasta ahora escasamente incorporadas en el transporte público concesionado.

Lo anterior sugiere una valiosa oportunidad de mejorar la balanza comercial que merece estudiarse, tanto a nivel de políticas e instrumentos económicos, como en relación a la estimación y evaluación de los beneficios y costos de una política conducente a la instalación de una industria de reconversión de autobuses, mediante la cual Costa Rica pudiera convertir autobuses con motores diésel en buses eléctricos renovados, cumpliendo los estándares de calidad que se requieran. Esto permitiría incorporar recursos humanos calificados, incluyendo mano de obra femenina, lo que va asociado a la creación de empleos de calidad y bien remunerados. Asimismo, impulsaría encadenamientos productivos hacia atrás, vinculando más fuertemente el transporte público con la industria de manufacturas. Esto no es un aspecto de menor importancia, en tanto esta relación podría ocasionar una disminución de las importaciones de equipo, en paralelo con la intensificación de la formación bruta de capital local y la disminución de las importaciones de autobuses con motores a diésel, generando en consecuencia un importante ahorro de divisas y potenciación del crecimiento endógeno local.

Al ritmo de sustitución instituido por la Ley N°. 9.518 (5% de la flota cada dos años), el país deberá utilizar autobuses con tecnología diésel por varias décadas más. Por esta razón conviene estudiar también a mayor profundidad, desde el punto de vista macro, financiero privado y económico, una política agroindustrial de producción y homogenización de biodiésel. Esta política podría sustentarse en

fuentes de materia prima locales (tempate y otros aceites vegetales, o aceites residuales), lo que permitiría integrar a las economías rurales agrícolas en la producción de bio-energéticos asociados al sector transporte, y fortalecer de esta manera la tercerización económica.

La evaluación financiera de la sustitución de los autobuses con motores de combustión por buses eléctricos indica que el mayor costo de las tecnologías eléctricas puede restar competitividad a una empresa que opere en un mercado en el que participan también, y de manera marcada, operadores con tecnologías diésel como ocurre en Costa Rica. En términos de su rentabilidad privada, el concesionario que presta el servicio mediante buses eléctricos será menos eficiente que sus competidores convencionales, dada su estructura y nivel de costos. Sin embargo, conforme el esquema regulatorio definido por la ARESEP, el sistema tarifario que rige para el transporte público costarricense permite al concesionario, al margen de la rentabilidad anual propia del negocio, recuperar adicionalmente la inversión realizada, lo que determina que la tecnología eléctrica sea viable y suficientemente atractiva en términos financieros para el concesionario que opera con buses eléctricos.

La electrificación del transporte público conllevaría diferentes beneficios y costos, tanto a nivel privado como económico. Al respecto, destacan como efectos relevantes de la incorporación progresiva de autobuses eléctricos los ahorros en consumo e importación de diésel, además de las ventajas de avanzar hacia un transporte público concesionado basado en energías renovables y con mejores facilidades para la carga en planteles, reduciendo así el recorrido improductivo de las unidades.

Otro aspecto que también tiene gran importancia en este proceso de electrificación del transporte público es el aumento en la demanda de energía eléctrica causada por el avance de la electrificación de la flota nacional. Para mantener la coherencia de las políticas públicas en materia de transporte, energía y medioambiente, se requiere que el nuevo sistema de transporte sea abastecido energéticamente mediante fuentes renovables, de producción nacional y apoyado en el desarrollo de una matriz energética baja en emisiones.

Es importante considerar si la concesión de las rutas de transporte público permite a los concesionarios la generación de economías de ámbito. Esto se refiere a la generación de ingresos en sus instalaciones de “parada y salida de buses” que no forman parte de la actividad económica principal (el transporte de pasajeros), tales como renta de alquileres, restaurantes, abarrotes, venta de comidas rápidas, comercio de bienes y servicios ofrecidos a los usuarios de transporte público, o bien, en relación con mercados privados asociados en actividades que no están reguladas. Estos últimos pueden constituir una fuente de ingresos adicionales derivados de la interacción de la concesión con la producción de bienes y servicios necesarios para la operación de las rutas, y que algunos operadores pueden estar cubriendo por la vía de la integración vertical de actividades, incluso a través de figuras jurídicas diferentes con contabilidades separadas: publicidad, repuestos, autobuses, combustibles, insumos variados, servicios de seguridad, alquileres y comercio variado. En este sentido, es recomendable realizar estudios que determinen si hay una situación de monopolios en cascada de los ingresos asociados, y/o si se está generando una concentración y reducción de la competencia o limitación de competencia (desleal) en otros mercados conectados al transporte público.

