Entregable 1: Línea de base nacional y evaluación de oportunidades, desafíos y necesidades de tecnología de la movilidad eléctrica



Elaborado por: María José Ventura Chavarría

Para el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y su plataforma MOVE – Movilidad Eléctrica en América Latina y el Caribe

Con el apoyo del Fondo Verde del Clima

Diciembre de 2020

Contenido

Entregable 1: Línea de base nacional y evaluación de oportunidades, desafíos y necesidades de tecnología de la movilidad eléctrica ____ ***1***

Contenido ____ *Error! Bookmark not defined.*

1.Introducción ____ ***3***

2. Línea de base nacional ____ ***4***

2.1.1 Inventario de bienes a nivel nacional ____ **4**

2.1.2 Inventario de proyectos a nivel nacional ____ **9**

2.1.3 Oferta de bienes a nivel nacional ____ **16**

3. Objetivos establecidos de movilidad eléctrica ____ ***31***

3.1 Estimación de impactos de los objetivos establecidos ____ **38**

3.1.1 Emisiones y salud ____ **38**

3.1.2 Económico y empleo ____ **40**

3.1.3 Innovación ____ **48**

3.1.4 Impacto en sector energético ____ **51**

3.1.5 Fiscal ____ **53**

4. Desafíos y oportunidades para la realización del objetivo ____ ***55***

5. Conclusiones y referencias regionales ____ ***58***

6. Bibliografía ____ ***60***

7. Anexos ____ ***64***

1. Introducción

La región de Latinoamérica y el Caribe ha venido presentando avances importantes en la adopción de la movilidad eléctrica, sin embargo, los países se encuentran en diferentes niveles con situaciones sociales y económicas distintas. En este sentido, el proyecto de *Readiness* del Fondo Verde del Clima: "*Avanzando con un enfoque regional hacia la movilidad eléctrica en América Latina*", busca realizar estudios homogéneos que puedan dar una visión sobre qué se está llevando a cabo en los diferentes países, al mismo tiempo que, se resaltan las condiciones heterogéneas de cada país para desarrollar y fortalecer el marco habilitante relacionado con la electrificación del sector transporte.

El primer producto de esta consultoría está enfocado principalmente en desarrollar una línea de base del estado de la implementación de la tecnología en Costa Rica, incluyendo: i) disponibilidad de la tecnología de movilidad eléctrica, tanto de vehículos como de infraestructura de recarga; ii) estimación de impactos de la adopción de las metas país relacionadas con la movilidad eléctrica, principalmente en términos de emisiones y salud, económico, empleo, entre otros aspectos.

Para el caso de Costa Rica, en vista de que se han desarrollado distintos estudios y análisis sobre el impacto que tendría la adopción de las metas del Plan Nacional de Descarbonización (2018-2050)[1], se hizo una recopilación y sistematización de los resultados ya generados con el fin de no replicar esfuerzos y producir otros datos distintos a los que maneja el Gobierno de la República. No obstante, para la estimación de empleo e innovación, no existen estudios elaborados, por lo que se utilizó la metodología propuesta por el equipo coordinador de PNUMA para realizar estas estimaciones y que puedan complementar los análisis ya realizados por el Gobierno.

[1] Ver https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2019/02/PLAN.pdf

2. Línea de base nacional

2.1.1 Inventario de bienes a nivel nacional

Inventario vehicular según clasificación nacional

La principal fuente de datos para determinar la flota vehicular en circulación en Costa Rica fue el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). El INEC recopila datos sobre la flota vehicular en circulación que haya cumplido con las obligaciones del Instituto Nacional de Seguros (INS). Es decir, se incluyen todos aquellos vehículos que circulen en el país con marchamo vigente.

Los criterios utilizados por el INEC para la clasificación de la flota se enlistan en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación según criterios nacionales

Categoría	Criterio
Total	Vehículos en circulación que cumplieron con las obligaciones de pago del Instituto Nacional de Seguros
Automóvil	Incluye automóviles y vehículos doble tracción de pasajeros particulares
Autobuses	Incluye buses, microbuses y busetas de ruta y privado (estudiantes, personal de empresas y turistas), que tengan placas de autobuses
Equipo especial	Incluye camiones tanques para transportar productos peligrosos, camiones de basura, maquinaria agrícola, remolques y otros.

Fuente: INEC, 2018

De acuerdo con los datos del INEC, en la Tabla 2 se muestra el crecimiento de la flota vehicular de Costa Rica para el período 2006-2018 por categoría vehicular.

Tabla 2. Flota de vehículos en circulación, según clasificación nacional 2006-2018.

Año	Total	Estilos de vehículos						
		Automóvil	Autobuses	Camiones de carga < 3500 kg	Camiones de carga > 3500 kg	Taxis	Equipo especial	Motocicletas
2006	729.487	489.395	11.267	119.245	13.839	12.532	7.002	76.207
2007	797.902	525.376	12.345	125.104	14.484	13.007	7.503	100.083
2008	892.660	571.651	13.765	136.162	14.999	11.431	8.543	136.109
2009	923.591	594.192	13.999	140.972	12.520	11.751	8.687	141.470
2010	997.367	629.325	15.545	148.050	32.985	11.982	9.597	149.883
2011	1.059.076	673.894	15.621	154.062	33.959	12.051	9.905	159.584
2012	1.134.373	722.020	16.354	160.742	35.042	12.150	11.791	176.274
2013	1.187.624	754.689	17.411	164.736	35.392	12.261	12.879	190.256

2014	1.258.183	789.260	18.554	169.864	35.897	12.420	13.455	218.733
2015	1.346.344	833.570	17.237	176.091	36.868	12.635	14.026	255.917
2016	1.429.928	877.023	17.908	182.596	37.937	12.455	14.454	287.555
2017	1.506.932	921.668	18.472	188.529	39.695	11.987	15.606	310.975
2018	1.554.846	959.342	18.842	194.309	41.283	11.380	16.742	312.948

Fuente: INEC, 2018

Recientemente, se inició el registro de la flota vehicular eléctrica por la Dirección de Energía del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). Esta información es suministrada por el Registro Nacional de la Propiedad y es publicada en la página web de la Dirección de Energía[2], y actualizada mensualmente.

De acuerdo con estos datos, y tal como se muestra en la Tabla 3, en Costa Rica hay un total de 3.106 vehículos eléctricos inscritos y en circulación a octubre de 2020. Sin embargo, los criterios de clasificación utilizados son diferentes a los utilizados por el INEC. Estos incluyen automóviles, motocicletas, y otros. La clasificación utilizada por la Dirección se muestra en la Tabla 1 de anexos.

Tabla 3. Acumulado de la flota costarricense de vehículos eléctricos a octubre 2020

Año	Vehículos	Motos	Otros	Total
2015	108	169	505	782
2016	120	194	686	1.003
2017	147	276	801	1.224
2018	340	354	954	1.648
2019	801	478	1.100	2.379
2020	1.271	640	1.195	3.106

Fuente: Dirección de Energía del MINAE, 2020.

Inventario vehicular según clasificación de la Agencia Ambiental Europea (EEA)

Con el fin de homogeneizar los productos nacionales para hacerlos comparativos y agregables a nivel regional, se adaptó la clasificación nacional a la clasificación de la Agencia Ambiental Europea (EEA, por sus siglas en inglés). En la Tabla 4 se muestran las equivalencias entre la clasificación nacional y la clasificación de la EEA.

Tabla 4. Categoría vehicular nacional y su correspondiente categoría EEA

Categoría nacional	Categoría EEA
Automóvil	Passenger cars
Autobuses *	No aplica
Buses	Buses
Buses TP	Buses TP

[2] Ver https://energia.minae.go.cr/?p=5634

Camiones de carga < 3500 kg	Light Commercial Vehicles < 3.5 t
Camiones de carga > 3500 kg	Heavy-Duty Vehicles > 3.5 t
Taxis	Taxis
Equipo especial **	Heavy-Duty Vehicles > 3.5 t
Motocicletas	L-Category

Fuente: Elaboración propia con datos del INEC

* Categoría subdividida en Buses y Buses TP. Incluye buses, microbuses, y busetas de ruta y privado (estudiantes, personal de empresas y turistas), que tengan placas de autobuses.

** Incluye camiones tanques para transportar productos peligrosos, camiones de basura, maquinaria agrícola, remolques y otros.

Para realizar la clasificación de la flota vehicular costarricense -por categoría vehicular EEA y tipo de tecnología-, se utilizaron los datos de los anuarios 2016-2019[3] de la empresa Riteve SyC quien se encarga de realizar la Revisión Técnica Vehicular (RTV) en el país. En estos anuarios, se recopila información de las inspecciones periódicas y las inspecciones de inscripción. Además, se puede encontrar información relevante como la edad promedio de la flota del país y los kilómetros recorridos por tipo de vehículo, entre otras cosas.

Es importante resaltar que, en algunos casos las inspecciones periódicas se realizan cada dos años, por lo que puede haber una brecha de información. Adicionalmente, en estos reportes no se hace distinción entre la tecnología híbrida e híbrida enchufable, por lo que esos datos fueron recuperados del Sistema Aduanero TICA[4] del Ministerio de Hacienda. Sin embargo, los mismos se registran a partir del 2017.

Tabla 5 Vehículos en circulación según categoría y tipo de tecnología, 2016

Categoría vehicular	Tecnología					
	Eléctricos	Híbridos	Híbridos enchufables	Diésel	Gasolina	Gas
Passenger Cars	71	-	-	42.587	411.676	710
Buses	0	-	-	93	0	0
Buses TP	0	-	-	696	0	0
Light Commercial Vehicles < 3.5 t	0	-	-	11.995	7.496	60

[3] Ver https://www.rtv.co.cr/documentos/
[4] Ver https://www.hacienda.go.cr/tica/web/hcitrncm1.aspx

Heavy-Duty Vehicles	0	-	-	352	0	0
Taxis	0	-	-	225	225	22
L-Category	0	-	-	5	15.572	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.Vehículos en circulación según categoría y tipo de tecnología, 2017

Categoría vehicular	Tecnología					
	Eléctricos	Híbridos	Híbridos enchufables	Diésel	Gasolina	Gas
Passenger Cars	61	547	67	69.098	655.424	1.765
Buses	0	-	-	9.384	4	-
Buses TP	0	-	-	24.292	45	1
Light Commercial Vehicles < 3.5 t	6	-	-	97.718	55.048	497
Heavy-Duty Vehicles	0	-	-	19.150	31	1
Taxis	0	-	-	7.523	12.792	1.165
L-Category	25	-	-	28	135.647	6.573

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Vehículos en circulación según categoría y tipo de tecnología, 2018

Categoría vehicular	Tecnología					
	Eléctricos	Híbridos	Híbridos enchufables	Diésel	Gasolina	Gas
Passenger Cars	193	528	50	71.904	684.105	16.255
Buses	0	-	-	65.460	-	-
Buses TP	0	-	-	116.044	-	-
Light Commercial Vehicles < 3.5 t	0	-	-	18.299	15.872	18.632
Heavy-Duty Vehicles	0	-	-	68.999	-	-
Taxis	0	-	-	51.449	47.049	46.867

L-Category	78	-	-	27	153.076	-

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Vehículos en circulación según categoría y tipo de tecnología, 2019

Categoría vehicular	Tecnología					
	Eléctricos	Híbridos	Híbridos enchufables	Diésel	Gasolina	Gas
Passenger Cars	456	728	53	75.024	711.667	2.367
Buses	0	-	-	9.437	-	-
Buses TP	0	-	-	25.411	38	6
Light Commercial Vehicles < 3.5 t	4	-	-	107.284	53.836	547
Heavy-Duty Vehicles	0	-	-	23.104	30	4
Taxis	1	-	-	6.788	11.804	1.292
L-Category	124	-	-	25	157.191	6

Fuente: Elaboración propia

Inventario de infraestructura de recarga nacional

En Costa Rica, la instalación de infraestructura de recarga les corresponde a las distribuidoras de electricidad, según lo establece la Ley No. 9518 "Incentivos y Promoción para el Transporte Eléctrico[5]", en su artículo 31. Según la plataforma Plugshare[6], el país cuenta con 147 estaciones de recarga, sin embargo, en la plataforma no se incluyen los puntos de carga de la Ruta Eléctrica Monteverde[7]. En la Tabla 9 se clasifican los cargadores por potencia y ubicación.

Tabla 9. Infraestructura de recarga para vehículos ligeros en Costa Rica

N° de cargadores para vehículos ligeros				
Potencia	**Ubicación**			
	Hogar			Vía pública

[5] http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=85810

[6] Ver https://www.plugshare.com/

[7] Ver https://www.google.com/maps/d/u/0/viewer?mid=1Gk76fC5uhtl7d3NkipLRcerY7E7U0RAG&ll=10.301106636600263%2C-84.80133273629518&z=10&fbclid=IwAR20W5ZmywwuhPmqFNyu4lBDzPaj9-34GbrNMqGyjmhT9qizPh0fJ8UGQk8

		Oficina / Comercio	Potencia de los patios de carga	con cobro	sin cobro
Nivel 1	-	40		0	
Nivel 2	-		7kW	0	110
Carga rápida	0		50kW	4	5
Carga rápida	0		100kW	0	28

Fuente: Elaboración propia

Cabe resaltar que los 28 cargadores de 100kW están en proceso de instalación y se espera que la instalación quede lista al final de este año (2020). Estos nuevos cargadores rápidos cuentan con 3 estándares de conector distintos: CHAdeMO – GB/T – CCS1. Estos cargadores son los primeros de su tipo en Centroamérica, lo cual representa un gran avance en la democratización de la tecnología, ya que permite que los usuarios de vehículos eléctricos chinos puedan utilizar la red de recarga rápida nacional.

Adicional a estos cargadores para vehículos eléctricos ligeros, recientemente se adquirieron 5 cargadores para buses eléctricos. Tres de ellos venían con las unidades que se compraron para el piloto, y se adquirieron dos más. Estos cargadores tienen una potencia de 80kW y vienen con los conectores chinos GB/T, ya que las unidades son de la casa automotriz BYD. Estos cargadores están siendo instalados en el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), y en los planteles de las empresas operadoras que estarán ejecutando el piloto.

2.1.2 Inventario de proyectos a nivel nacional

En Costa Rica se han venido desarrollando distintos proyectos relacionados con la movilidad eléctrica. Estos proyectos son implementados por sector privado, sector público, academia y la sociedad civil. A continuación, se amplía en los proyectos mapeados para el presente análisis.

1. *Iniciativa para la electrificación del transporte público modalidad bus (IETP-Bus)*

En junio de 2018 se firmó y dio por iniciada la Iniciativa para la electrificación del transporte público modalidad Bus IETP-Bus. Este es un esfuerzo público-privado con un enfoque colaborativo y de innovación para impulsar el proceso de descarbonización del transporte público modalidad bus.

El trabajo de esta iniciativa está enfocado en mejorar el conocimiento técnico y científico, y pretende impulsar el análisis y cambio de condiciones habilitantes, la implementación de proyectos piloto, fomento de acciones de sensibilización, educación, y el desarrollo de modelos de negocio para viabilizar inversiones que permitan al país iniciar y consolidar el proceso de electrificación del transporte público (incluida la tecnología de hidrógeno) en Costa Rica.

Para la ejecución de esta iniciativa se estableció un grupo de trabajo base conformado por el Ministerio de Obras Públicas y Transporte (MOPT), el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP), Grupo ICE, operadores, representantes de sociedad civil, y entidades de cooperación internacional, entre ellos: Cooperación Alemana GIZ, Fundación CRUSA, el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID). La coordinación la realizan el MINAE con apoyo del MOPT. La iniciativa cuenta con el apoyo de Casa Presidencial, bajo el liderazgo del Despacho de la Primera Dama, Claudia Dobles Camargo.

Plan piloto de buses eléctricos

El gobierno alemán, a través de su Ministerio de Medio Ambiente, donó al país 3 autobuses eléctricos por medio de GIZ Cooperación Alemana y su proyecto MiTransporte. Estos buses serán probados en distintas rutas del Gran Área Metropolitana (GAM). Esta área cubre la provincia de San José, Alajuela, Cartago y Heredia; sin embargo, el piloto será ejecutado en rutas de cantones pertenecientes a las provincias de San José, Cartago y Alajuela inicialmente. En este plan piloto participan específicamente el MOPT como rector, el Consejo de Transporte Público (CTP), el MINAE, el Instituto Nacional de Aprendizaje (INA), el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) y la ARESEP.

En marzo del presente año se firmó una adenda a la Declaración de Intenciones de la Iniciativa para la Electrificación del Transporte Público modalidad Bus (IETP-Bus), suscrita en el 2018, la cual establece las bases y líneas de trabajo conjuntas para el plan piloto, en concordancia con las metas del Plan Nacional de Descarbonización[8], el Plan Nacional de Desarrollo e Inversión Pública[9], el VII Plan Nacional de Energía[10] y el Plan Nacional de Transporte Eléctrico[11] (Gobierno de Costa Rica, 2020).

