



**ESCENARIO:
100% ENERGÍA RENOVABLE
PARA COSTA RICA**

Resumen para Tomadores de Decisión

ACERCA DE ESTE INFORME

Este Resumen para tomadores(as) de decisiones destaca los hallazgos clave de un estudio técnico sobre cómo lograr un 100% de energía renovable en Costa Rica. Este estudio fue llevado a cabo por el Instituto de Futuros Sostenibles de la Universidad Tecnológica de Sydney, como parte de un proyecto dirigido por el World Future Council y La Ruta del Clima. El proyecto busca apoyar a Costa Rica en el logro de sus objetivos de descarbonización. Además, realiza una serie de recomendaciones de políticas para una trayectoria hacia el 100% de Energía Renovable (ER) según lo identificado por el estudio. El estudio técnico completo está disponible aquí: www.worldfuturecouncil.org.

AUTORES

Rob van Riet, World Future Council
Anna Skowron, World Future Council
Sven Teske, University of Technology Sydney – Institute for Sustainable Futures

COLABORADORES DEL ESTUDIO TÉCNICO

Jam Angulo, EPERLab
Guido Godínez, EPERLab
Luis Víctor, EPERLab
Jairo Quirós-Tortós, EPERLab

DISEÑO

Hot Ice Creative Studio

CRÉDITO FOTOGRÁFICO

Portada, P19: familie-eisenlohr.de/AdobeStock
Portada interior: David Katz/Adobe Stock
P5: CL-Medien/AdobeStock
P7: World Future Council
P15: MarcoDiaz/AdobeStock

Publicado en mayo de 2020

World Future Council
Dorotheenstrasse 15
22301 Hamburg
Germany
www.worldfuturecouncil.org

© World Future Council / La Ruta del Clima

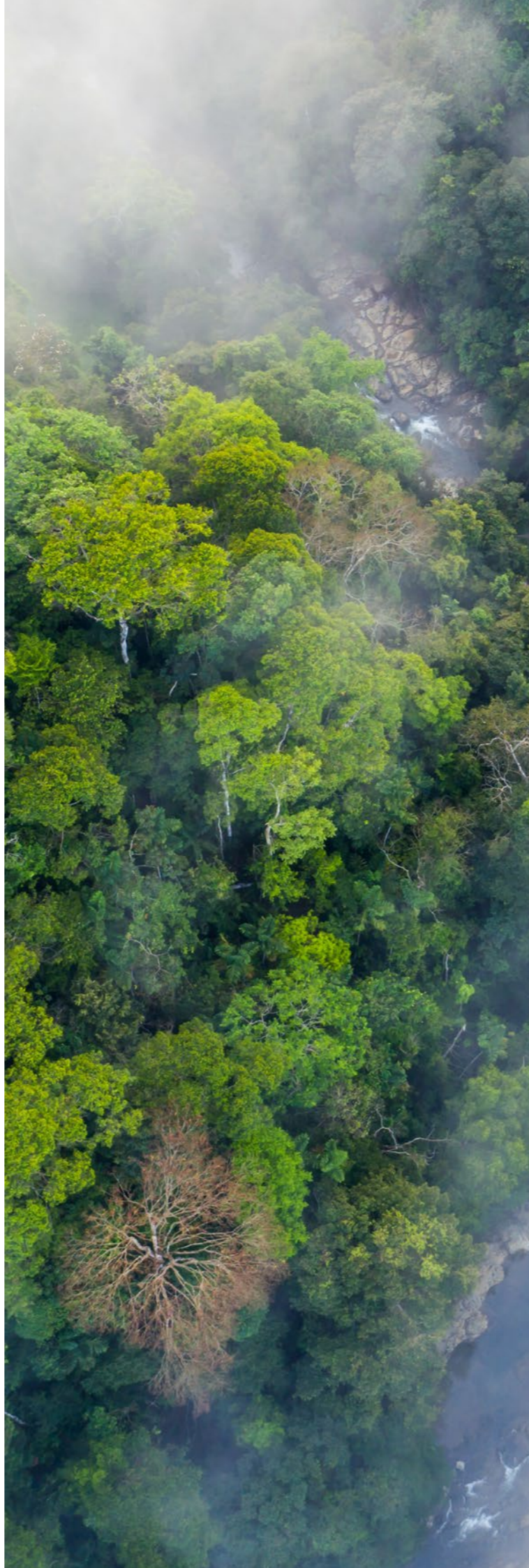
Este documento es de dominio público. Los editores fomentan la amplia divulgación de este documento. Los usuarios pueden descargar, guardar o distribuir este estudio electrónicamente o en cualquier otro formato, incluida la traducción a un idioma extranjero sin requerir permiso. Le pedimos que si distribuye este informe de crédito a los(as) autores(as) y las organizaciones editoras.