De existir situaciones como las descritas, se derivan rentas adicionales a las generadas en el giro principal del negocio que no están contempladas en el esquema regulatorio y tarifario aplicado, por lo tanto, son actividades complementarias cuyos precios son libres, no obstante su condición monopolística en mercados que, además, son cautivos y adheridos al negocio principal. En tanto estos ingresos no estén siendo reportados ni formando parte de la estructura de ingresos potenciales del concesionario en el proceso tarifario, se recomienda que estas se reporten como ingresos resultantes y ligados a la concesión de las rutas. Asimismo, debe revisarse la cuantía que los insumos, partes y servicios están siendo auto-abastecidos, amén de los precios de transferencia reportados, con el propósito de establecer si estos corresponden realmente a los precios de mercado y realizar las correcciones pertinentes en las tarifas si hubiera situaciones de sobreprecio.

Por las razones expuestas, también es recomendable definir una política sobre estos ingresos adicionales de las empresas concesionarias que no provienen del cobro de las tarifas estipuladas. Claramente, los ingresos y egresos de las unidades de negocios complementarios deberían ser considerados en el proceso tarifario del transporte público, evitando situaciones de sobrecostos y de fugas de ingresos de la actividad principal que distorsionan los verdaderos costos e ingresos de las empresas concesionarias. Una posibilidad es establecer que estos ingresos adicionales se reflejen, en alguna medida, en menores tarifas, como compensación por la externalidad positiva pecuniaria que sustenta rentas monopólicas adicionales asociadas a la concesión.

Otra recomendación importante se refiere a la necesidad de avanzar con la inclusión de mecanismos de internalización y ahorros asociados a las tecnologías eléctricas en la metodología tarifaria. De esta manera, las variaciones que se susciten en las tarifas por un mayor costo de la tecnología afectarán en menor medida a los usuarios. Por otra parte, se recomienda mayores esfuerzos para mejorar la calidad del aire de la ciudad, principalmente a través de mejores requerimientos técnicos sobre la energía utilizada y las respectivas emisiones de gases y partículas contaminantes.

La incursión en producción de biodiésel para suplir los requerimientos de la flota de buses es una opción que resulta atractiva, principalmente por la posibilidad de generar encadenamientos con el sector agropecuario del país. Por su parte, resultan necesarios requerimientos más estrictos sobre las tecnologías de buses diésel que se importan al país (varios países ya hicieron obligatoria la adquisición de buses con normas Euro VI). De esta manera se puede trazar una senda progresiva hacia un transporte cada vez más sostenible.

Por último, es muy necesario y conveniente que el regulador realice un seguimiento estricto y periódico a los componentes de depreciación y rentabilidad de la tarifa definida inicialmente. Esto con el propósito de evitar que las tarifas se mantengan irregularmente elevadas como resultado de la presión que puede ejercer el concesionario cuando renueva la flota de buses, y/o por no considerarse que los buses que la componen se van depreciando. En ambas situaciones se estaría realizando una transferencia injustificada de ingresos desde los usuarios de los buses hacia los concesionarios con sus impactos regresivos asociados.

## V. *Toolkit* para impulsar electromovilidad

**Cuadro 1**  
***Toolkit* de políticas para impulsar electromovilidad**

Problema	Objetivo general	Objetivos específicos	Acciones a implementar
Aumento incesante del parque automotor destinado al transporte privado	Desincentivar uso de automóviles privados con motores a combustión	Eliminación progresiva de automóviles privados con motores a combustión conforme a su antigüedad e impacto ambiental	Prohibición de uso de autobuses de cierta antigüedad y/o incumplimiento de estándar mínimo de calidad ambiental Desarrollar infraestructura que haga posible la integración de modos de transporte sostenible (co-modalidad/multimodalidad)
		Promoción de modos de transporte privado no motorizado	Creación de ciclovías e infraestructura asociada Creación de vías peatonales
		Encarecimiento y restricciones al uso de transporte privado con motores a combustión	Impuesto ambiental adicional al permiso de circulación anual de vehículos con motores a combustión Restricción a la circulación de vehículos de transporte privado con motores a combustión en zonas céntricas y/o en horarios punta Eliminación progresiva de estacionamientos de superficie en zonas céntricas
		Fortalecimiento de sistema sostenible de transporte público, integrado a modos de transporte complementarios de misma característica	Disponer en bases de licitación de rutas, plan de modernización de flota de autobuses sobre la base de antigüedad máxima y estándares mínimos de calidad
Expansión de la demanda de combustibles fósiles	Sustitución progresiva de modos de transporte, públicos y privados, que emplean motores a combustión y combustibles fósiles	Diversificación de matriz energética que sustenta actividades del transporte de carga y pasajeros, potenciando energías renovables no convencionales (ERNC)	Cierre programado de fuentes de energía basadas en combustibles fósiles Desarrollo de fuentes de energías renovables no convencionales