Principales avances

En septiembre del presente año (2020), llegaron al país las primeras tres unidades de buses eléctricos para dar inicio al plan piloto. Estas unidades se probarán en las rutas de Desamparados, Tres Ríos y Alajuela respectivamente, con una duración de 4 meses por ruta, con el fin de generar datos técnicos para poder establecer la transición de los autobuses a la tecnología eléctrica.

Con la llegada de estos buses se inició un plan de capacitaciones para acompañar la donación. En este plan se contempla la formación de especialistas del Instituto Nacional de Aprendizaje (INA), del ICE y del Centro de Educación Salesiana (CEDES) Don Bosco, con el objetivo de que puedan replicar las capacitaciones a otras instituciones y operadores de autobuses. El proceso

[8] https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2019/02/PLAN.pdf
[9] https://sites.google.com/expedientesmideplan.go.cr/pndip-2019-2022/documentos?authuser=0
[10] https://sepse.go.cr/wp-content/uploads/2020/06/PLAN-NACIONAL-DE-ENERGIA-JUNIO-FINAL-.pdf
[11] https://sepse.go.cr/documentos/PlanTranspElect.pdf

de formación incluye -entre otras áreas- operación, mantenimiento, alistamiento, conducción y revisión de buses, centros de recarga, seguimiento de flota e impacto ambiental a las instituciones involucradas y a las empresas operadoras de autobuses. Estará a cargo de la Cooperación Alemana GIZ y la empresa BYD (Gobierno de Costa Rica, 2020).

Inicialmente el piloto se iba a realizar con las tres unidades iniciales, sin embargo, ante la inquietud por más datos sobre el comportamiento de la tecnología en otras rutas, la Cámara Nacional de Transporte (Canatrans) decidió sumarse al piloto con 12 unidades más. Se espera que estas unidades adicionales estén en el país el próximo año.

Las empresas y sectores donde operarán estos buses eléctricos adicionales son:

Tabla 10. Empresas y rutas donde operarán los nuevos buses eléctricos

Empresa	Sector / Ruta
LUMACA	Cartago – San José
TUASA	Alajuela – San José – Aeropuerto Juan Santamaría
Pulmitan	Aeropuerto Daniel Oduber – Liberia
TRANSVI	San José – Calle Blancos
Autotransportes	Moravia – San José
Metrocoop	San José – Hatillo
Guapileños	Guápiles – Puerto Viejo de Sarapiquí
LARED	San José – Barrio Escalante
Tapachula	San José – Escazú
Tracasa	Guápiles – Siquierres
Contrasuli	Ciudad Colón – San José
Transtusa	Turrialba – Juan Viñas

Fuente: Elaboración propia

2. Dando el salto a los buses eléctricos en Costa Rica

Como parte del apoyo de cooperación internacional al proyecto piloto de los buses eléctricos, se suma esta iniciativa financiada por Fundación CRUSA e implementada por el PNUMA.

Actualmente, en el marco del proyecto "Dando el salto a los buses eléctricos en Costa Rica", se está conduciendo un análisis financiero del costo total de la propiedad o *Total Cost of Ownership* (TCO), con el fin de determinar cuáles son las rutas con mayor potencial para la electrificación del transporte público. Este análisis permite identificar el potencial ahorro en los costos y la reducción de gastos operativos.

Adicionalmente, el equipo del proyecto está trabajando en el fortalecimiento de capacidades para la transición hacia el transporte público eléctrico en conjunto con GIZ Cooperación Alemana desde su proyecto MiTransporte, el Instituto Nacional de Aprendizaje (INA), HEAT International y el Centro Mario Molina Chile.

3. *Tren Eléctrico de Pasajeros del Gran Área Metropolitana*

El objetivo general de este proyecto, según su propuesta técnica es, mejorar los tiempos de movilización de los habitantes del Gran Área Metropolitana, mediante el diseño, financiamiento, construcción y operación de un sistema de Tren Rápido de Pasajeros (TRP), seguro, eficiente y limpio; e impactar en la calidad de vida de la ciudadanía (Instituto Costarricense de Ferrocariles, 2017).

Los objetivos específicos son:

- Diseñar y construir una nueva infraestructura ferroviaria en el GAM en los derechos de vía que actualmente posee el Instituto Costarricense de Ferrocariles (INCOFER).
- Modernizar el equipo ferroviario y todos los otros requerimientos tecnológicos para operar el sistema de Tren Rápido de Pasajeros.
- Poner en operación el tren interurbano en el Gran Área Metropolitana (GAM).

Este proyecto cuenta con todos los estudios de factibilidad que pueden ser encontrados en la página web del Instituto Costarricense de Ferrocarriles[12]. El mismo está pendiente de discusión en la Asamblea Legislativa para la aprobación de un empréstito por un monto de hasta USD 550 millones. Este es un crédito del Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE) con lo que se financiaría el aporte que debe dar el Estado.

Según los estudios de factibilidad, el Tren Eléctrico de Pasajeros tendrá una inversión de USD 1.550 millones y habrá una contraparte por USD 1.000 millones de inversión extranjera al tratarse de una obra por concesión.

Los USD 550 millones se van a destinar al desarrollo de la infraestructura requerida y se empezará a pagar dentro de 5 años, tiempo en el cual el oferente que gane la licitación debe terminar la infraestructura e iniciar la operación del Tren Eléctrico. El repago de la deuda iniciaría doce años después de la aprobación del financiamiento (Banco Centroamericano de Integración Económica, 2020).

4. *Electrificación transporte público modalidad taxi y bus*

La Cooperativa Generación H se encuentra impulsando dos proyectos relacionados con la electrificación del transporte público; uno enfocado en buses y otro en taxis. La propuesta de buses busca sumar 48 unidades eléctricas al sector por medio de un mecanismo de financiamiento mediante titularización de valores entrantes. Este mecanismo proyecta los ingresos futuros tendrá la cooperativa por el uso de una concesión de transporte público para convertir estos futuros en bonos que se subastan en las bolsas de valores. Este modelo de negocio sería el primero de su tipo en la región.

Según Deloitte (2020), los valores titularizados pueden brindar una serie de beneficios a los participantes del mercado de valores, desde las entidades de intermediación financiera, los intermediarios de valores hasta los inversionistas como tal, ya sean institucionales o

[12] Ver http://www.incofer.go.cr/trenelectricogam/

individuales. Las titularizaciones también podrían generar un impacto positivo en el mercado de créditos de una región o país, por la posible disminución del costo de captación (normalmente el costo de captación de titularizaciones suele ser menor al de métodos de captaciones tradicionales) y del incremento de los fondos disponibles para ser colocados, que finalmente podrían traducirse en menores tasas activas de interés (Deloitte, 2020).

Este proyecto de buses eléctricos ya cuenta con una propuesta robusta y un estudio de factibilidad. Sin embargo, para llevarlo a cabo, se deben ampliar los plazos de las concesiones de autobuses en el país para que sea rentable. Si el proyecto se llegara a ejecutar, se espera que estas nuevas unidades eléctricas estén en el país a mediados de 2021, que es cuando vencen las concesiones de autobuses actuales.

En cuanto al transporte público individual, taxis, aún no se conoce mucho al respecto ya que están en fase de redacción de la propuesta, pero según comentó el asesor técnico de la cooperativa, Alfredo Espinoza, quizás avance más rápido que la iniciativa de buses eléctricos, ya que no habría que hacer modificaciones a las concesiones, lo cual agilizaría el proceso de ejecución.

5. Rutas Eléctricas Costa Rica

El objetivo general de este proyecto es apoyar la electrificación del transporte en distintas comunidades turísticas del país fuera del Gran Área Metropolitana de Costa Rica (GAM). Monteverde y La Fortuna ya tienen sus Rutas Eléctricas establecidas; Sarapiquí, Puerto Viejo de Talamanca, Tilarán, Orotina, Liberia, Nosara y San Ramón han mostrado interés y compromiso en crear su propia Ruta Eléctrica.

Una ruta eléctrica se define como una red de apoyo para que los usuarios que quieran visitar un destino en un carro eléctrico puedan tener, no sólo suficientes puntos de carga en el camino, sino al llegar a la comunidad. Los puntos de carga están ubicados en restaurantes, hoteles, atracciones y otras empresas en las cuales los viajeros quieran pasar tiempo. Los usuarios podrán cargar sus vehículos mientras descansan, comen, hacen compras y/o disfrutan de las atracciones turísticas de la zona.

Los objetivos específicos del proyecto son:

- Proveer herramientas para los empresarios y líderes de, por lo menos, 14 otras comunidades por medio de la elaboración de un manual para coordinadores y otro para empresarios, que sirvan como guía para la ejecución de las rutas. En este manual se establecerán las especificaciones técnicas de la instalación eléctrica de cada punto de carga.
- Impartir talleres técnicos para crear nuevas capacidades y dar sostenibilidad al proyecto.
- Integrar todas las Rutas Eléctricas en un marco legal a partir de la creación de la Asociación de Rutas Eléctricas Costa Rica.
- Promover las Rutas Eléctricas a nivel nacional e internacional.

A la misma vez, se busca crear alianzas estratégicas con instituciones públicas, empresas privadas y usuarios (Asociación Costarricense de Movilidad Eléctrica – ASOMOVE), con el fin de ofrecer paquetes turísticos con distintas experiencias para los turistas nacionales e internacionales.

Las Rutas Eléctricas Costa Rica ofrecerán a las empresas, comunidades y al país en general, un elemento diferenciador para sobresalir en el mercado internacional y del ecoturismo, a la vez que se promueve e incentiva la adopción de la movilidad eléctrica.

6. Red de recarga privada ELCO

Este proyecto busca instalar centros de recarga semi-rápidos en diferentes puntos del país. Los mismos, serán instalados y operados por la empresa costarricense Energías Limpias de Costa Rica (ELCO), quienes producen estos cargadores con productos 100% nacionales.

Para hacer uso de esta red de recarga privada, la empresa desarrolló una plataforma propia, en la cual el usuario se inscribe y puede comprar minutos a ELCO mientras el vehículo está estacionado utilizando el cargador. Con el fin de incentivar a los usuarios a hacer uso de esta red, se estarán regalando 300 minutos a cada usuario nuevo que se registre, esto equivale a 5 horas de carga.

El costo del uso de estas estaciones es de $2 la hora, es decir, $2 por 60 minutos. En la plataforma de la red de recarga, el usuario puede llevar un registro de todas las cargas que ha hecho y consultar datos como la temperatura de la estación y la corriente eléctrica de la misma. El usuario puede también consultar su historial de carga por períodos de 3 años, 1 año, 6 meses, 1 mes, y una semana. Estas estaciones públicas también se pueden activar con tarjeta RFID, y fueron pensadas de esta forma con el fin de que puedan servir en condóminos, apartamentos, y/o residenciales. Se brinda una tarjeta RFID al inquilino que tenga un vehículo eléctrico para que pueda utilizar la estación, y los administradores tendrán acceso a todos los eventos de carga que se generen en esa estación; de esta forma se puede cobrar a cada usuario lo que gastó en la estación.

7. Movet-e

Movet-e es una iniciativa de la empresa distribuidora de infraestructura de recarga CFS Sistemas. El proyecto busca reactivar la economía local de las comunidades turísticas por medio de la instalación de cargadores semi-rápidos con pantalla publicitaria en distintas comunidades del país. El objetivo es realizar giras por las zonas comerciales con vehículos eléctricos y su modelo de cargador más innovador para anunciar los atractivos de la zona y las promociones durante el tour de movilidad. El mismo se estará realizando desde el 20 de diciembre de 2020, hasta el 21 de febrero de 2021, con el objetivo de promocionar las comunidades turísticas en temporada alta.

8. Interoperabilidad de la red de recarga nacional

El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) está trabajando en la creación del software de gestión de la red de recarga rápida nacional. El proveedor se encuentra en la fase de parametrización y construcción de interfaces con las diversas plataformas con las que el

software debe acoplarse (e.g., sistema bancario; facturadores de las empresas eléctricas; entre otros).

Según indicó el ICE, es un software que gestionará acciones básicas de operación y mantenimiento de forma remota y mediante comunicación OCPP1.6 de los cargadores. Este protocolo permite la comunicación entre las estaciones de recarga y un sistema de administración central; el protocolo es una iniciativa de la fundación EnaadNL[13] en los Países Bajos, que nació con el objetivo de crear un protocolo libre que pudiera permitir que las estaciones de recarga y los sistemas de administración central de varios proveedores se comunicasen entre sí (EnaadNL, 2012). Además, se incorpora el módulo para el proceso comercial de cobro de la energía. Se espera que el software esté operativo a finales de 2020.

9. Iniciativa para la electrificación de taxis del Aeropuerto Juan Santa María

La Asociación de taxis del Aeropuerto Carbono Neutral, es una asociación conformada por mujeres que busca electrificar su flota de taxis del Aeropuerto Juan Santa María a una menos contaminante. En la actualidad, solamente se ha introducido una unidad eléctrica a la flota de la asociación; sin embargo, esperan tener 105 unidades eléctricas para el próximo año: 10 unidades para personas discapacitadas, 30 microbuses, 65 carros tipo sedan.

[13] Ver https://www.elaad.nl/

2.1.3 Oferta de bienes a nivel nacional

A partir de la entrada en vigor de la Ley No. 9518[14], se ha incrementado la oferta de bienes de movilidad eléctrica en Costa Rica. Actualmente, los costarricenses cuentan con aproximadamente 32 vehículos **eléctricos** en oferta, y 5 empresas proveedoras de infraestructura de recarga, como se muestra a continuación.
En la Tabla 11 se desglosa la información de la oferta de vehículos eléctricos, híbridos enchufables e híbridos en el país.

Tabla 11. Oferta de vehículos eléctricos en Costa Rica

Categoría	Estilo	Tipo de tecnología	Marca y modelo	Capacidad de pasajeros	Características técnicas	Precio base
Automóvil	SUV	Eléctrico	Audi, E-Tron	5	**Batería** **82 kWh** **Potencia** 225 kW **Autonomía** 402km (EPA)	USD 74.950
Automóvil	SUV	Eléctrico	Audi, E-Tron 50 Sportback	5	**Batería** **71 kWh** **Potencia** 230 kW **Autonomía** 336km (WLTP)	USD 79.950
Automóvil	Hatchback	Eléctrico	BMW, i3	4	**Batería** **42,2 kWh** **Potencia** 125 kW **Autonomía** 245km (EPA)	USD 49.900

[14] Ver http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=85810

Automóvil	Hatchback	Eléctrico	BMW, i3 S	4	**Batería** **42,2 kWh** **Potencia** 135 kW **Autonomía** 245km (EPA)	USD 55.900
Automóvil	Sedán	Eléctrico	BYD, e1	5	**Batería** **32,2 kWh** **Potencia** 45 kW **Autonomía** 305km (NEDC)	USD 25.900
Automóvil	Sedán	Eléctrico	BYD, e2 GL	5	**Batería** **47,3 kWh** **Potencia** 70 kW **Autonomía** 402km (NEDC)	USD 33.500
Automóvil	Sedán	Eléctrico	BYD, e2 GS	5	**Batería** **35,2 kWh** **Potencia** 70 kW **Autonomía** 305km (NEDC)	
Automóvil	Sedán	Eléctrico	BYD, e3 G	5	**Batería** **35,2 kWh** **Potencia** 70 kW	

					Autonomía 305km (NEDC)	
Automóvil	Sedán	Eléctrico	BYD, e3 GL	5	**Batería** **47,3 kWh** **Potencia** 70 kW **Autonomía** 405km (NEDC)	
Automóvil	SUV	Eléctrico	BYD, e5	5	**Batería** **51,2 kWh** **Potencia** 100 kW **Autonomía** 405km (NEDC)	USD 35.000
Automóvil	SUV	Eléctrico	BYD, Song Pro EV	5	**Batería** **71 kWh** **Potencia** 137 kW **Autonomía** 502km (NEDC)	USD 48.900
Automóvil	VAN	Eléctrico	BYD, T3	2 o 5	**Batería** **48 kWh** **Potencia** 160 kW **Autonomía** 250km (NEDC)	
Automóvil	VAN	Eléctrico	BYD, M3	7	**Batería** **50,3 kWh** **Potencia** 100 kW **Autonomía** 300km (NEDC)	