Este proyecto fue posible gracias al financiamiento de la Fundación Leonardo DiCaprio.

ACERCA DEL WORLD FUTURE COUNCIL (WFC):

El WFC trabaja para asegurar un planeta saludable y sociedades justas para nuestros(as) hijos(as) y nietos(as). Para lograr esto, nos enfocamos en identificar y difundir soluciones de políticas efectivas y justas para el futuro y promover su implementación en todo el mundo. El Consejo está formado por 50 eminencias creadoras de cambios globales de gobiernos, parlamentos, sociedad civil, academia, artes y el mundo de los negocios. Jakob von Uexkull, fundador del Premio Nobel Alternativo, lanzó el World Future Council en 2007. Somos una organización independiente sin fines de lucro bajo la ley alemana y financiamos nuestras actividades por medio de donaciones.



ESCENARIO: 100% ENERGÍA RENOVABLE PARA COSTA RICA

Resumen para Tomadores de Decisión

Este resumen es complementario a la **Hoja de Ruta para el 100% de Energía Renovable en Costa Rica: Lograr un sistema energético completamente descarbonizado.**

PUNTOS CLAVE	4
INTRODUCCIÓN	5
ALCANCE DEL ESTUDIO Y METODOLOGÍA	6
HALLAZGOS DEL ESTUDIO	8
Combinación de la Energía Renovable en Costa Rica	8
Solar	10
Eólica	10
Hidroeléctrica	11
Biomasa	11
Geotérmica	11
Costos	11
CO ₂ Emisiones	12
REQUISITOS TÉCNICOS Y FINANCIEROS	13
Infraestructura	13
Almacenamiento.....	13
Transporte	13
Inversiones	15
RECOMENDACIONES DE POLÍTICA PÚBLICA	16
RECOMENDACIONES DE GOBERNANZA	18

PUNTOS CLAVE

- **Los recursos abundantes de energía renovable de Costa Rica pueden suministrar toda la energía requerida a todos los sectores de la economía,** aún si se toma en cuenta el aumento de la demanda de electricidad para vehículos eléctricos. Solo el 6% del potencial de energía solar de Costa Rica (aprox. 196 GW) y el 25% de su potencial de energía eólica (aprox. 15 GW) serían suficientes para alcanzar el 100% de ER. Ambos recursos energéticos se concentran principalmente en la región noroeste de Guanacaste.
- **Energía solar fotovoltaica (FV):** El potencial calculado de plantas de energía solar centralizadas (energía fotovoltaica) a escala de los servicios públicos, tomando en cuenta las restricciones, es de 203,000 MW.¹ Además, existe un potencial para la generación distribuida (FV solar en los techos) en el Gran Área Metropolitana de San José.
- **Viento:** Costa Rica tiene alrededor de 15 GW de potencial eólico terrestre para parques eólicos a escala de los servicios públicos y un adicional de 27 GW de potencial eólico marino. Sin embargo, el viento en alta mar no se ha considerado debido a su proximidad a las áreas protegidas marítimas.
- **Costos:** Ambos escenarios muestran que el 100% de ER puede ahorrar casi US \$1 centavo por kWh de costos de generación de energía.
- **Inversiones y ahorro de costos de combustible:** Se necesita invertir alrededor de US \$40 mil millones en los próximos 30 años para lograr el 100% de ER en Costa Rica (industria, calefacción, electricidad, transporte). Eso es alrededor de US \$10 mil millones (USD \$ 333 millones / año) más que en las proyecciones de política actuales. Los ahorros en el costo del combustible sería de unos USD \$5.9 mil millones desde 2020-2050. Por lo tanto, esto puede financiar el 47% de las inversiones adicionales en el escenario RE1 y el 68% de las inversiones adicionales en RE2.
- **Transporte:** El sector del transporte de Costa Rica puede descarbonizarse completamente para el año 2050. La electricidad y la producción (sostenible) de biocombustibles serán los pilares principales, mientras que el hidrógeno generado con electricidad renovable puede ser complementario para el sector del transporte.
- **Calefacción:** La biomasa seguirá siendo el principal contribuyente a los procesos de calefacción industrial, con una inversión cada vez mayor en tecnologías modernas de biomasa altamente eficientes y la sustitución del consumo restante de combustibles fósiles por electricidad renovable para el año 2040.
- **Infraestructura:** Costa Rica puede aprovechar sus recursos eólicos y solares en tierra, y la red eléctrica debe poder transportar grandes cargas desde la costa oeste hacia el interior del país hasta los centros de carga de Costa Rica. La generación descentralizada puede suplir una parte importante de la demanda del sector residencial.
- **Almacenamiento:** En todos los escenarios, la proporción de generación variable no superará el 30% en el año 2030, en ninguna región, excepto en Guanacaste, donde la proporción ya será de alrededor del 80%, ya que tiene el mayor potencial fotovoltaico y eólico. Para evitar las limitaciones, se requieren aproximadamente 4,200 MW de almacenamiento en RE1 para 2050 y 10,000 MW en RE2.