Problema	Objetivo general	Objetivos específicos	Acciones a implementar
Agotamiento inevitable de combustibles fósiles, proyectado hacia la mitad del siglo XXI	Dependencia creciente respecto de países productores de petróleo organizados como cartel tomador de precios	Creación de infraestructura de soporte de electromovilidad	Plan de instalación progresiva de cargadores de acceso público para vehículos eléctricos, complementarios a cargadores privados instalados en residencias y lugares de trabajo
		Sustitución progresiva de autobuses convencionales por autobuses eléctricos	Plan anualizado (10 años) de sustitución progresiva de autobuses convencionales por autobuses eléctricos
Calentamiento global del planeta – Cambios climáticos – Mayor frecuencia e intensidad de desastres naturales	Disminución de emisión de gases efecto invernadero (GEI) asociados al transporte y la generación de energía	Restricción progresiva a fuentes de emisión de GEI	Plan de restricción progresiva a fuentes de emisión de GEI conforme a acuerdos internacionales suscritos
		Disminución progresiva de participación del transporte en emisión de GEI	Restricción progresiva al desplazamiento en carretera de vehículos de carga y pasajeros con motores a combustión
Sistema de transporte público urbano ineficiente, intensivo en el uso de combustibles fósiles y responsable de parte importante de la emisión de GEI y de la contaminación producida por partículas en suspensión	Desarrollar un sistema de transporte público y movilidad compartida segura, que sea alimentado por energías limpias (sin emisiones) y eficiente, que desincentive el uso del automóvil particular	Diversificar matriz de sistema de transporte público urbano, impulsando el desarrollo de modos de transporte propulsados por electricidad o combustibles alternativos en conformidad con las características geofísicas y morfológicas de cada ciudad	Elaborar un Plan Estratégico de Electromovilidad concebido como política de Estado, que pueda ser aplicado durante varias administraciones con independencia del signo político de los gobiernos  Ejecutar estudios de factibilidad de modos de transporte que insumen electricidad, tales como metro, TRP, tranvías, teleféricos, funiculares y trolley, en conformidad con las características geofísicas y morfológicas de cada ciudad
		Desarrollar un sistema de transporte público urbano sustentable, multimodal e integrado, capaz de aprovechar las ventajas comparativas de cada modo	Reducir progresivamente tanto la antigüedad promedio y el porcentaje máximo de autobuses convencionales y vehículos complementarios (taxis y taxi-buses), incrementando los estándares de calidad de acuerdo con parámetros internacionales y tecnologías de punta disponibles  Ejecutar un plan de inversión en infraestructura vial de transporte urbano sustentable, multimodal e integrado (vías segregadas, vías exclusivas, estaciones multimodales)  Sectorizar rutas de buses del transporte público urbano, lo que podría disminuir el tamaño óptimo de la flota de autobuses
Transporte de carga a lo largo de la cadena logística es realizado, principalmente, por empresas de transporte que emplean camiones con motores diésel, responsables de emisiones de GEI y varias otras externalidades ambientales negativas	Desarrollar un sistema de transporte de carga eficiente, reduciendo su impacto ambiental al favorecer la adopción de modos de transporte y tecnologías con mejor eficiencia energética, y el empleo de vehículos motorizados que sean bajos en emisiones de carbono	Incorporar el sistema de transporte interurbano de carga en el diseño de un Plan Estratégico de Electromovilidad	Modernizar unidades motorizadas de transporte de carga, sustituyendo progresivamente los camiones con motores diésel convencionales por camiones eléctricos o con fuentes alternas
		Introducir la electromovilidad en la logística de carga pesada como negocio sostenible	
		Desarrollar y/o incrementar la participación del modo ferrocarril en la cadena logística con el propósito de aprovechar su menor costo operacional e impacto ambiental y de congestión del ferrocarril respecto de los camiones con motores diésel	Plan de ampliación y/o modernización de modo ferroviario para traslado interurbano de carga en rubros que el ferrocarril tenga ventajas comparativas sobre otros modos de transporte  Plan progresivo de creación y/o renovación de infraestructura ferroviaria