Automóvil	SUV	Eléctrico	BYD, Tang	5	**Batería** **82,8 kWh** **Potencia** 183 kW **Autonomía** 520km (NEDC)	USD 76.900
Automóvil	SUV	Eléctrico	BYD, s1	5	**Batería** **53,22 kWh** **Potencia** 122 kW **Autonomía** 410km (NEDC)	USD 34.900
Automóvil	SUV	Eléctrico	BYD, s2	5	**Batería** **40,62 kWh** **Potencia** 71 kW **Autonomía** 305km (NEDC)	USD 29.900
Automóvil	Sedán	Eléctrico	Great Wall, ORA R1	4	**Batería** **33 kWh** **Potencia** 35 kW **Autonomía** 310km (WLTP)	USD 22.990
Automóvil	SUV	Eléctrico	Great Wall, IQ	5	**Batería** **43 kWh** **Potencia** 71 kW **Autonomía** 401km (NEDC)	USD 29.900
Automóvil	Sedán	Eléctrico	Hyundai, Ioniq	5	**Batería** **38,3 kWh** **Potencia** 100 kW	USD 38.900

					Autonomía 293km (WLTP)	
Automóvil	SUV	Eléctrico	Hyundai, Kona	5	**Batería** **64 kWh** **Potencia** 150 kW **Autonomía** 391km (EPA)	USD 42.900
Automóvil	SUV	Eléctrico	JAC, iEV7S	5	**Batería** **42,8 kWh** **Potencia** 93 kW **Autonomía** 320km (NEDC)	
Automóvil	SUV	Eléctrico	Jaguar, I-Peace	5	**Batería** **90 kWh** **Potencia** 294 kW **Autonomía** 480km (WLTP)	USD 99.500
Automóvil	SUV	Eléctrico	MG, ZS EV	5	**Batería** **44,5 kWh** **Potencia** 105 kW **Autonomía** 262km (WLTP)	USD 38.500
Automóvil	VAN	Eléctrico	Maxus, EV 30	2	**Batería** **35 kWh** **Potencia** 71 kW **Autonomía** 230km (NEDC)	USD 31.500

Automóvil	Hatchback	Eléctrico	Nissan, Leaf	5	**Batería** **40 kWh** **Potencia** 110 kW **Autonomía** 285km (WLTP)	USD 42.500
Automóvil	Hatchback	Eléctrico	Nissan, Leaf e+	5	**Batería** **62 kWh** **Potencia** 160 kW **Autonomía** 385 km (WLTP)	
Automóvil	VAN	Eléctrico	Renault, Kangoo	5	**Batería** **33 kWh** **Potencia** 44 kW **Autonomía** 270 km (NEDC)	USD 38.900
Automóvil	Hatchback	Eléctrico	Renault, Zoe	5	**Batería** **52 kWh** **Potencia** 80 kW **Autonomía** 390 km (WLTP)	USD 29.900
Automóvil	SUV	Eléctrico	Xpeng, G3	5	**Batería** **50,5 kWh** **Potencia** 145 kW **Autonomía** 520 km (NEDC)	USD 40.000
Automóvil	Sedán	Eléctrico	Xpeng, P7	5	**Batería** **80,9 kWh** **Potencia** 196 kW **Autonomía** 706 km (NEDC)	

Automóvil	SUV	Eléctrico	Yudo, Pi 1	5	**Batería** **49,8 kWh** **Potencia** 90 kW **Autonomía** 426 km (WLTP)	
Van		Eléctrico	YEMA EC30	7	**Batería** **47,17 kWh** **Potencia** 115 kW **Autonomía** 355 km (NEDC)	
Automóvil	SUV	Híbrido enchufable	Land Rover, Range Rover PHEV	5	**Batería** **13 kWh** **Potencia** 297 kW **Autonomía** 48 Km	
Automóvil	SUV	Híbrido enchufable	Land Rover, Range Rover Sport PHEV	5 o 7	**Batería** **13 kWh** **Potencia** 297 kW **Autonomía** 48 Km	USD 132.000
Automóvil	SUV	Híbrido enchufable	Mitsubishi, Outlander	5	**Batería** **12 kWh** **Potencia** 276 kW **Autonomía** 50 km	USD 65.900
Automóvil	SUV	Híbrido enchufable	Volvo, XC90 T8	7	**Batería** **11.6 kWh** **Potencia** 294 kW **Autonomía** 30 km	

Automóvil	SUV	Híbrido enchufable	Mini Cooper, Conuntryman PHEV	5	**Batería** **5.7 kWh** **Potencia** 164kW **Autonomía** 40 km	
Automóvil	SUV	Híbrido	Porsche, Cayenne e-hybrid	5		USD 140.000
Automóvil	SUV	Híbrido	Lexus, Nx 300h	5		USD 63.900
Automóvil	SUV	Híbrido	Lexus, Nx 300h F Sport	5		USD 81.900
Automóvil	SUV	Híbrido	Lexus, RX 450h	5		USD 86.300
Automóvil	SUV	Híbrido	Lexus, RX 450h Sport	5		USD 99.300

Automóvil	SUV	Híbrido	Lexus, UX	5		USD 46.900
Automóvil	Sedán	Híbrido	Toyota, Corolla	5		USD 29.900
Automóvil	Sedán	Híbrido	Toyota, C-HR	5		USD 34.900
Automóvil	Sedán	Híbrido	Toyota, Rav4	5		USD 40.300
Automóvil	Sedán	Híbrido	Hyundai, Ioniq Hibrid	5		
Automóvil	Sedán	Híbrido	Honda, Insight	5		USD 47.950

Motocicleta		Eléctrica	ZERO DS ZF7.2		**Batería** **7.2 kWh** **Potencia** 34 kW **Autonomía** 132 km	
Motocicleta		Eléctrica	ZERO DS ZF14.4		**Batería** **14.4 kWh** **Potencia** 45 kW **Autonomía** 262 km	
Motocicleta		Eléctrica	ZERO DSR ZF14.4		**Batería** **14.4 kWh** **Potencia** 52 kW **Autonomía** 262 km	

Fuente: Elaboración propia.

Además de las empresas mencionadas anteriormente, existe una oferta cada vez más grande de empresas que ofrecen vehículos eléctricos usados. Entre ellas: EV Imports, electroautos -quienes fueron los primeros en importar esta tecnología al país con el Reva-, entre otros.

Adicional a la oferta de vehículos eléctricos en el país, hay una creciente oferta de infraestructura de carga. En la Tabla 12 se enlistan los cargadores disponibles con sus respectivas especificaciones técnicas.

Tabla 12. Oferta de infraestructura de recarga disponible en Costa Rica

Empresa	Modelo	Tipo de cargador	Nivel de cargador	Estándar de conector	Precio del cargador	Requerimientos de instalación	Precio de instalación	Software de gestión de carga	Software de gestión del pago para la carga
Elco	Estación portátil simple	Tipo 1	L2, 7.2 Kw (240V, 30 A)	SAE J1772 Normas IEC 61851-1, IEC 61851-22, IEC 62196-1	USD 508	N/A	N/A	N/A	N/A
	Estación portátil dual	Tipo 1	L1/L2, 7.2 Kw (240V, 30 A)	SAE J1772 Normas IEC 61851-1, IEC 61851-22, IEC 62196-1	USD 565	N/A	N/A	N/A	N/A
	Estación de hogar	Tipo 1	L2, 7.2 Kw (240V, 30 A) O L1/L2, 7.2 Kw (240V, 30 A)	SAE J1772 Normas IEC 61851-1, IEC 61851-22, IEC 62196-1	USD 848	Breaker específico de 30A en la caja de breakers, cable eléctrico de 8 o de 10 y enchufe	Instalación gratis por la compra de la estación		
	Estación pública	Tipo 1	L2, 7.2 Kw (240V, 30 A)	SAE J1772 Normas IEC 61851-1, IEC 61851-22, IEC 62196-1	USD 1.582	No disponible	Instalación gratis por la compra de la estación	Tarjetas RFID y lector RFID: ISO14443A, protocolos de comunicación	
CFS Sistemas	EVH2S7P0AK inc cable	Tipo 1	L2 7.4 Kw	SAE J1772	No disponible	No disponible			
	EVB1A7PAKI inc cable	Tipo 1	L2 7Kw	SAE J1772	No disponible	No disponible		Acceso por llave y web	

								server embebido para gestión de cada usuario	
	EVB1A7PARI inc cable	Tipo 1	L2 7Kw	SAE J1772	No disponible			Tarjeta RFID y web server embebido para gestión de cada usuario	
	EVF2S7P02R	Tipo 2 pero se brinda adaptador de tipo 2 a tipo 1	L2 7Kw	SAE J1772	No disponible			Tarjeta RFID y web server embebido para gestión de cada usuario	
	EVF2S7P22R	Tipo 2 pero se brinda adaptador de tipo 2 a tipo 1	L2 7Kw	SAE J1772	No disponible			Tarjeta RFID y web server embebido para gestión de cada usuario	
	EVSE Tellus Power Green	CHAdeMO – GB/T – CCS1	L3 120Kw	CHAdeMO – GB/T – CCS1	No disponible				
	Tritium Veefil RT	CHAdeMO – CCS1	L3 50Kw	CHAdeMO – CCS1	No disponible				
EPower	JuiceBox Pro 32	Tipo 1	L2	SAE J1772	USD 1.700	No disponible	Estimado de instalación con costo base, con instalación de 20m con tubería expuesta sin obra civil, con	Lector RFID y código QR.	Software Cumple con OCPP 1.6J y OpenADR 2.0b

							solo 1 técnico instalador para 1 cargador. Instalacion con Supresor de picos: $650 Instalacion sin Supresor de picos: $375		
	Juice Box 32 Standard	Tipo 1	L2	SAE J1772	USD 900	No disponible	Estimado de instalación con costo base, con instalación de 20m con tubería expuesta sin obra civil, con solo 1 técnico instalador para 1 cargador. Instalacion con Supresor de picos: $650 Instalacion sin Supresor de picos: $375	No tiene lector RFID, se puede monitorear via WIFI con reportes de uso de carga por cargador pero no por usuario. El administrador puede activar o desactivar el cargador.	Software Cumple con OCPP 1.6J y OpenADR 2.0b
Top Energy	RAPTION 50 DUO	CHAdeMO, CCS1	L3 (Modo 4 según IEC 61851)	CHAdeMO y CCS 1 IEC 61851	USD 25.000-USD 38.000	Tensión 480 V, 60 Hz, potencia 53 kW	N/A	Power Studio Embebido (software de uso libre)	N/A

	URBAN M22-C1 URBAN WB M22-C1	Tipo 1	L2 (Modo 3 según IEC 61851)	SAE J1772 (2 conectores) IEC 61851	USD 3.000-USD 6.000	Tensión 208-240 V, 60 Hz, 15.2 kW	N/A	Power Studio Embebido (software de uso libre)	N/A
	eHome RVE-WBC-SMART-32 eNext M-C1 ePark M-C1	Tipo 1	L2 (Modo 3 según IEC 61851)	SAE J1772 (1 conector) IEC 61851	USD 800-USD 2.500	Tensión 208-240 V, 60 Hz, 15.2 kW	N/A	Power Studio Embebido (software de uso libre)	N/A

Fuente: Elaboración propia

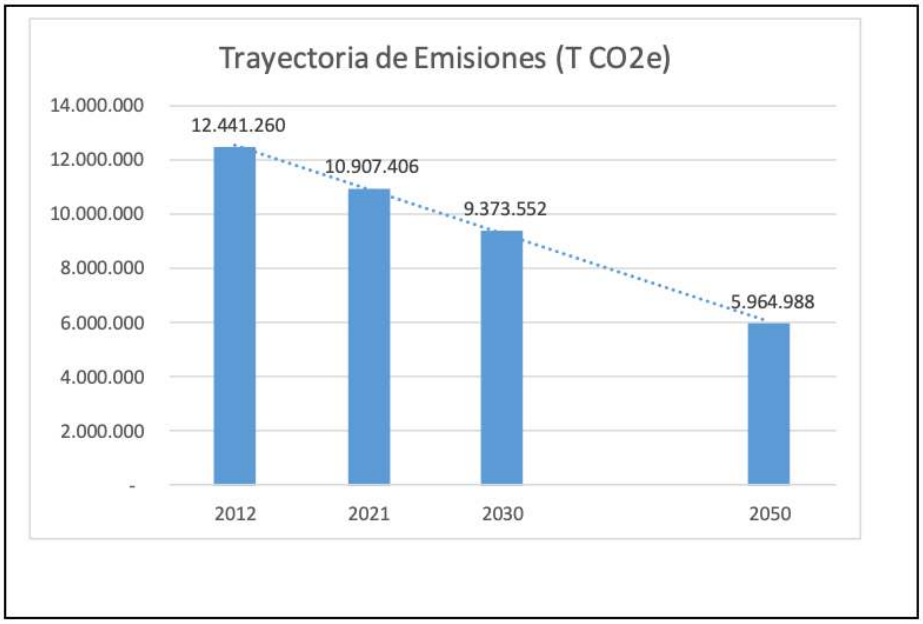
Nota: Se consultó al proveedor ION Chargers, sin embargo, no hubo respuesta.

3. Objetivos establecidos de movilidad eléctrica

En el 2015 Costa Rica presentó su primera Contribución Nacionalmente Determinada (NDC, por sus siglas en inglés)[15], ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC). En su NDC, Costa Rica se compromete a un máximo absoluto de emisiones de 9.374.000 TCO_{2eq} netas al 2030, con una trayectoria propuesta de emisiones per cápita de 1.73 toneladas netas per cápita para el 2030; 1.19 toneladas netas per cápita al 2050 y -0,27 toneladas netas per cápita al 2100. Este límite es consistente con la trayectoria global necesaria para cumplir la meta de 2°C.

El compromiso nacional implica una reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de 44%, comparado con un escenario *Business As Usual* (BAU), y representa una reducción de emisiones de GEI de 25% contrapuesto con las emisiones de 2012 (Ministerio de Ambiente y Energía, 2015).

Figura 1. Trayectoria propuesta de las emisiones totales netas de GEI de Costa Rica 2012-2050



Fuente: Contribución Nacionalmente Determinada de Costa Rica, 2015

[15] Ver https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Costa%20Rica%20First/INDC%20Costa%20Rica%20Version%202%200%20final%20ES.pdf

Consecuentemente, en el 2018, el país firma la Ley No. 9518 "Incentivos y Promoción para el Transporte Eléctrico[16]" en la cual se establece en su Capítulo VI sobre Transporte Público las siguientes metas de electrificación de este sector:

"*Artículo 28- Concesiones de autobuses. El Plan Nacional de Transporte Eléctrico establecerá el programa para que la flota vehicular de autobuses concesionado en el país realice, de forma paulatina, la sustitución a vehículos eléctricos, con previa autorización técnica y legal del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), de conformidad con viabilidad financiera y cuando las condiciones de las rutas de autobuses lo permitan.*

Para ello, el Plan Nacional de Transporte Eléctrico deberá proyectar el reemplazo de la flota de autobuses, al menos cada dos años, con una meta dentro de este período no menos del cinco por ciento (5%)" (Gobierno de Costa Rica, 2018).

"Artículo 30- Concesiones ordinarias de taxis. Los concesionarios del servicio de taxis ordinario que desean sustituir sus vehículos carburados por vehículos eléctricos podrán disfrutar los beneficios que ofrece esta ley; además, podrán usar el color distintivo que defina el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). Cuando el Ministerio de Obras Públicas y Transportes inicie nuevos procesos de concesión de taxis, exigirá que al menos el diez por ciento (10%) de concesiones se otorgue a vehículos eléctricos, atendiendo el procedimiento que se establecerá en el reglamento de esta ley" (Ibid., 2018).

Seguidamente en el 2019, el país lanzó su Plan Nacional de Descarbonización (PND) (2018-2050)[17]. Este plan establece metas a largo plazo que permiten trazar una ruta clara y seguir acciones a corto y mediano plazo para alcanzar la meta de la descarbonización de su economía al 2050.

Estas acciones se presentan en tres segmentos según lo establece el plan: i) inicio (2018-2022), ii) inflexión (2023-2030) y iii) despliegue masivo (2031-2050). El plan se estructura en 10 ejes que se derivan del patrón de emisiones de gases de efecto invernadero y ocho áreas transversales. Los ejes 1, 2, y 3 están relacionados con la movilidad eléctrica.

Tabla 13.Ejes del Plan Nacional de Descarbonización relacionados con la movilidad eléctrica

Eje	Metas
1. Desarrollo de un sistema de movilidad basado en transporte público seguro, eficiente y renovable y en esquemas de movilidad activa.	En el 2035 el 30% de la flota de transporte público será cero emisiones y el Tren Eléctrico de Pasajeros operará 100% eléctrico.