¹ Las restricciones son: uso del suelo (restringido por la conservación de la naturaleza, uso agrícola, comercial o urbano); máximo 10 km de distancia respecto a las líneas de transmisión existentes y áreas contiguas (se excluyen las áreas fracturadas de menos de 1 km²); sólo en terrenos con una pendiente de menos del 30% de ángulo (áreas no montañosas).

INTRODUCCIÓN

Costa Rica es un líder mundial cuando se trata de garantizar que la producción de la electricidad provenga de fuentes de energía renovables. El 98% de su matriz eléctrica proviene de las energías renovables y tiene logros importantes previniendo la deforestación (alrededor del 25% de la superficie terrestre del país son Parques Nacionales protegidos y otras áreas protegidas). Costa Rica está a la vanguardia de la sostenibilidad ambiental, la acción climática y de impulsar la transición hacia las energías renovables.

Queriendo ir aún más lejos, Costa Rica adoptó el *Plan Nacional de Descarbonización* en febrero de 2019 para lograr una economía de cero emisiones netas para el 2050, alineada con los objetivos del Acuerdo de París sobre el Cambio Climático. Las medidas, actividades y mejoras planificadas también formarán parte de la nueva Contribución Determinada a Nivel Nacional (CDN) que Costa Rica presentará en 2020 a la CMNUCC. Además, las medidas propuestas demuestran y fortalecen su compromiso de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y participar en el esfuerzo global para evitar un aumento de temperatura por encima de 1,5 grados centígrados con respecto a la era preindustrial.

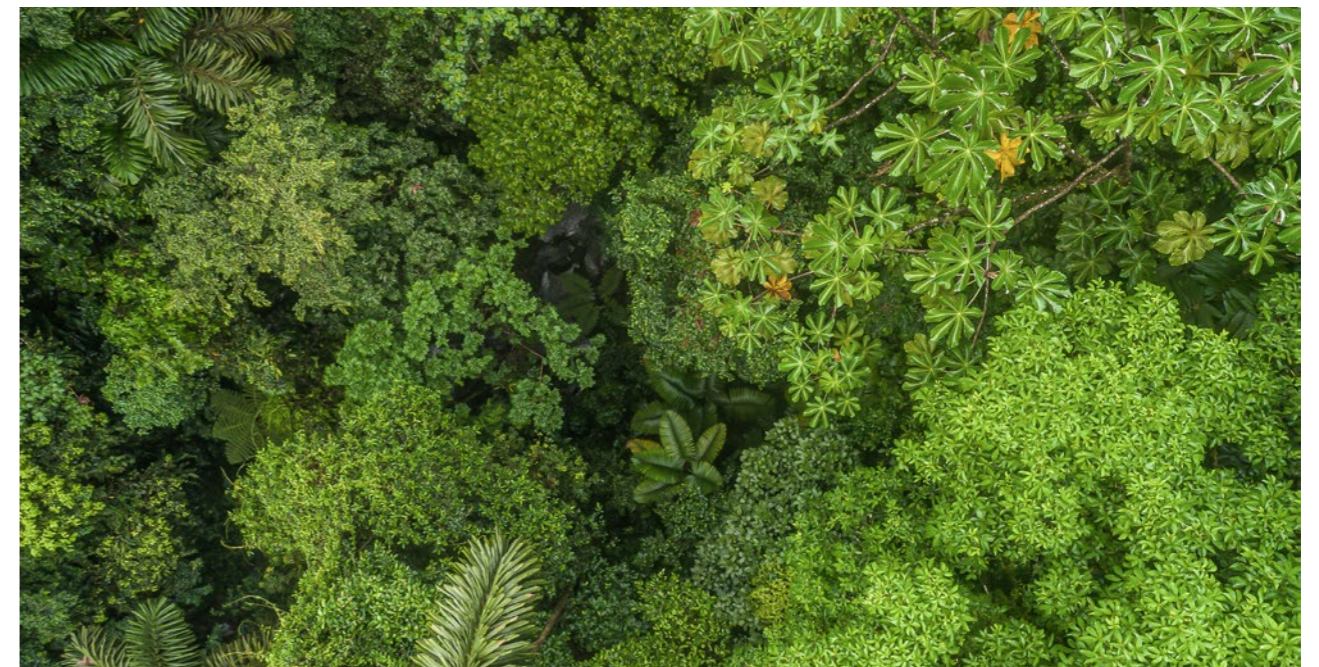
Como señaló el presidente de Costa Rica, Carlos Alvarado Quesada, durante el lanzamiento del Plan,

“la descarbonización es el gran desafío de nuestra generación y Costa Rica debe estar entre los primeros países en lograrlo, sino el primero”.