Problema	Objetivo general	Objetivos específicos	Acciones a implementar
		Generar ventajas de integración de la intermodalidad sobre la base de las ventajas de cada modo de transporte de carga	Plan de integración de los modos de transporte de carga según necesidades actuales y futuras de la actividad económica
Aumento sostenido de viajes interurbanos por razones laborales o de estudio, que se realizan en autobuses con motores diésel o en vehículos privados	Desarrollar un sistema de transporte interurbano de pasajeros con mejor eficiencia energética y mayor seguridad	Mejorar conectividad e integración territorial del país mediante el ferrocarril Mejorar conectividad e integración territorial de principales conurbaciones	Ampliar y/o modernizar modo ferroviario interurbano para traslado de pasajeros Desarrollar modo ferroviario suburbano para pasajeros en principales conurbaciones
La evaluación de proyectos de inversión acotada a criterios de rentabilidad financiera y económica no considera externalidades positivas y negativas, lo que puede alterar decisivamente la conveniencia o inconveniencia de su ejecución, restringiendo la toma de decisiones a miradas de corto plazo e insuficientes para una estrategia de desarrollo sustentable e integrada en términos sistémicos	Mejorar la evaluación de los proyectos de inversión en infraestructura de transporte y modos de transporte, incluyendo externalidades positivas y negativas generadas por la actividad	Mejorar la evaluación de los proyectos de inversión en infraestructura de transporte y modos de transporte, incluyendo externalidades positivas y negativa sobre la salud pública, la calidad de vida y la competitividad territorial	Considerar en la evaluación de proyectos de inversión relacionados con la incorporación de la tecnología eléctrica en el transporte público —electromovilidad— aspectos técnicos, costos asociados, elementos e implicaciones a nivel de estructuras y facilidades de servicios públicos, aspectos propios de la regulación, arreglos institucionales, marcos normativos, tendencias futuras, entre otros
La evaluación financiera de los proyectos de inversión no considera las fallas de mercado que suelen suscitarse en la industria de transporte público prestado por operadores privados regulados por el Estado, lo cual también incide negativamente en la determinación de los costos y beneficios para la sociedad que resultan de la implementación del proceso de electrificación versus conservación de los buses convencionales a combustión	Mejorar la eficiencia en la asignación de recursos desde la perspectiva de la sociedad en su conjunto	Mejorar evaluación de proyectos de inversión en infraestructura y de desarrollo de modos de transporte, incluyendo el impacto de fallas de mercado tales como: economías de alcance (o ámbito), asimetría de información y abuso de posición dominante en la rentabilidad efectiva de los proyectos en evaluación	Incluir en la evaluación de proyectos de inversión en infraestructura y de desarrollo de modos de transporte, el impacto de las economías de alcance (o ámbito), asimetría de información y abuso de posición dominante en la rentabilidad efectiva de los proyectos de inversión en evaluación
La falta de instrumentos financieros flexibles, que obstruye o dificulta la sustitución de la flota de autobuses convencionales, afecta significativamente la rentabilidad de los proyectos de electromovilidad debido a los altos costos financieros que los eventuales operadores deben cubrir si deciden su implementación	Incrementar los niveles de competencia del mercado financiero con el propósito de ampliar la oferta y diversidad de instrumentos financieros que sustenten los proyectos de electromovilidad en el transporte público, de modo de reducir los costos financieros de su implementación	Aumentar el número de oferentes y de instrumentos financieros destinados a solventar la sustitución de autobuses convencionales por autobuses eléctricos, vía el ingreso de nuevos agentes públicos o privados al mercado financiero automotriz	Crear y/o potenciar organismos públicos de fomento y desarrollo que desempeñen un papel de banca de segundo piso en el financiamiento de la electrificación del transporte público Creación de una empresa de leasing de propiedad estatal que centralice la adquisición de buses eléctricos en el exterior y haga posible su acceso a las empresas operadoras de transporte público