[16] Ver http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=85810
[17] Ver https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2019/02/PLAN.pdf

	En el 2050 el 85% de la flota de transporte público será cero emisiones.
2. Transformación de la flota de vehículos ligeros a cero emisiones, nutrido de energía renovable, no de origen fósil.	Hacia 2025 se estabilizará el crecimiento de flota de motocicletas y se adoptarán estándares para migrar a una flota cero emisiones. En 2035, el 30% de la flota de vehículos ligeros -privados e institucionales- será eléctrica. En 2050, el 95% de la flota será de cero emisiones. Al 2050 el país contará con una extensa red de recarga eléctrica a lo largo del país y con infraestructura complementaria para tecnologías cero emisiones (ejemplo, estaciones de hidrógeno).
3. Fomento de un transporte de carga que adopten modalidades, tecnologías y fuentes de energía hasta lograr las emisiones cero o las más bajas posibles.	Al 2022 Tren Eléctrico Limonense de Carga (TELCA) entra en operación. Para 2050 el transporte de carga será altamente eficiente y habrá reducido emisiones en un 20% con respecto a emisiones del 2018.

Fuente: Elaboración propia con datos del PND, 2020

En el proceso de producción del PND, se reconoció la necesidad de planear la ruta tecnológica utilizando métodos cualitativos y cuantitativos. El primero se abordó a través de un enfoque participativo con diferentes instituciones y sectores para establecer cuáles serían los paquetes de políticas en un futuro descarbonizado, y definir las estrategias y acciones (conocidas como narrativas e historias), en torno a la vía de la descarbonización. Para el análisis cuantitativo, un equipo de la Universidad de Costa Rica (UCR) ejecutó una modelación utilizando la herramienta *Open Source Energy Modelling System* (OSeMOSYS)[18], con el fin de comprender los costos y beneficios de esta vía tecnológica en los sectores de transporte y energía.

OSeMOSYS es un software de optimización para la planificación energética a largo plazo. Es un modelo de código abierto estructurado en bloques de funcionalidad que permite modificaciones fáciles al código, proporcionando una gran flexibilidad para el proceso creativo de la solución. Los

[18] Ver https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421511004897

modelos que se construyen en OSeMOSYS minimizan el costo total del sistema por un período de tiempo determinado, definiendo la configuración del sistema de suministro, considerando algunas restricciones de actividad, capacidad y emisiones de tecnologías (Howells, et al., 2011).

Esta herramienta se adoptó para Costa Rica como parte del proyecto "*Deep Decarbonization Pathways in Latin America and the Caribbean* (DDPP-LAC)[19]" coordinado por el Instituto para el Desarrollo Sostenible y Relaciones Internacionales (IDDRI, por sus siglas en inglés) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), con el objetivo de producir un modelo de Optimización de Sistemas de Energía (ESOM, por sus siglas en inglés)[20], que brindara conocimientos en términos de la transición tecnológica más rentable hacia una economía descarbonizada en los sectores de la energía y del transporte. Para construir el modelo, las instituciones clave en los sectores de transporte y energía participaron activamente en el proceso y, también, proporcionaron datos que actualmente alimentan las evaluaciones tecnológicas y socioeconómicas. Otras fuentes de datos utilizadas fueron las bases de datos internacionales y el modelo TIMES-CR que fue previamente construido para el país por modeladores externos (Godínez-Zamora, et al., 2020).

Una de las particularidades del modelo OSeMOSYS-CR es que es mantenido por la academia, lo cual asegura que se esté actualizando con la última información disponible.

Proyección de incremento y electrificación del parque vehicular en Costa Rica

Para la proyección de incremento y electrificación, se crearon dos escenarios en la herramienta de modelación OSeMOSYS-CR. El primero, un escenario *Business as Usual* (BAU) que proyecta la evolución actual de las emisiones provocadas por la creciente demanda de combustibles fósiles ignorando los efectos de las políticas climáticas; y un segundo escenario proyectando las metas establecidas en el PND, el cual promueve el transporte público y la movilidad eléctrica consistente con emisiones netas cero para 2050.

En términos de las variables para el escenario BAU se considera el consumo de energía -incluido el del transporte-, el Producto Interno Bruto (PIB), el crecimiento de la población y los aspectos relacionados con el sector transporte, p. ej, tasa de ocupación, crecimiento de la flota de vehículos, y distancia media anual, que se proyectan con base en tendencias basada en datos históricos. Para la construcción de nuevas centrales eléctricas y líneas de transmisión, se utilizaron como referencia los planes de expansión de generación eléctrica del Instituto Costarricense de Electricidad[21] que sugieren una estabilidad del sistema eléctrico y renovables a largo plazo. Siguiendo las tendencias internacionales de desarrollo tecnológico e innovación, el escenario considera una penetración moderada de generación distribuida (5% de la capacidad total), especialmente los sistemas fotovoltaicos en cubierta; y un despliegue conservador de vehículos eléctricos ligeros y autobuses

[19] Ver https://www.iddri.org/en/project/deep-decarbonization-pathways-latin-america
[20] Ver https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037877881400512X?via%3Dihub
[21] Ver https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/d91d6f4f-6619-4a2f-834f-6f5890eebb64/PLAN+DE+EXPANSION+DE+LA+GENERACION+2018-2034.pdf?MOD=AJPERES&CVID=mIeNZKV

eléctricos (5% de penetración para 2050 en ambas flotas), así como una pequeña reducción de costos en tecnologías (Godínez-Zamora, et al., 2020).

En términos de las narrativas para el escenario del PND se consideró que la situación social y económica descrita en el escenario BAU sigue siendo la misma. Sin embargo, se incluyen tres actividades principales hacia una descarbonización profunda. Estas son: i) cambio urbano y movilidad no motorizada; ii) la sustitución de tecnologías de combustibles fósiles; y, iii) el cambio de vectores energéticos intensivos en carbono a tecnologías bajas o de cero emisiones. Para todas estas iniciativas, se asume que el Gobierno desarrollará los mecanismos necesarios para financiar proyectos, promover un cambio de comportamiento en la sociedad y generar una comunicación efectiva y transparente.

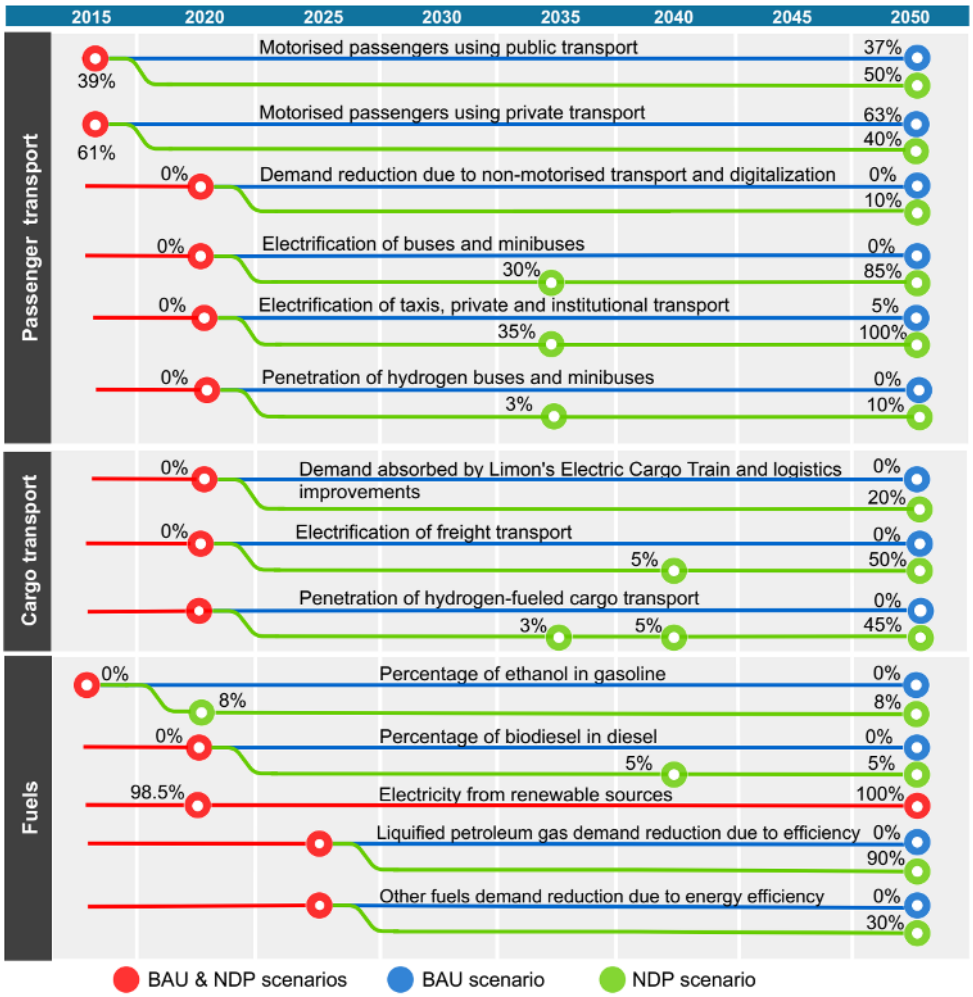
Los escenarios utilizados para las actividades relacionadas con el sector transporte se describen a continuación:

- Cambio de tecnologías de combustibles fósiles: el escenario considera la sostenibilidad energética con bajos niveles de emisiones como eje fundamental de una política de largo plazo. Se espera que las condiciones del mercado sean las adecuadas y se promoverán incentivos adicionales para la importación y compra de vehículos eléctricos, no solo para uso privado, sino también en buses y carga. Además, el despliegue del Tren Eléctrico Limonense de Carga (TELCA) se incluye como una medida prometedora para reducir las emisiones de la carga pesada. Finalmente, el país consolidará la flexibilidad, inteligencia y resiliencia del sistema eléctrico bajo el concepto de redes inteligentes.

- Cambio de portadores de energía: esta acción afecta directamente a todo el sistema basado en combustibles fósiles, pero tiene un mayor impacto en el sector del transporte de carga. En primer lugar, consiste en utilizar una mezcla de combustibles fósiles con biocombustibles, sustituyendo así la importación por un combustible de producción local al precio competitivo del mercado. Además, el escenario también considera la incorporación de hidrógeno, particularmente para vehículos pesados (carga y autobuses) y gas licuado de petróleo (GLP) como combustible de transición. Se supone que el hidrógeno estará disponible para 2030.

La Figura 2 resume los objetivos para cada escenario (BAU y PND) de acuerdo con las principales narrativas y la meta nacional establecida. Por ejemplo, en el caso de la electrificación de las flotas de buses y minibuses, se observa en la figura, un escenario BAU (línea azul), sin cambios. Por otro lado, la línea verde muestra las metas establecidas en el Plan Nacional de Descarbonización que indican la electrificación del 35% de las flotas al 2035 y el 85% al 2050. Cabe resaltar que, la *producción de electricidad de fuentes renovables* se mantiene constante en ambos escenarios, debido a que Costa Rica ya produce su electricidad de fuentes limpias, por lo que se asume que seguirá siendo así.

Figura 2. Escenarios modelados en OSeMOSYS-CR.



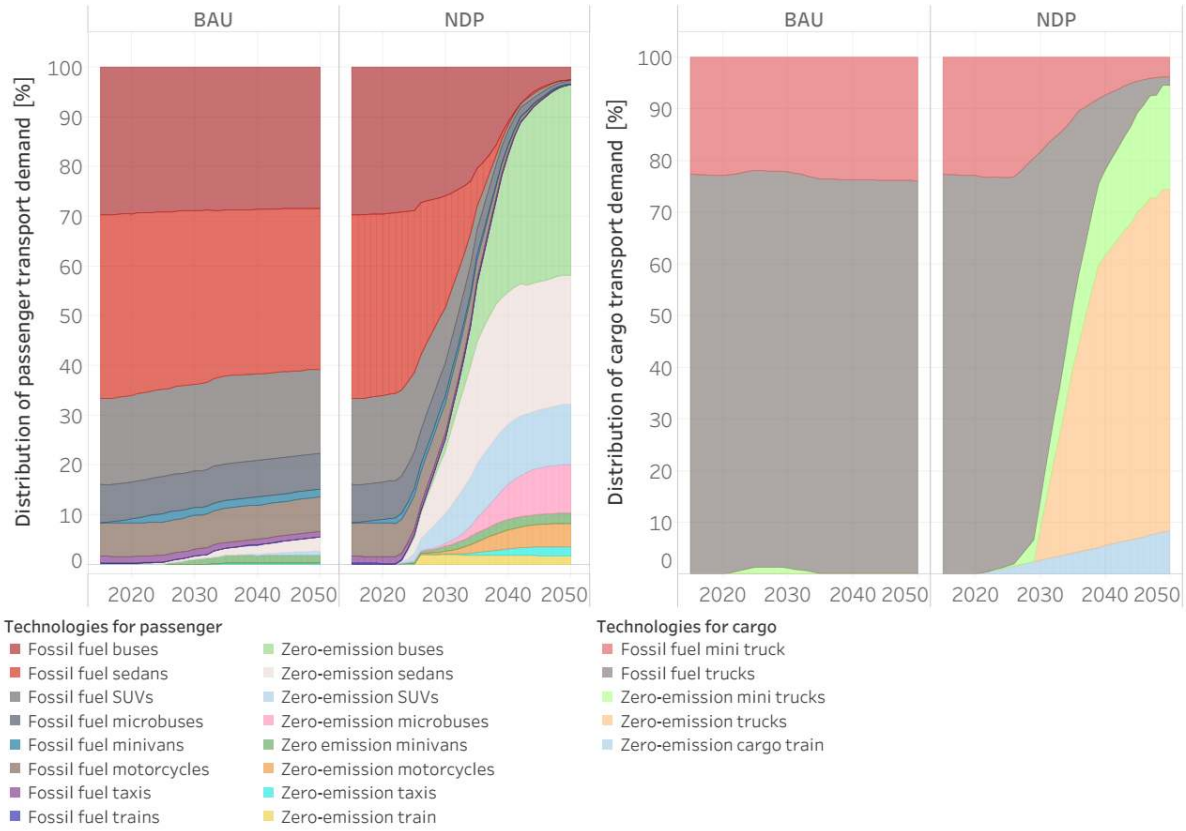
Fuente: (Godínez-Zamora, et al., 2020)

El escenario de descarbonización implica cambios modales y reducciones en la distancia recorrida promovidos por ciudades compactas. Además, implica una transición al transporte público que aumenta al 50% de los kilómetros motorizados recorridos para 2050 en comparación con cifras significativamente más bajas (hasta el 40%) en el escenario BAU. Esto implica, en consecuencia, una reducción de la demanda de kilómetros/pasajeros en el transporte privado (del 61% en 2015 al 40% en 2050). El PND prevé que, para 2050, el transporte público debería satisfacer la mayor parte de la demanda en las áreas metropolitanas, y que los modos no motorizados (incluido caminar y andar en bicicleta y la reducción de la demanda debido a la digitalización del empleo y el teletrabajo) deberían corresponder a un 10% del reparto modal al 2050.

La descarbonización también implica una transición hacia tecnologías de cero o bajas emisiones alcanzando el 85% de electrificación de la flota pública y el 100% de la flota privada, institucional y de taxis al 2050. Los autobuses y minibuses a base de hidrógeno también forman parte de este camino tecnológico hacia cero emisiones netas con una meta de 10% de penetración a mediados de

siglo. Esta vía también implica una transformación en el sector del transporte de carga, este representaría un 50% basado en baterías y un 45% basado en hidrógeno al 2050. Los biocombustibles también juegan un papel importante en la reducción de emisiones, junto con un uso reducido de GLP en los sectores comercial y residencial. Finalmente, se considera que el mix en la generación energética será 100% renovable (Godínez-Zamora, et al., 2020).

Figura 3. Distribuciones de la demanda de transporte de pasajeros y carga. Clasificación basada en grupo de tecnologías



Fuente: (Godínez-Zamora, et al., 2020)

En los resultados de la modelación, se evidenció que la movilidad eléctrica en el transporte particular (sedanes, SUV, etc.) comienza a crecer a partir de 2022 ya que la tecnología será accesible para muchas más personas. En cuanto a los buses eléctricos, si bien el despliegue comienza a partir de 2021, la adopción masiva tiene lugar principalmente después de 2030 cuando la tecnología se vuelve aún más rentable (ver Figura 3, lado izquierdo), en la sección 3.1.2 se profundiza al respecto.

El lado derecho de la Figura 3 muestra la transición tecnológica esperada para el transporte de carga. La demanda comienza a satisfacerse a partir del 2021 con base en la utilización del TELCA; el uso de este tren crece linealmente hasta alcanzar el 10% de la demanda total para el 2050. Luego se completa el proceso de descarbonización en el sector de carga por la electrificación de camiones y

mini camiones. Sin embargo, las implementaciones se intensifican después de 2030, dada la disponibilidad de tecnologías. Se espera que la electrificación de los camiones y mini camiones alcance un 85% para 2050. Se espera que el 95% de la demanda total para 2050 se satisfaga utilizando tecnologías de cero emisiones (Godínez-Zamora, et al., 2020).