Problema	Objetivo general	Objetivos específicos	Acciones a implementar
Desinterés de la banca privada en participar en sustitución de vehículos motorizados a combustión por vehículos eléctricos	Incrementar los niveles de confianza y certeza del mercado financiero automotriz, especialmente en relación con la adquisición de autobuses destinados al transporte público	Promover visión de mediano y largo plazo en la banca privada sobre el desarrollo del mercado automotriz	Creación de una comisión de coordinación permanente con representantes de la banca, transporte público y del Estado, que genere los acuerdos necesarios para el desarrollo de la electromovilidad
		Generar mecanismos que formalicen e institucionalicen la acción empresarial del sector transporte	Promover el fortalecimiento y potenciación de las empresas de transporte público a cargo de las rutas concesionadas Creación de un seguro con garantía estatal para la concesión de créditos destinados a la financiación de la sustitución de autobuses convencionales por autobuses eléctricos
Inexistencia y/o insuficiencia de mecanismos de financiamiento que hagan posible la sustitución de taxis y taxi-buses convencionales por vehículos eléctricos	Impulsar la electrificación de los vehículos que prestan servicios privados de transporte de pasajeros en ámbitos urbanos	Crear y desarrollar instrumentos financieros destinados a solventar la sustitución de taxis y taxi-buses convencionales por vehículos eléctricos	Plan de renovación de taxis y taxi-buses financiado por el Estado en el marco de políticas sociales de apoyo al pequeño empresario Restricción progresiva al uso de vehículos convencionales en la prestación de servicios de transporte privado de pasajeros
Carencia de una política de electrificación de vehículos empleados por el Estado, pertenecientes al mismo, o contratados para el cumplimiento de sus tareas específicas en las diversas áreas de la gestión pública	Impulsar la electrificación de los vehículos que pertenecen a la administración pública o prestan servicios a la administración pública, tanto a nivel central como sectorial y territorial	Impulsar la electrificación de todos los vehículos pertenecientes a la administración pública, tanto a nivel central como sectorial y territorial, antes del 2030	Plan de renovación y sustitución de vehículos convencionales, pertenecientes a la administración pública, por vehículos eléctricos
		Disminución progresiva de vehículos con motores de combustión hasta su desaparición el 2030, pertenecientes a empresas que prestan servicios a la administración pública, tanto a nivel central como sectorial y territorial	Restricción progresiva a la contratación de servicios de transporte por parte del Estado a empresas que emplean vehículos con motores de combustión
Carencia o insuficiente desarrollo de políticas de innovación tecnológica orientadas a la búsqueda de combustibles alternativos que sustituyan a los combustibles fósiles	Disminución progresiva de la dependencia del transporte público y privado de los combustibles fósiles	Diversificar matriz energética relacionada con el sector transporte, sustentándolo en fuentes sostenibles Contribuir a mejorar la balanza comercial de países que no son productores de petróleo Alcanzar objetivos de descarbonización y generación de tecnologías alternas	Impulsar tecnologías alternativas tales como buses de hidrógeno, tecnologías híbridas, generación de biocombustibles y tecnologías diésel
Inexistencia o laxitud de marco normativo y regulatorio de la electromovilidad, lo que resiente la implementación de las transformaciones estructurales requeridas para el desarrollo de la electromovilidad en los sectores transporte, obras públicas, energía, medioambiente, industria de manufacturas y finanzas	Introducir mejoras a los marcos regulatorios y normativos de la industria automotriz en la dirección de desarrollar tecnologías de transporte más limpias y eficientes	Reducir las emisiones de GEI del sector transporte y contribuir a mitigar sus externalidades negativas	Establecer restricciones ambientales crecientes a la compraventa de vehículos nuevos con motores de combustión interna y a su circulación en espacios urbanos (China) Establecer cuota mínima y progresiva de vehículos eléctricos en las ventas de vehículos nuevos para uso privado Adoptar normativa de emisiones Euro VI aplicable a vehículos con motores de combustión interna Eliminación progresiva de beneficios tributarios (declaración de impuestos basada en una renta presunta) y subsidios (devolución de impuesto a los combustibles, subsidio cruzado en peajes) a empresas de transporte que emplean vehículos con motores a combustión en el desempeño de sus actividades Establecer metas porcentuales progresivas en la sustitución de vehículos con motores de combustión interna por vehículos eléctricos en servicios de transporte público urbano (autobuses, taxis y taxi-buses), vehículos institucionales, vehículos de transporte de carga y vehículos privados



Problema	Objetivo general	Objetivos específicos	Acciones a implementar
Información imprecisa o inexistente, por parte del Gobierno y autoridades locales, acerca de las características de la flota de autobuses que presta actualmente el servicio de transporte urbano en las principales ciudades del país	Mejorar las especificaciones sobre los porcentajes de flotas que deben ser cambiados y precisar los factores a considerar, de manera de hacer el proceso más estable y acorde a las necesidades ambientales y mejor encaminado a la electrificación total del parque de autobuses	Especificar los porcentajes de flotas que deben ser cambiados a través del tiempo, en conformidad a las características de cada flota de autobuses	Mantener información actualizada sobre los requerimientos asociados a la sustitución de buses con motores diésel
		<p>Compilar información relativa a factores tales como antigüedad de los vehículos, tamaño de la flota, demanda, porcentaje de operación en sobreuso y cantidad de viajes por bus en las rutas asignadas</p> <p>Aumentar la capacidad de generación del sistema eléctrico (potencia) conforme a los nuevos niveles máximos de demanda de manera de evitar comprometer el suministro</p>	<p>Crear base de datos actualizados sobre los aspectos mencionados (antigüedad de los vehículos, tamaño de la flota, demanda, porcentaje de operación en sobreuso y cantidad de viajes por bus en las rutas asignadas)</p>
Crecimiento de la demanda de energía eléctrica resultante del desarrollo progresivo de la electromovilidad	Dar sustentabilidad al desarrollo de la electromovilidad	Disponer de seguimiento prolijo del avance de la electromovilidad, con el propósito de no comprometer el suministro de energía eléctrica a la población (o a parte de ella), y/o a actividades productivas	Plan de expansión de la capacidad de generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables, incluyendo las fuentes no convencionales, teniendo en consideración la probable evolución de la demanda en el mediano y largo plazo
		<p>Ajustar ritmo de expansión de la electromovilidad a la capacidad de generación que el sistema eléctrico vaya desarrollando</p>	Promover y desarrollar el uso de biocombustibles durante la transición de una movilidad basada en combustibles fósiles a otra basada en la electricidad
Alto costo de los autobuses eléctricos vis-à-vis los autobuses convencionales con motores de combustión interna	Transparentar los costos totales de los autobuses de ambas tecnologías, desde el punto de vista país, en la toma de decisiones	Poner en valor las externalidades positivas y negativas de las tecnologías diésel y eléctrica, de manera que la evaluación de los costos de ambas tecnologías no se restrinja al costo financiero de los autobuses	<p>Internalizar el costo de las externalidades positivas y negativas en los costos de ambas tecnologías</p> <p>Promover la diversificación de los modos de transporte urbanos, incentivando los modos eléctricos, con el propósito de disminuir la dependencia del transporte público del modo autobús</p> <p>Subsidiar la compra de autobuses eléctricos mediante beneficios tributarios y fiscales</p>
Tiempos de espera bastante largo (en torno a los 14 meses) en la fabricación de autobuses eléctricos y baterías, que incluso puede haberse extendido como consecuencia de la pandemia provocada por el COVID-19. Ello podría dificultar la sustitución de la flota de autobuses en su conjunto en los plazos planificados	Acortar en el tiempo la sustitución total de la flota de autobuses convencionales con motores de combustión interna por autobuses eléctricos	<p>Evitar la necesidad de empezar a sustituir buses eléctricos que han cumplido su vida útil antes de completarse la sustitución total de la flota de buses convencionales, situación que podría afectar el equilibrio financiero del modelo de negocio</p> <p>Desarrollar conocimiento tecnológico en electromovilidad</p>	Importar y, en paralelo, desarrollar la tecnología de conversión (retrofit), que permite transformar en tiempos más cortos los autobuses con motores de combustión interna en autobuses eléctricos, desarrollando industria, capacidades y empleo local
Capacidad limitada de las empresas automotrices para responder a pedidos grandes de autobuses eléctricos, demorando en exceso la sustitución de los autobuses convencionales en los plazos planificados		Abaratar el costo total de la electromovilidad en el sistema de transporte urbano, desarrollando opciones de suministro de buses eléctricos más baratas	

Problema	Objetivo general	Objetivos específicos	Acciones a implementar
La generación de energía eléctrica por centrales térmicas (petróleo, carbón, gas) anula las externalidades positivas de la electromovilidad	Modificar la matriz energética potenciando el desarrollo de fuentes de energía renovable con el propósito de disminuir la emisión de GEI y la importación de hidrocarburos	Disminuir progresivamente la generación de energía eléctrica a cargo de centrales térmicas (petróleo, carbón y gas)	Cierre progresivo de plantas generadoras térmicas (petróleo, carbón y gas) en un plazo relativamente breve, dependiendo de la posibilidad de reemplazo por fuentes renovables
	Sustentar electromovilidad en fuentes de energía limpia (0 emisión)	Diversificar la matriz energética mediante la incorporación al sistema de generación eléctrica fuentes de energía renovables no convencionales (ERNC)	Impulsar desarrollo de fuentes de energía renovables no convencionales (ERNC) Establecer metas descendentes de generación térmica hasta su completa participación en la matriz energética en plazos acotados


Fuente: Elaborado por el autor, con referencias a Rozas, Jaimurzina y Pérez (2015) y Adamson, Cipoletta y Pérez (2022).

## Bibliografía

- Aber, J. (2016), *Electric Bus Analysis for New York City Transit*. Columbia University.
- Adamson, M., Cipoletta T., G. y Pérez C., E. (2022), *Estudio de impacto económico de las inversiones para el recambio de la flota de buses sostenibles en Costa Rica*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), División de Desarrollo Económico, Documento de proyecto.
- Adamson, M. (2019), *Evaluación de acciones de mitigación al cambio climático y sus efectos en Costa Rica en el período 2014-2018*. Ministerio de Ambiente y Energía.
- Antuña, G. (2016), *Informe sobre el 13º Plan quinquenal de la República Popular China. ICEX España Exportación e Inversiones*. Recuperado desde: <https://bit.ly/2QDJxTI> [29 de nov. 2019].
- Alatorre, J., Caballero, K., Ferrer, J. y Galindo, L.M. (2019), *El costo social del carbono: una visión agregada desde América Latina*. Unidad de Cambio Climático, División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Naciones Unidas, Santiago, Chile.
- Álvarez, R. (2019), *Casi el 99% de los autobuses eléctricos del mundo están en China, y esto ya se empieza a ver en la demanda mundial de petróleo*. Disponible en <https://bit.ly/344iS7O>.
- Alpizar, F., Piaggio, M. y Pacay, E. (2017), *Valoración económica de los beneficios en la salud asociados a la reducción de la contaminación del aire: El caso de la Gran Área Metropolitana de Costa Rica*. Unidad de Cambio Climático, División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Naciones Unidas, Santiago, Chile.
- Araya, M. (2019), *¿Cómo llegó Chile a contar con más de 200 buses eléctricos?: Parte 1, 2 y 3*. La República. Extraído desde: <https://bit.ly/2FABjdw> [9 de ene. 2020].
- Autoridad Reguladora de Servicios Públicos –ARESEP- (2018), *Reforma determinación de tasa de rentabilidad para reglas de cálculo tarifario tipo 2 de la Metodología para la Fijación Ordinaria de Tarifas para el Servicio Remunerado de Personas Modalidad Autobús - RIT-096-2018*. Extraído desde <https://bit.ly/2WKHNuI>.
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). *Análisis y diseño de modelos de negocio y mecanismos de financiación para buses eléctricos en Lima, Perú / Ramírez F., Lefevre B., Jaime Fernández-Baca J., Capristán R*. División de transporte.