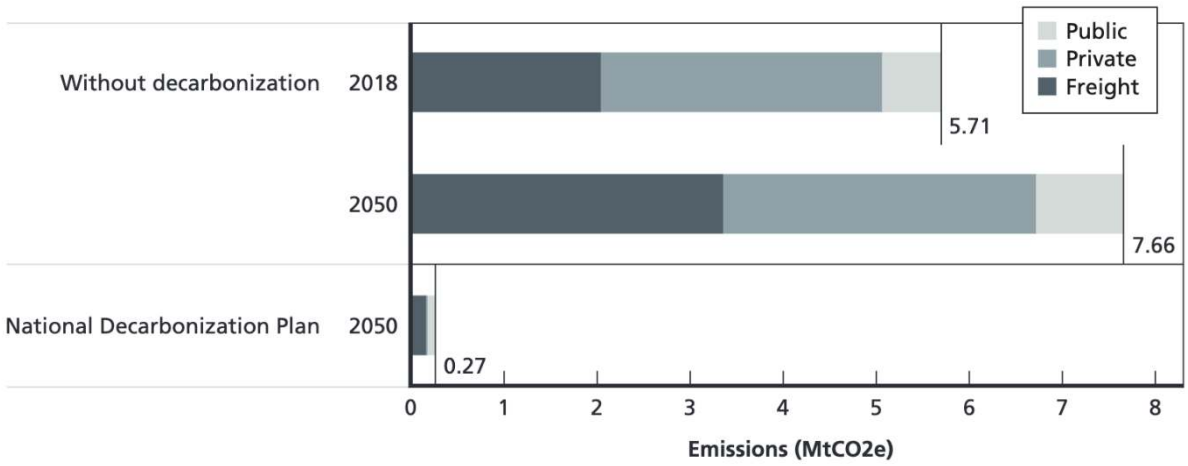
3.1 Estimación de impactos de los objetivos establecidos

La herramienta OSeMOSYS-CR incluye la estimación de las externalidades asociadas con: i) contaminación por consumo de combustible, ii) accidentes relacionados con el uso de vehículos, y iii) costo de la congestión vehicular. Estos se seleccionaron en función de su relevancia para el país y la disponibilidad de datos. Se podrían agregar otras externalidades según las necesidades que se tengan.

3.1.1 Emisiones y salud

Tomando en cuenta los escenarios y los supuestos descritos anteriormente, según los resultados generados en la herramienta, las emisiones del transporte disminuirían de 5,7 MtCO2e en 2018 a 0,3 MtCO2e en 2050 (ver Figura 4) (G. Groves, et al., 2020). Esto ocurre principalmente por la electrificación del sector transporte y el cambio modal hacia el transporte público.

Figura 4. Emisiones del sector transporte sin descarbonización y con la implementación del Plan Nacional de Descarbonización



Fuente: (G. Groves, et al., 2020)

Para realizar la estimación relacionada con la contaminación, se utilizaron datos del trabajo "*Global Fossil Fuel Subsidies Remain Large: An Update Based on Country-Level Estimates*[22]" del Fondo Monetario Internacional (FMI). En este documento, los autores asignan un costo externo en dólares a la calidad del aire local para Costa Rica por litro de combustible consumido. Estos factores dependen de tasas de mortalidad estimadas con base en: contaminación inhalada, tasas de mortalidad por ictus, enfermedad pulmonar obstructiva, cardiopatía isquémica y cáncer de pulmón, entre otros (Coady, Parry, Le, & Shang, 2019).

Los costes de externalidad de los impactos de la contaminación por unidad de actividad, fueron asignados por tonelada a tres contaminantes: NOx, SOx y PM10. Para que fuera aplicable al OSeMOSYS-CR, se estimó un costo de externalidad por tipo de vehículo y kilómetros recorridos (vkm). Cabe resaltar que en el informe del Programa Integral de Movilidad Urbana Sostenible (PIMUS)[23] se obtuvieron los factores de emisión por distancia recorrida. Estos toman como referencia el Informe Grütter[24] para estimar los vkm por tipo de vehículo. Dado que los vkm en PIMUS son para el Gran Área Metropolitana (GAM), se ajustó el costo de las muertes y lesiones para el resto del país, con el fin de evitar la sobre-penalización.

Respecto a la accidentalidad, el modelo utiliza un factor por pasajero que se puede obtener a partir de datos históricos si están disponibles. El trabajo del FMI, también proporciona información sobre la accidentalidad, pero estos se presentan en dólares por litro; por lo tanto, para el OSeMOSYS-CR se utilizaron estimaciones realizadas en el país y reportadas en el PIMUS. Estos costos incluyen costos

[22] Ver https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2019/05/02/Global-Fossil-Fuel-Subsidies-Remain-Large-An-Update-Based-on-Country-Level-Estimates-46509
[23] Ver https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2018/09/PIMUS_INFORME-EJECUTIVO.pdf
[24] https://climateactiontransparency.org/wp-content/uploads/2019/04/Update-of-the-roadmap-for-the-implementation-of-the-greenhouse-gas-monitoring-system-of-the-GAM-Transportation-Sector.pdf

médicos, destrucción de vehículos y pérdida de productividad. Estos costos, combinados con la información del Libro Estadístico de COSEVI de 2017[25] sobre estadísticas de accidentes, permiten definir un coeficiente en dólares por kilómetro/pasajero.

Estas reducciones llevarían a USD $13 mil millones en salud, accidentes y ahorros por congestión (G. Groves, et al., 2020).

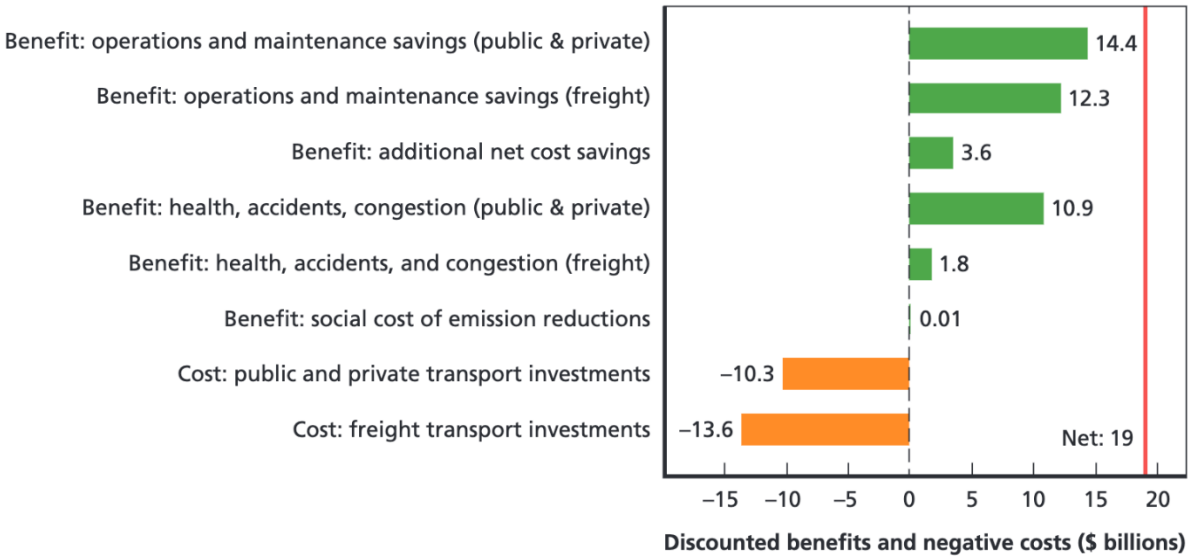
3.1.2 Económico y empleo

Desde una perspectiva financiera, el proceso de descarbonización requiere costos de capital que se compensan con costos operativos reducidos, los primeros son mayores en aproximadamente USD 8 mil millones al 2050 (G. Groves, et al., 2020). No obstante, a pesar de que la implementación de tecnologías de cero o bajas emisiones puede generar mayores costos de inversión, el funcionamiento suele generar ahorros. Asimismo, los costos de las tecnologías de carbono cero están cayendo rápidamente mientras que el negocio BAU se está volviendo más caro y está expuesto a riesgos de transición.

A la hora de generar las modelaciones en el OSeMOSYS-CR, se muestra que la descarbonización del sector transporte generaría beneficios que superan significativamente los costos (ver Figura 5). Los mayores beneficios provendrían de la reducción de los costos de operación y mantenimiento de una flota en gran parte electrificada: USD 14.4 mil millones del transporte público y privado, USD 12.3 mil millones del transporte de carga y USD 3.6 mil millones adicionales del sistema de transporte en su conjunto (G. Groves, et al., 2020).

25 https://www.csv.go.cr/documents/20126/50694/Anuario+estad%C3%ADstico+de+accidentes+de+tr%C3%A1nsito+con+v%C3%ADctimas+Costa+Rica+2017.pd|f/dcf2e128-2660-517b-c360-7cc5cfa5cd2a?t=1574094470460

Figura 5. Beneficios y costos de la descarbonización en el sector del transporte según los supuestos



Fuente: (G. Groves, et al., 2020)

A la hora de colocar estas inversiones en un cronograma, las mismas superan los ahorros en el corto plazo (2020-2030). Estas están relacionadas principalmente con el despliegue inicial de vehículos eléctricos en la flota privada, la electrificación del transporte de carga liviana, la primera fase del despliegue del tren de pasajeros y nuevas plantas de energía renovable. Si bien aún se necesitan inversiones a mediano y largo plazo, los ahorros operativos (altamente relacionados con la reducción de consumo de combustibles fósiles) siempre compensan los costos de capital; por lo tanto, trayendo beneficios financieros netos (ver Figura 6).

Figura 6.Beneficios financieros netos del PND. Los valores tienen un descuento del 5% hasta 2050.



Fuente: (G. Groves, et al., 2020)

Si se suman los beneficios en términos de salud, congestión y accidentes, los beneficios socioeconómicos en el mediano y largo plazo representan alrededor de USD 11 mil millones (G. Groves, et al., 2020). Pasar a sistemas de transporte público eficientes y a la movilidad eléctrica podría ser una de las mayores oportunidades para apoyar la transición a cero emisiones netas al tiempo que aporta beneficios sustanciales a la economía y a la sociedad.

Empleo

El transporte desempeña un papel fundamental en la transformación hacia una economía descarbonizada. Históricamente, su desarrollo se ha asociado al crecimiento económico, ya que facilita la movilidad de la actividad económica y conecta la producción a nuevos mercados.

El sector transporte en Costa Rica es un sector clave por su relevancia para la economía, el empleo y el medio ambiente. El sector contribuye con el 4.6% del total del PIB y empleaba aproximadamente 95.500 personas durante el segundo trimestre de 2020 (más de 115 mil a finales de 2019), que corresponde a un 5% del total de empleados (Epifanio & Katiana, 2020). En este sentido, la transición

hacia un modelo de transporte electrificado, el fortalecimiento de la micro-movilidad, o la mejora del transporte público, generarán impactos directos e indirectos sobre el empleo.

En Costa Rica el ecosistema de movilidad eléctrica es incipiente, sin embargo, ha venido creciendo activamente. Se espera un aumento de la necesidad de conductores y operadores de instalaciones y máquinas, especialmente debido a la promoción del transporte público, y en la construcción de la infraestructura necesaria. Se necesitarán competencias específicas en la reparación de vehículos eléctricos y en la gestión y mantenimiento de las infraestructuras de recarga.

En cuanto a efectos indirectos, es decir, a lo largo de la cadena de valor, existe potencial de creación de empleo en el comercio de componentes para vehículos de transporte público y eléctricos, en la producción de vehículos no motorizados, así como en la construcción de nueva infraestructura de recarga.

A continuación, se presenta la situación actual para cada cadena de valor sugerida para este análisis -energía, infraestructura de recarga y vehículos-, y los avances que presentan en sus respectivos segmentos.

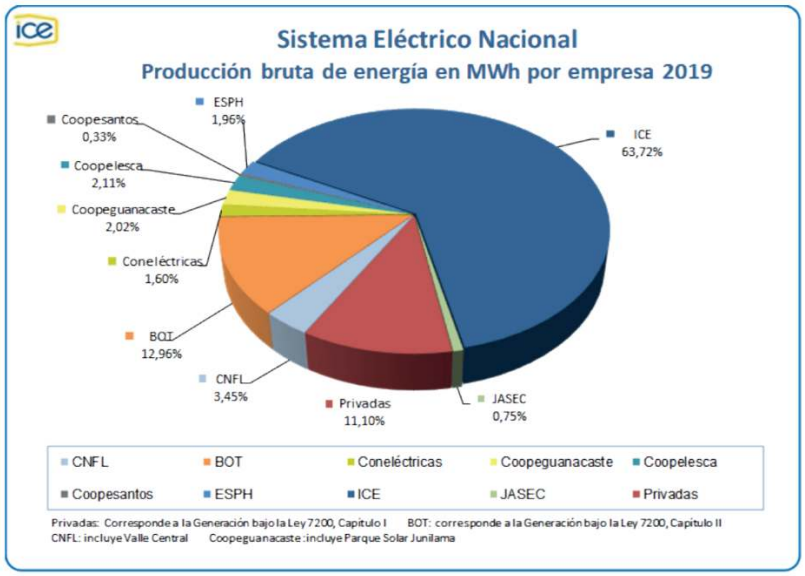
Energía

En cuanto al sector energético, Costa Rica cuenta con un ecosistema bastante robusto y establecido desde hace más de 70 años. Es un país destacado internacionalmente por utilizar fuentes de energía renovable para la producción de electricidad que cubre casi en un 100%, su demanda interna de electricidad. No obstante, este sector se caracteriza por contar con una amplia participación del Estado en los ámbitos de la política, la planificación y la regulación, así como en el de la operación (Instituto Español de Comercio Exterior, 2011).

El principal actor institucional es el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) quien es responsable del desarrollo de recursos de distintas fuentes renovables; de la planificación de la expansión y operación del Sistema Eléctrico Nacional (SEN); de la red de transmisión y de la distribución en la mayor parte del país. En este sentido, el Grupo ICE es el encargado de generar más fuente de empleo en la cadena de valor energética del país. Sin embargo, la generación de electricidad la realizan siete empresas de servicio público y 37 generadores privados, siete de los cuales responden a contratos bajo el esquema BOT (Construir, Operar y Transferir, por sus siglas en inglés) (Instituto Costarricense de Electricidad, 2019).

Las empresas de servicio público que tienen generación son el ICE, la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL, subsidiaria del ICE), la Junta Administradora del Servicio Eléctrico de Cartago (JASEC), la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH), la Cooperativa de Electrificación de San Carlos (COOPELESCA), la Cooperativa de Electrificación Rural de Guanacaste (COOPEGUANACASTE) y la Cooperativa de Electrificación Rural Los Santos (COOPESANTOS R.L.) (Instituto Costarricense de Electricidad, 2019). En la Figura 7 se muestra la producción de energía por empresa para el año 2019.

Figura 5. Producción de energía por empresa para el 2019



Fuente: (Instituto Costarricense de Electricidad, 2019)

En la Tabla 17 se muestra la capacidad instalada al 31 de diciembre de 2019, en el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) por fuente.

Tabla 14. Potencia instalada en placa al 31 de diciembre de 2019

Sistema Eléctrico Nacional			
ICE	kW	Unidades	%
Hidro	1.683.818	42	69.09%
Térmico	474.112	21	19.45%
Geotérmico	261.860	8	10.74%
Eólico	16.500	25	0.68%
Solar	1.000	10	0.04%
Total ICE	2.437.290	106	68.34%
Otras Empresas	kW	Unidades	%
Hidro	367.814	58	85.46%
Eólico	58.200	44	13.52%
Solar	4.400	1	1.02%
Total Otras Empresas	430.414	103	12.07%
Ley 7200[26], Capítulo I	kW	Unidades	%
Hidro	89.003	45	26.08%
Eólico	181.230	154	53.11%

[26] Ver http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=7591&nValor3=8139&strTipM=TC

Biomasa	71.000	4	20.81%
Total Ley 7200, Capítulo I	341.233	203	9.57%
Ley 7200, Capítulo II	kW	Unidades	%
Hidro	202.531	9	56.65%
Eólico	154.985	113	43.35%
Total Ley 7200, Capítulo II	357.516	122	10.02%
TOTAL INSTALADO	3.566.453	534	

Fuente: Elaboración propia con base en (Instituto Costarricense de Electricidad, 2019)

Según los datos mostrados en la Tabla 16, para diciembre de 2019, se produjeron 2.3 GW de fuentes hidroeléctricas, y solamente 5.400 kW de energía solar. Sin embargo, de acuerdo con los resultados de las proyecciones energéticas (ver impacto sector energético) realizadas por el OSeMOSYS-CR, a partir del 2035 la energía solar aumentará hasta 1.5 GW de capacidad instalada y hasta 5.1 GW para el 2050 en un escenario descarbonizado. Esto representa una oportunidad importante para la creación de empleo y el desarrollo de nuevas capacidades en el sector energético.