- \_\_\_\_ (2018), *Electromovilidad: más que un automóvil, una oportunidad de transporte sostenible para la región*. Disponible en: <https://blogs.iadb.org/transporte/es/electromovilidad-mas-que-un-automovil-una-oportunidad-de-transporte-sostenible-para-la-region/>.
- Bloomberg NEF (2018), *New Energy Outlook 2018: BNEF's annual long-term economic analysis of the world's power sector out to 2050*. Disponible en: <https://bnef.turtl.co/story/neo2018?teaser=true>.
- \_\_\_\_ (2018a), *Electric Vehicle Outlook: 2018*. Disponible en: <https://bnef.turtl.co/story/evo2018?teaser=true>.
- BYD (2019), *Flota de buses eléctricos BYD en Chile*. Extraído desde: <https://bit.ly/2N9Ofqg> [9 de enero de 2020].
- Cháves-Bravo, C. (2019), *Arriban otros 100 buses eléctricos chinos a Chile*. Xinhua Español. Extraído desde: <https://bit.ly/302G4RR> [9 de enero de 2020].
- China's State Council. (2012), *Energy-saving and new energy automotive industry development plan (2012-2020)*; ver en <http://policy.thinkbluedata.com/node/58>.
- Comisión Económica para América Latina (2019), *El costo social del carbono: una visión agregada desde América Latina*. Santiago, Chile.
- Comisión Europea (2017), *Commission unveils clean mobility package to reinforce EU's leadership in clean vehicles*. Disponible en: [https://ec.europa.eu/growth/content/commission-unveils-clean-mobility-package-reinforce-eus-leadership-clean-vehicles\\_es](https://ec.europa.eu/growth/content/commission-unveils-clean-mobility-package-reinforce-eus-leadership-clean-vehicles_es).
- Creara Energy Experts (2019), *Factibilidad Técnico-Financiera para inversiones en Tecnología de Electromovilidad en Costa Rica*. Informe Final. Costa Rica.
- Deloitte Consulting (2019), *Desarrollo de una metodología de costos y tarifa para la adopción de servicios de autobús eléctrico en Costa Rica*. Informe Final. Costa Rica.
- Edwards, G. Viscidi, L. & Mojica, C. (2018), *Cargando el futuro: El crecimiento de los mercados de autos y autobuses eléctricos en las ciudades de América Latina*. El Dialogo. Extraído desde: <https://bit.ly/2R01V8r> [24 de set. 2019].
- European Environment Agency/Agencia Europea del Medioambiente (EEA) (2018), *EEA Report 2018*. Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/publications>.
- García, N. (2019), *Electromovilidad. Tendencias y experiencia nacional e internacional*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Asesoría Técnica Parlamentaria.
- Fernández, O. (2019), *Red sumará nueva flota de buses eléctricos para rebajar emisiones*. La Tercera. Chile.
- Fundación CRUSA (2019), *Costa Rica tendrá piloto para buses públicos eléctricos*. Extraído desde: <https://bit.ly/2sTYmIZ> [02 de ene. 2020].
- Grutter Consulting & C40 Cities Finance Facilities (2018), *Análisis de tecnologías alternativas para buses*. México. Ver en <https://bit.ly/37xD7vc> [02 de dic. 2019].
- International Council on Clean Transportation (ICCT) (2018), *Effects of battery manufacturing on electric vehicle life-cycle greenhouse gas emissions*. Disponible en: <https://www.theicct.org/publications/EV-battery-manufacturing-emissions>.
- International Energy Agency (IEA) (2020), *World Energy Outlook 2019: China*. Disponible en: <https://www.iea.org/weo/china/>.
- \_\_\_\_ (2019), *World Energy Balances*. Disponible en: <https://bit.ly/2ZHYQxu> [02 de ene. 2020].
- \_\_\_\_ (2018), *Global EV Outlook 2018*. Disponible en: <https://www.iea.org/gevo2018/>.
- \_\_\_\_ (2018a), *Electric Vehicles Initiative*. Disponible en: <https://www.iea.org/topics/transport/ev>.
- Institute for Transportation & Development Policy (ITDP) (2018), *China Tackles Climate Change with Electric Buses*. Disponible en: <https://www.itdp.org/2018/09/11/electric-buses-china/> [15 de nov. 2019].
- JATO Dynamics (2019), *Internal Combustion Engines (ICE) counted for over 90% of global car sales in H1 2019*. Recuperado desde <https://bit.ly/33UDdwe>.
- Ley N° 9518, *Incentivos y promoción para el transporte eléctrico* (2018), Costa Rica: Asamblea Legislativa. Extraído desde <https://bit.ly/2ZlpRKt>.
- Li, W. (2018), *Vehicle emissions become major source of air pollution in China*. GBTimes, China. Recuperado desde: <https://gbtimes.com/vehicle-emissions-become-major-source-of-air-pollution-in-china> [30 de agosto del 2019].
- Lieven, T. (2015), *Policy measures to promote electric mobility – A global perspective*. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965856415002359>.

- Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN) (2019), *Precios Sociales en Costa Rica*. Disponible en: <https://bit.ly/2UdzXar/> (29 de agosto).
- Naciones Unidas/Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2017), *Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible - Una oportunidad para América Latina y el Caribe*. Extraído desde <https://bit.ly/2cuOSWM> (27 de agosto del 2019).
- Naciones Unidas (2019), *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Extraído desde <https://bit.ly/2qkgf28> (28 de agosto de 2019).
- OECD (2018), *Effective Carbon Rates 2018: Pricing Carbon Emissions Through Taxes and Emissions Trading*. OECD Publishing, Paris. DOI: <https://doi.org/10.1787/9789264305304-en>.
- ONU Medio Ambiente (2019), *Los autobuses eléctricos abren el camino hacia un futuro más limpio en Chile*. Disponible en: <https://www.worldenvironmentday.global/es/story/los-autobuses-electricos-abren-el-camino-hacia-un-futuro-mas-limpio-en-chile>.
- Presidencia de la República de Costa Rica (2020), *Costa Rica amplía plan piloto de buses eléctricos como parte de la modernización del transporte público*. Extraído desde <https://bit.ly/2UCDUG1>.
- Rasmussen, P. N. (1963), *Relaciones intersectoriales*, Editorial Aguilar, Madrid.
- Rozas, Jaimurzina, A. y G. Pérez (2015), *Políticas de logística y movilidad. Antecedentes para una política integrada y sostenible de movilidad*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Serie Recursos Naturales e Infraestructura Nro. 177 volumen 1.
- \_\_\_\_\_ (2015a), *Políticas de logística y movilidad. Propuestas para una política de movilidad urbana eficiente, integrada y sostenible*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Serie Recursos Naturales e Infraestructura Nro. 177 volumen 2.
- Sánchez, L., Agüero, J. y Guadamuz, R. (2018), *Identificación y modelación de la meta en transporte para Costa Rica, alternativas para alcanzarla y sus implicaciones*. Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. San José, Costa Rica.
- Sánchez, L. (2018), *Diagnóstico sobre la situación del transporte y la movilidad en Costa Rica*. Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. San José, Costa Rica.
- Sartori, D., Gelsomina, C., Genco, M., Pancotti, C., Sirtori, E., Vignetti, S., Del Bo, C. (2014), *Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020*. European Union, Brussels.
- Statista Mordor Intelligence (2018), *China Electric Bus Market - Growth, Trends, and Forecast (2019-2024)*. Disponible en: <https://bit.ly/2Zl3AU5>.
- The Oxford Institute for energy studies (2018), *Electric vehicles and electricity*. Disponible en: <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2018/06/Electric-vehicles-and-electricity-Insight-36.pdf>.
- Universidad de Costa Rica (2019), *Bus eléctrico permitirá ampliar la investigación sobre consumo de energía*. Extraído desde: <https://bit.ly/35Eof9R> [09 de ene. de 2020].
- Victoria Transport Policy Institute (2020a), *Transportation Cost and Benefit Analysis II – Air Pollution Costs*. Extraído desde: <https://bit.ly/2vROFw4>.
- \_\_\_\_\_ (2020b), *Transportation Cost and Benefit Analysis II – Noise Costs*. Extraído desde: <https://bit.ly/3adumle>.
- World Resources Institute (WRI) (2019), *Climate Data Explorer*. Disponible en: <http://cait.wri.org/>.



En este documento se presenta una caja de herramientas dirigida a los encargados de la toma de decisiones en materia de políticas relacionadas con las inversiones y el financiamiento de la electromovilidad en los países de América Latina y el Caribe. Para su diseño, se han tenido en cuenta dos aspectos esenciales: la transversalidad de las políticas (dado que la conectividad no tiene que ver únicamente con temas de transporte) y la sostenibilidad económica y ambiental. El objetivo es abordar un conjunto de problemas que inciden en la capacidad de los países de definir e implementar una política de conectividad eficiente, sostenible e integrada. Entre los aspectos que se abarcan, cabe mencionar las deficiencias institucionales en la evaluación de los proyectos de inversión y financiamiento con recursos públicos o privados; el tratamiento de las fallas de mercado y los conflictos de competencia en mercados relevantes; el desarrollo de mercados e instrumentos financieros; la definición y ejecución de una política energética compatible con la electromovilidad, así como de un marco y una institucionalidad regulatorios adecuados, y el apoyo a las actividades de innovación tecnológica y de inversión privada.