De acuerdo con datos del *International Renewable Energy Agency* (IRENA), actualmente hay alrededor de 5 millones de empleos asociados a las industrias solar y eólica. Se estima que estos representan casi un tercio del empleo del sector energético mundial; para el cual se necesita una amplia gama de habilidades en las cadenas de valor. Además, los datos de IRENA aseguran que aproximadamente la mitad de la fuerza laboral solar es local y trabaja en el desarrollo de proyectos, instalación y actividades de operación y mantenimiento para proyectos de gran o pequeña escala (International Renewable Energy Agency , 2019), lo que generaría oportunidades de empleo indirecto.

Según la Agencia Internacional de la Energía (IEA, por sus siglas en inglés), la energía solar es la tecnología de generación de energía que requiere de más trabajo. A escala de utilidad, este tipo de generación crea alrededor de 3 trabajos de construcción locales y alrededor de 6 trabajos de fabricación, con USD 1 millón en gastos de capital. La energía solar fotovoltaica en los techos de las viviendas, requiere más mano de obra y crea alrededor de 10 trabajos de construcción por la misma inversión. Adicionalmente, la energía solar fotovoltaica a escala comercial crea entre 0.3 y 0.4 puestos de trabajo de operación y mantenimiento por millón de dólares invertidos; la solar fotovoltaica en los techos crea tres veces más trabajos de operación y mantenimiento por unidad de inversión (Agencia Internacional de la Energía, 2020).

Adicionalmente, según los escenarios de descarbonización modelados en el OSeMOSYS-CR, se espera que los autobuses y minibuses a base de hidrógeno formen parte del camino tecnológico hacia cero emisiones netas con un 10% de penetración a mediados de siglo. Además, se espera una transformación en el sector del transporte de carga, incluidas tecnologías basadas en baterías e hidrógeno; se considera un 50/50 compartido para 2050. Estos escenarios presentan una oportunidad para la generación de empleo en Costa Rica ya que es de los países de la región que presenta más avances en el tema de producción y almacenamiento de hidrógeno (ver innovación).

A medida que aumentan las diversas aplicaciones de pilas de combustible, se espera que la industria experimente un crecimiento significativo. Se crearán nuevos puestos de trabajo en las empresas que desarrollan, fabrican, operan y mantienen los sistemas de pilas de combustible. Asimismo, se verá una necesidad creciente de personas capacitadas, personal experimentado y servicios de acompañamiento como técnicos de mantenimiento, instaladores, profesionales de fabricación, capacitadores, aseguradoras y educadores (Departamento de Energía, 2014). En este sentido, el Departamento de Energía (DOE, por sus siglas en inglés) de Estados Unidos, ha implementado un enfoque de educación de "capacitar al capacitador" que incluye certificaciones laborales y el plan de estudios necesarios para apoyar a esta fuerza laboral en crecimiento. (Ibid., 2014).

Adicionalmente, la DOE ha creado una herramienta de modelación para estimar los beneficios económicos de las pilas de combustible al ejecutarse en distintos estados de EEUU. Esta herramienta desarrollada por el Laboratorio Nacional Argonne, denominada "Beneficios de trabajo y producción de las pilas de combustible estacionarias (JOBS FC): Beneficios económicos de las pilas de combustible[27]", estima el número de puestos de trabajo creados al implementar pilas de combustible para distintos usos. JOBS FC es un modelo de hoja de cálculo que estima los impactos económicos de la fabricación y el uso de distintos tipos de pilas de combustible. La herramienta de modelación utiliza la metodología de entrada-salida para estimar los cambios en los gastos de la industria, y calcula los efectos dominó de esos cambios en toda la economía.

A nivel nacional, se podría elaborar una herramienta similar a la del Departamento de Energía de Estados Unidos, para estimar los impactos de la introducción de tecnologías de hidrógeno. Este ejercicio puede ser propuesto a la academia, ya que ellos ya cuentan experiencia en el uso de herramientas de modelación como OSeMOSYS-CR, y podrían desarrollar una herramienta similar para medir la cantidad de empleos que se crearían en un escenario descarbonizado para el caso específico de Costa Rica.

Infraestructura de recarga

La infraestructura de recarga para vehículos eléctricos representa una oportunidad para la generación de empleos y la atracción de inversiones. De acuerdo con la Ley No. 9518, su construcción y funcionamiento estará a cargo de los operadores eléctricos en coordinación con el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) y el Ministerio de Obras Públicas y Transporte (MOPT) y las municipalidades. Esto representa oportunidades de creación de nuevos empleos que, en algunos casos, requerirán de competencias específicas. Además, se ha visto una mayor participación del sector privado, principalmente en la fabricación y comercialización de infraestructura y en su respectiva instalación.

Hoy por hoy, en el país hay 5 proveedores de infraestructura de recarga, pero solamente la empresa ELCO fabrica y ensambla estos cargadores de forma local, generando empleos directos e indirectos

[27] Ver https://jobsfc.es.anl.gov/index.php?content=h2

para la producción de los mismos. Generalmente los equipos de los proveedores de infraestructura de recarga están conformados por grupos de 4 a 5 personas y hacen subcontrataciones para la instalación. Al ser mercados aún incipientes, no se tiene la necesidad de contratar más personal. En el caso del ICE, no se ha visto la necesidad de hacer más contrataciones. Las instalaciones de las estaciones de recarga, su prueba y el mantenimiento, las realizan colaboradores actuales.

Adicionalmente, la situación actual de movilidad eléctrica permite la conformación de alianzas. Recientemente, las empresas nacionales ELCO y CFS Sistemas crearon una alianza con el fin de exportar infraestructura de recarga y servicios relacionados, a otros países de la región Latinoamericana. Esto aún es un proyecto en proceso, pero se espera poder empezar a exportar a partir del próximo año, lo cual generaría no solo empleos a nivel nacional, sino también a nivel regional.

Vehículos

En Costa Rica no existe una industria automotriz por lo que el impacto en la generación de empleo en esta cadena de valor es relativamente bajo. Esta está concentrada principalmente en los segmentos de: i) comercialización, ii) servicio post-venta, iii) investigación y consultorías y iv) educación y capacitación. Sin embargo, la Ley No. 9518[28] establece en su disposiciones y beneficios para que las empresas participen en el ensamblaje y producción de vehículos eléctricos, a fin de "generar las condiciones que permitan mejorar el desarrollo empresarial y, por ende, contribuir al desarrollo sostenible de Costa Rica, generando sinergias entre los diferentes actores y también empleos.

Actualmente el segmento de educación y capacitación, es el segmento más desarrollado y probablemente el que más crezca junto con servicio post-venta; ya que las personas graduadas de estas nuevas carreras buscarán cómo introducirse en el mercado laboral. En esta línea, desde el 2014, el Instituto Nacional de Aprendizaje (INA) ha egresado a 145 estudiantes de su programa de Reparación y Mantenimiento de Vehículos Eléctricos e Híbridos. Es decir, al año se gradúan en promedio, 24 mecánicos automotrices como técnicos en reparación y mantenimiento de vehículos en estas dos nuevas tecnologías (Soto, 2020). Además, existen otros institutos privados como el Instituto ECACTRÓNICA, que nace ante la creciente demanda de mecánicos y de la necesidad de formarlos con las herramientas necesarias para atender la flotilla vehicular eléctrica del país. Esto ha permitido la creación de distintas ofertas de talleres privados especializados en esta tecnología, entre ellos el EV Lab: Laboratorio de baterías y vehículos eléctricos e híbridos y el EV-1 Diagnóstico y Reparación de Vehículos Eléctricos. En cuanto a investigación, se han conformado equipos interdisciplinarios desde la academia como el Laboratorio de Investigación en Vehículos Eléctricos – LIVE, del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC) y el EPERLab de la UCR.

[28] [28] Ver http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=85810

Transición justa

Evidentemente la transición hacia un transporte cero emisiones creará beneficiados y perjudicados. Y es precisamente por esto que los gobernantes de la región deberán establecer políticas públicas que ayuden a que la transición sea justa, sin dejar a nadie atrás.

En el PND, además de incluirse los ejes de la economía que deben ser descarbonizados para alcanzar la meta de cero emisiones netas al 2050, se incluyen también ocho estrategias transversales para potenciar el cambio. Una de ellas es la estrategia laboral de "transición justa". En ella se reconoce que la viabilidad política de estas grandes transiciones estará asociada al proceso de adaptación a las oportunidades y retos que surgirán en mercado laboral. Por lo tanto, se requiere identificar mejores prácticas internacionales de procesos de transición justa, evaluando su aplicabilidad en el contexto costarricense (Gobierno de Costa Rica, 2019). Cabe resaltar que, Costa Rica es uno de los primeros países en incluir la transición justa en sus estrategias a largo plazo.

Esta estrategia se basa en la elaboración de planes relevantes a sectores expuestos a los mayores impactos. De igual forma, se debe incluir una estrategia de financiamiento ya que se deberán diseñar estrategias de intervención y comunicación con los sectores directamente más afectados. La institución a cargo de liderar esta estrategia es el Ministerio de Trabajo (con la colaboración del MINAE, MIDEPLAN y con apoyo en investigación del Banco Central en materia de impactos laborales a nivel macro), así lo establece el PND (Ibid., 2019).

3.1.3 Innovación

Costa Rica ha sido reconocida mundialmente por sus políticas innovadoras a nivel social y ambiental. El primero de diciembre de 1948, bajo la administración de José Figueres Ferrer, el país abolió el ejército; hito que ha permitido al país invertir en salud y educación, lo cual ha atraído grandes empresas tecnológicas como Intel, Amazon, Hewlett-Packard, entre otras.

Uno de los símbolos de la innovación costarricense es el laboratorio del científico y astronauta, Franklin Chang-Díaz: Ad Astra Rocket Company[29]. Ad Astra Servicios Energéticos y Ambientales (AASEA) es una subsidiaria de la compañía, la cual trabaja en la innovación de tecnologías de energía limpia, como la eólica y la solar. AASEA aprovecha la base de tecnología espacial de Ad Astra, y su considerable experiencia en fabricación avanzada y en física experimental (Ad Astra Rocket Company, 2020).

Tres grandes proyectos están actualmente en curso en AASEA, centrados en el ciclo del hidrógeno como medio para almacenar y producir energía limpia y renovable, principalmente a partir de la energía eólica. El ciclo del hidrógeno se considera que tiene un gran potencial en nichos de mercado como las zonas rurales del mundo en desarrollo que no tienen acceso a combustibles o a la energía eléctrica de bajo costo. Por otra parte, la utilización del hidrógeno en combinación con biogás

[29] Ver http://www.adastrarocket.com/

(metano) podría tener un fuerte impacto en la economía de la energía de las pequeñas comunidades agrícolas y otros nichos del mercado (Ibid., 2020).

Los tres proyectos principales de AASEA son:

1. Producción de hidrógeno mediante la electrólisis del agua, impulsada por la generación de energía eólica-eléctrica;
2. Almacenamiento de hidrógeno; y
3. Uso del hidrógeno para la generación de energía, por sí solo y en combinación con otros biocombustibles, tales como el biogás (metano).

Producción de hidrógeno

La producción de hidrógeno se basa en la electrólisis del agua basada en energía eólica. Según la compañía, es una de las opciones actuales más viables técnica y económicamente por lo que tiene un gran potencial para convertirse en la primera tecnología competitiva para producir grandes cantidades de hidrógeno renovable en el futuro (AASEA, 2020).

Bajo la sombrilla de estos proyectos, se han creado otros más específicos. Uno de ellos es el proyecto "Ecosistema de Transporte Eléctrico Autosostenible, Basado en Energías Renovables y Tecnología del Hidrógeno" que inició en el 2017. Su objetivo principal es implementar un ecosistema de transporte eléctrico, público y privado en Costa Rica, basado en el aprovechamiento de las energías renovables y las tecnologías del hidrógeno, que sea financieramente autosostenible y que a su vez permita validar la conveniencia de este modelo energético en Costa Rica (Ad Astra Rocket Company, 2017).

Los objetivos específicos son:

- Abordar el transporte como mayor desafío energético;
- Promover la industria y el mercado del hidrógeno;
- Aprovechar la riqueza de energía renovable en la región para la electrificación del transporte;
- Demostrar la viabilidad técnica de la integración de energías renovables y la producción de hidrógeno para el transporte;
- Obtener información de la puesta en marcha del proyecto que sea valiosa y de utilidad para una mayor inserción de esta tecnología en el país;
- Convertir a Costa Rica en el primer país de Centroamérica que implementa este tipo de proyecto (ibíd., 2017).

Gracias a los avances de este proyecto, Costa Rica es hoy el único país de la región que cuenta con una estación de hidrógeno en funcionamiento (ver Figura 8).

Figura 6. Estaciones de hidrógeno en Latinoamérica al 27 de noviembre de 2020



Fuente: H2 Station Map[30]

Como se muestra en la Figura 8, existen otras tres estaciones en la región: dos en Brasil y una en Argentina, sin embargo, son proyectos viejos y parecen estar inactivos.

Con el fin de complementar este proyecto que está siendo ejecutado al momento, en agosto de 2019, se creó una Alianza por el hidrógeno por medio de un Convenio de Cooperación Técnica No Reembolsable "*Camino a la Descarbonización: Promoviendo la Economía de Hidrógeno en Costa Rica*" entre el Banco Interamericano de Desarrollo (BID Lab) y la Fundación Costa Rica-Estados Unidos para la Cooperación (CRUSA).

La Alianza está conformada por Fundación CRUSA, Purdy Motor, Linde, Estrategia Siglo XXI, Grupo Electrotécnica, Matelpa, Siemens, Cummins, Relaxury y Ad Astra Rocket, con el objetivo de convertirse en un mecanismo de coordinación del ecosistema y posicionarse como agente facilitador de la transición energética, así como promover esquemas de apoyo al sector y la adopción de políticas públicas. Asimismo, la Alianza buscará asesoría técnica de alto nivel para cuantificar los impactos y beneficios del hidrógeno en Costa Rica, y también, desarrollará propuestas de marcos regulatorios que permitan el desarrollo del mercado de hidrógeno (Fundación CRUSA, 2019).

[30] https://www.h2stations.org/stations-map/?lat=49.139384&lng=11.190114&zoom=2

Además de estos avances en la innovación del hidrógeno, se está iniciando un proyecto sobre la segunda vida de las baterías de vehículos eléctricos. Este proyecto es financiado por el Ministerio de Cooperación de Alemania, a través de GIZ cooperación internacional y en colaboración con la empresa costarricense FORTECH[31]. Esta empresa se especializa en el tratamiento y recuperación de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE), entre otras cosas.

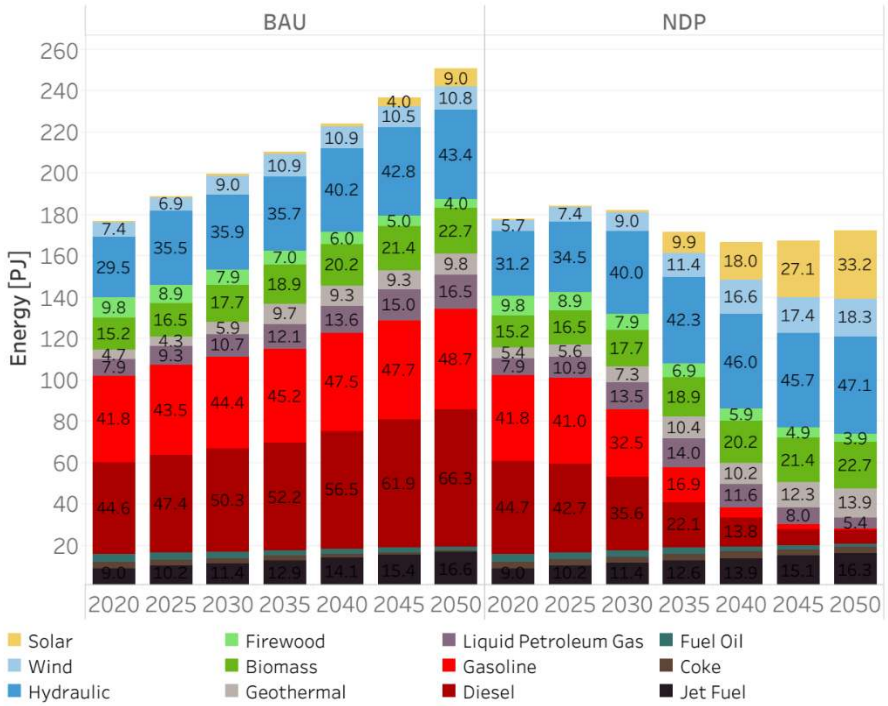
Cabe resaltar el importante rol que tienen las universidades públicas y los institutos de formación en los procesos de I+D (investigación y desarrollo) y en la generación de nuevas capacidades. La herramienta OSeMOSYS-CR, por ejemplo, representa el primer estudio sistemático para evaluar las rutas de descarbonización en Costa Rica. Instalar estas capacidades en la academia local trae como valor agregado no solamente el concepto de innovación, sino también la transparencia y la durabilidad temporal. Ese trabajo introdujo un marco de análisis que está guiando la política energética nacional y representa una referencia confiable para estudiar los costos y beneficios de las rutas de descarbonización en otros países, particularmente en países en desarrollo de América Latina y el Caribe (Godínez-Zamora, et al., 2020).

3.1.4 Impacto en sector energético

El impacto que tendría el sector energético en un escenario descarbonizado también fue modelado en el OSeMOSYS-CR. El estudio evidenció que para maximizar los beneficios técnicos de electrificar el sector transporte se debe adoptar un suministro de energía renovable. La Figura 9 destaca que el escenario de descarbonización reduce el uso de combustibles fósiles e introduce nueva capacidad de energía eólica y solar (principalmente para la producción de electricidad). Dado que Costa Rica importa el 100% de sus combustibles fósiles, la reducción de estas importaciones generará ahorros como resultado de la reducción de los gastos petroleros. Sin embargo, es probable que afecte a los ingresos fiscales del Ministerio de Finanzas, ya que la estructura fiscal depende en gran medida del sector del transporte (Godínez-Zamora, et al., 2020).

[31] https://fortech.cr/?lang=en

Figura 7. Suministro de energía primaria por combustible: escenarios BAU y PND.

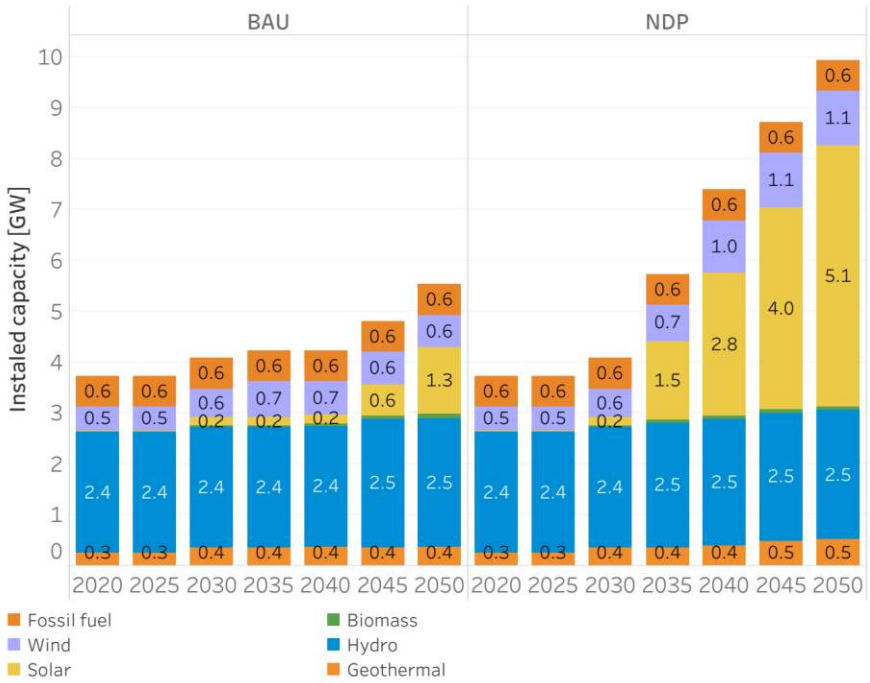


Fuente: (Godínez-Zamora, et al., 2020)

El estudio también arroja resultados que indican que es probable que el aumento de la penetración de las energías renovables -que se espera que sean más rentables con el tiempo-, traiga beneficios en términos de tarifa eléctrica, ya que el mecanismo existente para definir la tarifa considera las inversiones realizadas por las empresas eléctricas. Por lo tanto, si bien el escenario de descarbonización puede parecer ambicioso, su realización requiere el despliegue de tecnologías que ya están disponibles en el mercado con un costo menor que las tecnologías basadas en combustibles fósiles. Los resultados también muestran que la eficiencia energética, la adopción de la movilidad eléctrica, el cambio modal hacia el transporte público y la movilidad activa; así como la reducción de la demanda debido a la digitalización y el teletrabajo, se encuentran como habilitadores claves hacia la descarbonización y combinados pueden permitir alcanzar una reducción del 25% del suministro de energía para 2050 (Godínez-Zamora, et al., 2020).

En comparación con el escenario BAU en 2050, el estudio encontró que una descarbonización profunda requiere alrededor de 4,4 GW (80%) de capacidad instalada adicional (Figura 10), siendo la energía solar y eólica las principales tecnologías debido a su costo decreciente en comparación con otras tecnologías. Sin embargo, su operación es necesaria principalmente después de 2035 dado que es a partir de ese año se espera el despliegue masivo de la movilidad eléctrica. Esto implica que las inversiones pueden no ser significativas, ya que se espera que el costo de las tecnologías de generación con bajas emisiones de carbono sea mucho menor en el futuro.

Figura 8. Capacidad instalada por tecnología, por tipo de combustible y escenario.



Fuente: (Godínez-Zamora, et al., 2020)

En cuanto a los desafíos identificados para el sector eléctrico, se evidenció que el análisis del sistema eléctrico requiere especial atención, no solo en aspectos técnicos como estabilidad, seguridad, confiabilidad y funcionamiento óptimo de las redes eléctricas sino también en la inversión del sistema energético, mercados energéticos, regulación e impactos sociales (tarifas). Con el crecimiento del concepto de red inteligente, todavía existe la necesidad de estudiar cómo la gestión del lado de la demanda podría beneficiar el proceso de descarbonización (Godínez-Zamora, et al., 2020).

3.1.5 Fiscal

Los resultados del estudio demostraron que el cumplimiento de las metas del PND, conduciría a una reducción significativa de las importaciones de combustibles fósiles. Dado que los ingresos del gobierno del sector del transporte representan alrededor del 20% de los ingresos totales del país, la electrificación reducirá los ingresos por impuestos a la gasolina y al diésel. Por lo tanto, es necesario anticipar estos cambios para permitir la planificación e implementación de medidas fiscales alternativas. En este sentido, el BID, junto con el EPERLab de la Universidad de Costa Rica y el Tecnológico de Monterrey, están en proceso de elaborar una "*Evaluación del impacto fiscal de descarbonizar el sector transporte y opciones de política para manejarlo*". Este estudio

también parte de la herramienta OSeMOSYS-CR y se basa en el método de Toma de Decisiones Robustas[32] (RDM, por sus siglas en inglés).

La estructura modular del OSeMOSYS-CR ha permitido que se adicionen componentes para medir el impacto fiscal que representaría la adopción del PND. Este componente representa las transferencias entre los actores involucrados en el sistema de energía y transporte, denominado TEM (del inglés *Transfer Estimation Module*). Para la calibración de la herramienta OSeMOSYS-CR-TEM se contó con los datos facilitados por el Ministerio de Hacienda sobre recaudación de los impuestos asociados al transporte del periodo 2015-2019. La flota vehicular se calibró con datos del Registro Nacional, a partir de un proceso de validación entre fuentes de información relacionadas: parque vehicular según impuesto a la propiedad (marchamo), y flota que atiende a la revisión técnica vehicular cada año. La información disponible permite conocer el valor de la flota vehicular actual, dando la oportunidad de analizar los posibles cambios en el valor de los vehículos en el plazo de estudio, y por ende la recaudación potencial del impuesto a la propiedad (Rodríguez, et al., de próxima publicación).

En el TEM se adicionaron tres actores: i) gobierno, ii) empresas de energía (electricidad y petróleo), y iii) usuarios finales de energía (p.ej., hogares, empresas autobuseras y de carga). Entre estos actores se realizan transferencias de compra y venta de productos energéticos, que implican gastos para las empresas y hogares, e ingresos a las empresas de energía y al gobierno. Los ingresos del gobierno se obtienen de los impuestos asociados al transporte y a la electricidad. En el TEM se incluyeron estos impuestos y se contabilizan para cada tecnología (p.ej., vehículos tipo sedan o pick ups) y productos energéticos, es decir: gasolina; diésel; gas licuado de petróleo; o electricidad (Rodríguez, et al., de próxima publicación).

Estos actores pagan los impuestos según la tecnología del vehículo que posean y la cantidad de energía que utilice cada tecnología. Los impuestos incluidos en el TEM son:

- **Impuestos a las importaciones.** Al importar un vehículo, este tendrá asociada una recaudación según el valor del costo, seguro y flete (valor CIF por sus siglas en inglés). Las tasas aplicadas dependen del inciso arancelario y el valor CIF depende de sus características (p.ej. el año del modelo). Los impuestos considerados al importar un vehículo son: el impuesto Selectivo al Consumo, el del Valor Aduanero, el Derecho Arancelario y el Valor Agregado. La recaudación del gobierno depende de la cantidad de vehículos importados y de sus características. Todos los cálculos realizados en el TEM se basan en las reglas de cálculo del Ministerio de Hacienda[33].
- **Impuestos a la propiedad.** Se estima a partir del valor fiscal del vehículo, y tiene una periodicidad anual. El valor fiscal depende de sus características, p.ej. marca, año modelo,

32 https://www.researchgate.net/publication/220534525_A_General_Analytic_Method_for_Generating_Robust_Strategies_and_Narrative_Scenarios

33 Ver tasas relativas a los códigos SAC 8701, 8702, 8703, 8704 y 8711 disponibles en: https://www.hacienda.go.cr/tica/web/hdbaranc.aspx

tamaño, propósito, entre otros. Los parámetros para su cálculo, incluyendo la estimación de la depreciación del vehículo, se obtienen del Ministerio de Hacienda[34].

- **Impuestos a los productos energéticos.** La flota vehicular consume combustibles y electricidad en el horizonte de análisis. Los impuestos a los combustibles son nominales mientras que el de la electricidad es ad-valorem. La recaudación del gobierno depende de la cantidad de combustible y electricidad vendidos, así como del precio de la electricidad. La estimación del impuesto único a los combustibles se realiza utilizando la información del Ministerio de Hacienda[35]. El impuesto a la electricidad se basa en el IVA actual de 13% según la Ley No. 9635.

Este estudio en proceso de desarrollo evalúa el impacto fiscal de la descarbonización del sector transporte según las metas establecidas en el PND. Se calculó esta brecha fiscal[36] en 100 escenarios futuros que exploran las diferentes incertidumbres sobre precios de combustibles, demanda de pasajeros y tecnologías disponibles.

Resultados preliminares

Según los modelos y escenarios futuros elaborados en el estudio, se evidencia que implementar las metas del Plan Nacional de Descarbonización en el sector transporte podría causar una brecha fiscal en el largo plazo (2031-2050) de hasta -1,7% del PIB, con un valor promedio de -0,71%, considerando los escenarios futuros explorados. En el mediano plazo (2023-2030), la brecha fiscal se estima con un valor promedio de -0,18% (Rodríguez, et al., de próxima publicación). Por otro lado, la descarbonización conlleva una reducción sustancial del costo financiero del sector transporte a lo largo del tiempo. Este ahorro, de 2,2% del PIB en promedio, es más grande que la brecha fiscal, gracias a ahorros de energía y de mantenimiento de los vehículos, y, a mediano y largo plazo, a ahorros también en la compra de vehículos cero emisiones (Ibid, de próxima publicación).

Para manejar los impactos potenciales en el fisco, el PND se puede utilizar para ajustar progresivamente la tasa de impuestos sobre la gasolina, la electricidad y la propiedad y operación de vehículos con base en los objetivos de mediados de siglo. Además, la aplicación de herramientas como el OSeMOSYS-CR permite crear políticas que mitiguen los impactos que la descarbonización pueda tener en el fisco del país.

4. Desafíos y oportunidades para la realización del objetivo

Costa Rica cuenta con un marco legal que ha permitido que el país avance en la adopción de la movilidad eléctrica; al día de hoy el país registra 3.106 vehículos eléctricos. Por otra parte, se espera

[34] Ver https://www.hacienda.go.cr/contenido/12436-impuesto-a-la-propiedad-de-vehiculos-automotores-aeronaves-y-embarcaciones
[35] Ver https://www.hacienda.go.cr/contenido/13057-impuesto-unico-sobre-los-combustibles
[36] Se denomina *brecha fiscal* a la diferencia entre la recaudación tributaria con PND, menos la recaudación tributaria sin el PND antes de que el gobierno implemente cualquier ajuste fiscal

que al finalizar el 2020, el país cuente con 28 estaciones de recarga rápida que ofrecerán a los usuarios tres tipos de conectores. Estas estaciones de carga son las primeras de su tipo en Centroamérica y las segundas en la región latinoamericana, después de Chile, lo cual permite al país abrirse a mercados de Estados Unidos, Japón, y China.

No obstante, aún con estas condiciones habilitantes, el país presenta desafíos y oportunidades para alcanzar el objetivo de descarbonizar el sector transporte. A continuación, se presentan las barreras identificadas para la consecución de los objetivos establecidos a nivel nacional.

Categoría: Financiera

Costo de los vehículos eléctricos

El costo de los vehículos eléctricos nuevos, en comparación con los vehículos de combustión interna de la misma gama, presentan una de las barreras de adopción. En este sentido, la Ley No. 9518 ha permitido abaratar los costos de los vehículos eléctricos; sin embargo, los incentivos económicos dados en la misma, tienen una vigencia de 5 años.

- **Estrategia de Mitigación:** Mientras se alcanza la paridad de precio entre los vehículos de combustión interna y los vehículos eléctricos, se deben hacer modificaciones a la Ley No. 9518 con el fin de alargar el plazo de los incentivos económicos para continuar incentivando a los consumidores a optar por esta tecnología.

De forma paralela se puede implementar el etiquetado de eficiencia del vehículo, ya que puede servir de instrumento para ayudar a los consumidores a tomar decisiones más conscientes. Estas etiquetas ya son utilizadas en otros países. Generalmente, presentan datos de consumo de combustible en áreas urbanas, carreteras y, en ciertos casos, información sobre emisiones de CO_2. Este modelo puede ser aplicado en Costa Rica y la región.

Categoría: Industrial y tecnológica

Infraestructura de recarga

Una de las barreras que se enfrentan para la adopción de la movilidad eléctrica es el temor de los usuarios a realizar viajes de larga distancia y quedarse sin carga antes de llegar a su destino ("ansiedad de rango"). A pesar de que la red de recarga nacional ha ido creciendo, esta ha tenido distintas fallas que hacen que no sea confiable para los usuarios.

- **Estrategia de mitigación**: robustecer la red de recarga para que los usuarios puedan contar con diferentes opciones en caso de que un cargador esté fuera de servicio o presente daños, y brindar la oportunidad a los privados para ofrecer este servicio. Esto representa otra barrera: la venta de electricidad.

Categoría: Legal

Venta de electricidad

La normativa vigente establece que solamente las distribuidoras de electricidad que cuenten con la respectiva concesión de servicio público pueden vender electricidad en centros de recarga. Esto imposibilita la venta de electricidad por empresas o individuos externos al sector, que desincentiva la compra de infraestructura de recarga por parte de empresarios y la creación de nuevos negocios.

- **Estrategia de Mitigación**: Aplicar un sistema de pago por el servicio del comercio o modificar la normativa para que otras personas pueden cobrar por el consumo energético de la recarga. De este modo, se incentivaría la instalación de más centros de recarga en todo el país, lo cual robustecería la red nacional, brindando aún más seguridad a los usuarios de esta tecnología.

Categoría: Comercial

Tarifa horaria

Introducir vehículos eléctricos al mercado, altera la demanda energética del país. En este sentido, al ser el usuario de vehículo eléctrico un nuevo consumidor de energía, puede verse como un competidor en el sistema o bien, como un aliado que permita una operación más eficiente de la red eléctrica.

- **Estrategia de mitigación:** Para lograr que los vehículos eléctricos sean aliados de la red eléctrica, se debe evitar que las nuevas cargas que estos representarán sean hechas durante las horas de mayor demanda del sistema eléctrico. Entre las medidas más eficaces para reducir este efecto, están la utilización de mecanismos de gestión de la demanda que permitan optimizar el uso de la red y la posibilidad de implantación de una mayor cantidad de generación renovable en el sistema.

Además, es muy importante desplazar los consumos de las horas pico hacia las horas valle o de menor consumo con el fin de lograr aplanar la curva de demanda.

En el Plan Nacional de Transporte Eléctrico, se sugiere contemplar el establecimiento de metodologías para la implementación de tarifas que consideren el costo real de la energía eléctrica, que oriente al usuario a realizar una adecuada gestión de la demanda durante los períodos de recarga que redunde en beneficio propio y del sistema eléctrico (Ministerio de Ambiente y Energía, 2018).

Categoría: Social

Sensibilización y educación

A pesar de que, en Costa Rica, diversos grupos de la sociedad civil han impulsado el tema del transporte eléctrico a través de iniciativas como los Festivales Ciudadanos de Movilidad Eléctrica[37], desde el sector público aún hace falta impulsar estos temas.

[37] Ver https://movelatam.org/ya-viene-el-festival-ciudadano-de-la-movilidad-electrica/

- **Estrategia de Mitigación:** Ya existe una estrategia de educación en el Plan Nacional de Transporte Eléctrico (2018-2030)[38], lo que se debe hacer es implementarla. Esta estrategia, según lo establece el Plan, es coordinada por la Comisión Nacional de Conservación de Energía (CONACE), específicamente por su Equipo Técnico de Educación con la representación de las empresas eléctricas y presenta una oportunidad para realizar trabajo interinstitucional en el tema.

Es importante también involucrar al Ministerio de Educación Pública (MEP) para desarrollar cursos dirigidos a educadores, y a estudiantes.

Categoría: Innovación

Creación de nuevas capacidades en movilidad eléctrica

En Costa Rica ya hay una flota importante de vehículos eléctricos, mismos que presentarán problemas en algún momento y que requerirán de nuevas capacidades técnicas. Asimismo, conforme la tecnología de hidrógeno se desarrolle, se necesitarán más especialistas y técnicos en el tema.

- **Estrategia de Mitigación:** Generación de capacidades técnicas que permita potenciar los beneficios de la incorporación de vehículos eléctricos. Un buen ejemplo de esto es el Laboratorio de Investigación en Potencia y Energía de la Escuela de Ingeniería Eléctrica (EPERLab) de la Universidad de Costa Rica, que participa en diversos estudios y en el desarrollo de herramientas de modelación como OSeMOSYS-CR; y el equipo de Ad Astra Rocket y su laboratorio de hidrógeno.

5. Conclusiones y referencias regionales

En Costa Rica, el sector transporte es el mayor emisor de GEI del país, sus emisiones representan un 44% del total de emisiones de GEI (Instituto Meteorológico Nacional, 2012). Según datos del último Informe del Programa Estado de la Nación (PEN)[39] publicado el 17 de noviembre de 2020, entre 1980 y 2019 el parque automotor se incrementó casi nueve veces, al pasar de 180.986 unidades en 1980, a 1.752.813 en 2019 (Programa Estado de la Nación, 2020). Evidentemente, el sector transporte juega un rol fundamental en el proceso de la descarbonización de la economía.

Si bien Costa Rica cuenta con un marco legal habilitante que le ha permitido avanzar rápidamente en la adopción de tecnologías más limpias, estas están enfocadas principalmente en los vehículos ligeros de pasajeros, y es de vital importancia incluir el transporte público y de carga. Además, se debe generar un cambio sistémico que modernice el transporte público e incentive a los costarricenses a utilizar el transporte masivo para su movilización. Proyectos como el Tren Eléctrico de Pasajeros y la sectorización de los autobuses, presentan una oportunidad para que los ciudadanos

[38] Ver https://sepse.go.cr/documentos/PlanTranspElect.pdf
[39] Ver https://estadonacion.or.cr/informes/

que no tienen la opción de comprar un vehículo eléctrico en este momento, puedan también disfrutar de un transporte limpio y eficiente.

El piloto de buses eléctricos representa una oportunidad para generar datos que sean útiles para que las empresas autobuseras vean los beneficios económicos que estos les pueden traer. Además, estos resultados pueden servir como base para crear nuevos modelos de negocio como lo hizo Chile. En este modelo sudamericano, las empresas energéticas Enel y Engie -a fin de impulsar su actividad principal: la venta de energía e instalación de proyectos eléctricos-, han financiado el suministro de buses e infraestructura de recarga por medio de contratos de *leasing*. Gracias a este modelo de negocio, la flota actual de buses eléctricos en Chile es de más de 800 unidades[40].

Este modelo de *leasing* también se ha utilizado en Colombia, más específicamente para flotas de vehículos de carga liviana. Desde el 2018, Auteco adquirió una flota de camiones eléctricos de carga y Renting Colombia se ha encargado de ponerlos en funcionamiento en las flotas que los requieren. Este proyecto se llama "mil soluciones", ya que esperan poder llevar al país 1.000 de estas unidades. El contrato de Renting puede estar entre los USD 3.132.965 y los USD 4.432.364 (más IVA) mensuales, con mantenimiento y seguros incluidos (Revista VEC, 2019). En este caso, Renting Colombia asume todos los riesgos mientras que el empresario paga un canon mensual que tiene todo incluido excepto la electricidad consumida por el camión y el conductor contratado. Este modelo de negocio puede servir como estudio para eventualmente replicarse en Costa Rica. Según datos del INEC (mostrados en la Tabla 2), en el 2018 circulaban en el país 194.309 camiones de carga liviana, que en su mayoría se movilizan dentro del Gran Área Metropolitana. Electrificar estas flotas significaría una reducción en las emisiones de la ciudad y beneficios económicos para las empresas.

En cuanto a infraestructura de recarga, como bien se evidenció en el presente análisis, el país cuenta con una red amplia, no obstante, le falta robustez. La implementación de un software que permita hacer reparaciones remotas y establecer comunicación cargador-vehículo es de vital importancia para el buen funcionamiento de la red y la satisfacción de los usuarios.

Objetivos Nacionales

Según se evidenció en el presente análisis, y con base en los resultados generados por la herramienta OSeMOSYS-CR, la implementación del Plan Nacional de Descarbonización traería muchos beneficios al país; tanto económicos como sociales y ambientales. Si bien Costa Rica no es un país altamente contaminante, puede servir como un laboratorio de descarbonización para la región Latinoamericana. Y en este sentido, esta consultoría es una oportunidad para el intercambio de experiencias entre los países participantes para avanzar como bloque en esta transición tecnológica.

[40] Ver https://www.ebusradar.org/es/home-es/

6. Bibliografía

AASEA. (2020). *Producción de hidrógeno.* **Retrieved from http://www.adastrarocket.com/aarc/es/H2-Produccion**

Ad Astra Rocket Company. (2017). *Ad Astra Rocket Company.* **Retrieved from http://adastrarocket.com/technical-articles/20170621-PresentacionEcosistema.pdf**

Ad Astra Rocket Company. (2020). *Ad Astra Rocket Company.* **Retrieved from Ad Astra Rocket Company: http://www.adastrarocket.com/aarc/es/Energia_Renovable**

Agencia Internacional de la Energía. (2020). *International Energy Agency.* **Retrieved from International Energy Agency: https://www.iea.org/reports/sustainable-recovery**

Banco Centroamericano de Integración Económica. (2020). *Banco Centroamericano de Integración Económica.* **Retrieved from Banco Centroamericano de Integración Económica: https://www.bcie.org/tren-de-costa-rica**

Clean Air Institute. (2019). *DOCUMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE BENEFICIOS INTEGRADOS DE POLÍTICAS DE ELECTROMOVILIDAD Y RESULTADOS.* **Washington.**

Coady, D., Parry, I., Le, N.-P., & Shang, B. (2019). *International Monetary Fund .* **Retrieved from International Monetary Fund Search : https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2019/05/02/Global-Fossil-Fuel-Subsidies-Remain-Large-An-Update-Based-on-Country-Level-Estimates-46509**

Comisión Europea. (2019). *Handbook on the external cost of transporte.* **handbook, Bruselas.**

Deloitte. (2020). *Beneficios de la titularización*. **Retrieved from Beneficios de la titularización: https://www2.deloitte.com/do/es/pages/consulting/topics/consulting-insights/beneficios-de-la-titularizacion.html**

Departamento de Energía. (2014). *Careers In Fuel Cell Technologies.* **Retrieved from Careers In Fuel Cell Technologies: https://www1.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/pdfs/green_jobs_factsheet.pdf**

EnaadNL. (2012). *Enaad*. **Retrieved from Enaad: https://www.elaad.nl/wat-is-ocpp/**

Epifanio, D., & Katiana, M. (2020). *La transición justa como herramienta para avanzar en la agenda social y medioambiental y promover la creación de empleos verdes: perspectivas desde tres sectores.* **Organización Internacional de Trabajo.**

European Environment Agency. (2019). *EEA Report No 13/2019.* **Retrieved from A1 EMEP -EEA guidebook introduction 2019: https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019**

Fundación CRUSA. (2019). *Fundación CRUSA*. **Retrieved from https://crusa.cr/alianza-por-el-hidrogeno-promovera-alternativas-tecnologicas-para-la-descarbonizacion-de-la-economia-**

costarricense/#:~:text=La%20Alianza%20por%20el%20H2,apoyo%20al%20sector%20y%20promover

G. Groves, D., Syme, J., Molina-Perez, E., Calvo, C., Víctor-Gallardo, L., Godinez-Zamora, G., . . . Vogt-Schilb, A. (2020). *Banco Interamericano de Desarrollo.* Retrieved from Banco Interamericano de Desarrollo: https://publications.iadb.org/publications/english/document/The-Benefits-and-Costs-Of-Decarbonizing-Costa-Ricas-Economy-Informing-the-Implementation-of-Costa-Ricas-National-Decarbonization-Plan-under-Uncertainty.pdf

Gobierno de Costa Rica. (2018). *Sistema Costarricense de Información Jurídica* . Retrieved from Sistema Costarricense de Información Jurídica : http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=85810

Gobierno de Costa Rica. (2019). *Plan Nacional de Descarbonización.* Retrieved from Plan Nacional de Descarbonización: https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2019/02/PLAN.pdf

Gobierno de Costa Rica. (2020). Retrieved from https://www.mopt.go.cr/wps/wcm/connect/2995ce59-6959-47a6-8ec3-85a9006479fa/05-03-2020+Costa+Rica+ampli%CC%81a+plan+piloto+de+buses+ele%CC%81ctricos+como+parte+de+la+modernizacio%CC%81n+del+transporte+pu%CC%81blico.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=2995ce59-6959-47

Gobierno de Costa Rica. (2020). Retrieved from https://www.presidencia.go.cr/comunicados/2020/09/con-llegada-de-autobuses-electricos-inicia-capacitacion-a-choferes-mecanicos-y-formadores/

Godínez-Zamora, G., Victor-Gallardo, L., Angulo-Paniagua, J., Ramos, E., Howells, M., Usher, W., . . . Quirós-Tortós, J. (2020). Decarbonising the transport and energy sectors: technical feasibility and socioeconomic impacts in Costa Rica. *SSRN*. Retrieved from SSRN: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3560584

HINICIO. (2017). *Estudios de cadena de valor de tecnologías climáticas seleccionadas para apoyar la toma de decisiones en materia de mitigación en el sector autotransporte y contribuir al fortalecimiento de la innovación y desarrollo de tecnologías.* Retrieved from Gobierno de México : https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/279634/CGMCC_2016_Cadenas_de_valor_autotransporte.pdf

Howells, M., Rogner, H., Strachan, N., Heaps, C., Huntington, H., Kypreos, S., . . . Roehrl, A. (2011). OSeMOSYS: The Open Source Energy Modeling System: An introduction to its ethos, structure and development. *ScienceDirect*.

Humbert, S., Marshall, J., Shaked, S., Nishioka, Y., Preiss, P., & Jolliet, O. (2011). Intake Fraction for Particulate Matter: Recommendations for Life Cycle Impact Assessment. *Environmental Science & Technology*, 45(11).

IEAHEV. (2016). *The economic impact of e-mobility in Austria.* Retrieved from IAEHEV: http://www.ieahev.org/assets/1/7/Task_24__Country_Reports__Annex.pdf

Instituto Costarricense de Electricidad. (2019). *Centro Nacional de Control de Energía.* Retrieved from https://apps.grupoice.com/CenceWeb/CenceDescargaArchivos.jsf?init=true&categoria=3&codigoTipoArchivo=3008

Instituto Costarricense de Electricidad. (2019). Retrieved from https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/d91d6f4f-6619-4a2f-834f-6f5890eebb64/PLAN+DE+EXPANSION+DE+LA+GENERACION+2018-2034.pdf?MOD=AJPERES&CVID=mIeNZKV

Instituto Costarricense de Ferrocariles. (2017). *Instituto Costarricense de Ferrocariles.* Retrieved from https://www.incofer.go.cr/wp-content/uploads/2017/05/PERFIL-PROYECTO-TRP-INCOFER-espanol.pdf?x28024

Instituto Español de Comercio Exterior. (2011). *El sector eléctrico en Costa Rica.* Retrieved from El sector eléctrico en Costa Rica: http://www.asamblea.go.cr/sd/Documents/referencia%20y%20prestamos/BOLETINES/BOLETIN%2001/publicaciones%20recomendadas/18093.%20%20El%20sector%20el%C3%A9ctrico%20en%20Costa%20Rica.pdf

Instituto Meteorológico Nacional. (2012). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero.* Retrieved from Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero: https://unfccc.int/resource/docs/natc/crinir2.pdf

International Energy Agency. (2016). *Final report IEA-HEV-TCP Task 24 Economic Impact Assessment of E-mobility.* Retrieved from http://www.ieahev.org/

International Renewable Energy Agency . (2019). *International Renewable Energy Agency .* Retrieved from International Renewable Energy Agency : https://www.irena.org/publications/2019/Jun/Renewable-Energy-and-Jobs-Annual-Review-2019

Krewski, D., Jerret, M., Burnett, R., Ma, R., & Hughues, E. (2009). Extended follow-up and spatial analysis of the American Cancer Society study linking particulate air pollution and mortality. *Res Rep Health Eff Inst.*, 5-114.

Laden , F., Schwartz, J., Speizer, F., & Dockery, D. (2006). Reduction in fine particulate air pollution and mortality: Extended follow-up of the Harvard Six Cities study. *Am J Respir Crit Care Med*, 667-672.

Ministerio de Ambiente y Energía. (2015). *MINAE*. Retrieved from MINAE: https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Costa%20Rica%20First/INDC%20Costa%20Rica%20Version%202%200%20final%20ES.pdf

Ministerio de Ambiente y Energía. (2018). *Plan Nacional de Transporte Eléctrico.* Retrieved from https://sepse.go.cr/documentos/PlanTranspElect.pdf

Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica. (2014). *Plan Nacional de Desarrollo Alberto Cañas Escalante .* Retrieved from Plan Nacional de Desarrollo Alberto Cañas Escalante : https://app.box.com/v/pnd2015-2

Narain, U., & Sall, C. (2016). *Methodology for valuing the health impacts for air pollution: discussion of challenges and proposed solutions.* **World bank.**

OECD. (2012). *Mortality Risk Valuation in Environment, Health and Transport policies.* **Retrieved from https://www.oecd.org/environment/mortalityriskvaluationinenvironmenthealthandtransportpolicies.htm#Ho**

Programa Estado de la Nación. (2020). *Informe Estado de la Nación 2020.* **Retrieved from Informe Estado de la Nación 2020: https://estadonacion.or.cr/informes/**

Revista VEC. (2019). Retrieved from https://www.vehiculoselectricos.co/camiones-electricos-auteco/

Robinson, L. A., Hammit, J. K., & O'Keeffe, L. (2019). Valuing Mortality Risk Reductions in Global Benefit-Cost Analysis. *Special Issue — Benefit-Cost Analysis in Low- and Middle-Income Countries: Methods and Case Studies*, **15-50.**

Rodríguez, M., Victor-Gallardo, L., Quirós-Tortós, J., Molina, E., Charpentier, S., Ardanaz, M., . . . Vogt-Schilb, A. (de próxima publicación). *Evaluación del impacto fiscal de descarbonizar el sector transporte en Costa Rica y opciones de política para manejarlo.*

Santiago, E., Bjorn, L., & Ernesto, S.-T. (2018). *Local Environmental Externalities due to Energy Price Subsidies : A Focus on Air Pollution and Health - Economy and Environment (English).* **Retrieved from http://documents.worldbank.org/curated/en/677081531112268818/Local-Environmental-Externalities-due-to-Energy-Price-Subsidies-A-Focus-on-Air-Pollution-and-Health-Economy-and-Environment**

Soto, M. (2020, Marzo 20). INA prepara mecánicos con miras a la electrificación del transporte. *Ojo al clima*.

United Nations Economic Commission for Europe, International Labour Organization. (2020). *Jobs in green and healthy transport - Making the green shift.* **Geneva.**

Victorian Transport Policy Institute. (n.d.). *Transportation Cost and Benefit Analysis II – Air Pollution Costs.* **Retrieved from https://www.vtpi.org/tca/tca0510.pdf**

7. Anexos

Tabla 1. Categoría establecida para la clasificación de la flota eléctrica

Categoría	Criterio
Vehículos	Automóvil de uso diario con placa
Motos	Incluye Motos y Bicimotos con placa
Otros	Incluye carros de golf, cuadraciclos, montacargas, carros de trabajo, todos con placa

Fuente: Elaboración propia con datos de la Dirección de Energía, MINAE