El mayor desafío será aumentar la cantidad de las energías renovables en el consumo de energético. Más del 60% del consumo de energía en el país proviene de derivados del petróleo. El 64% de las emisiones de Costa Rica provienen del uso de energía, y más de dos tercios de eso proviene del transporte. Por lo tanto, un elemento crítico será descarbonizar el sector del transporte. La creciente demanda de vehículos personales, la mayoría de los cuales funcionan con gasolina, causa que los combustibles fósiles conformen un porcentaje alto del consumo de energía del país. El Plan de descarbonización tiene como objetivo obtener que el 70 por ciento del transporte público sea eléctrico en el año 2035 y el 85 por ciento para el año 2050.

Otro objetivo para Costa Rica, es diversificar las fuentes de electricidad, a fin de reducir la dependencia de la energía hidroeléctrica durante las estaciones secas que cada vez son más fuertes.

Este estudio tiene como objetivo complementar estos esfuerzos y mostrar la trayectoria hacia el 100% de ER, a fin de enfrentar el desafío de la descarbonización.



ALCANCE DEL ESTUDIO Y METODOLOGÍA

El World Future Council ha desarrollado este informe, que es financiado por la Fundación Leonardo DiCaprio², para generar aportes a los esfuerzos al plan de Costa Rica para lograr el 100% de energía renovable y descarbonizar su economía.

La investigación fue dirigida por la Universidad Tecnológica de Sydney – Instituto de Futuros Sostenibles (UTS-ISF). Este informe proporciona un análisis técnico y económico de los planes de desarrollo energético a largo plazo para Costa Rica. El análisis se basa en la metodología de la vía de acceso a la energía [R] E24 / 7 desarrollada por el Instituto de Futuros Sostenibles (ISF) de la Universidad Tecnológica de Sydney (UTS) y se basa en el modelo de escenario energético a largo plazo del Instituto para Termodinámica del Centro Aeroespacial Alemán (DLR).

La organización asociada local para el desarrollo de este proyecto en Costa Rica fue *La Ruta del Clima*.

El escenario a largo plazo, LT [R] E 24/7, se ha utilizado para remodelar el Plan de Expansión de La Generación Eléctrica (GEP 2019) que se publicó en mayo de 2019. El escenario de REFERENCIA es consistente con el GEP 2019. Además, el estudio modeló dos escenarios alternativos de energía renovable: RENOVABLES 1 (RE1) y RENOVABLES 2 (RE2). Este modelo tiene en cuenta todos los sectores (energía, calor y transporte) e incluye cálculos de CO₂ relacionados con el costo y la energía.

La herramienta de análisis del sector eléctrico [R] E 24/7 calcula la demanda anual de hasta cinco años diferentes (2020, 2030, 2040 y 2050) y las curvas de carga durante un año completo (8760 h). Las curvas de carga por hora son necesarias para la simulación de la demanda y la oferta de cada una de las siete regiones de Costa Rica. Los resultados son el desarrollo de cargas, mezcla de fuentes de generación y demanda de almacenamiento.

² En julio del 2019, la Fundación Leonardo DiCaprio (LDF) se fusionó las organizaciones LDF, Emerson Collective y Global Wildlife Conservación, conformando Earth Alliance.

SUPOSICIONES PARA EL DESARROLLO DE ESCENARIOS

El proceso de construcción de escenarios para todos los escenarios incluye suposiciones sobre la estabilidad de las políticas, el papel de las futuras empresas de energía, la generación centralizada de energía basada en combustibles fósiles, la población y el PIB, la capacidad de la empresa y los costos futuros.

- **Estabilidad política:** Esta investigación supone que Costa Rica establecerá un marco seguro y estable para el despliegue de la generación de energía renovable. En esencia, financiar una planta de energía a gas o un parque eólico es bastante similar. En ambos escenarios, se requiere un acuerdo de compra de energía, que garantice un precio relativamente estable para una cantidad específica de electricidad, para financiar el proyecto. Los precios diarios al contado del mercado de electricidad y / o energía renovable o carbono son insuficientes para decisiones de inversión a largo plazo para cualquier tipo de planta de energía, que tenga una vida útil técnica de 20 años o más. En resumen, cuanto mejor sea la certeza de la inversión, menor será el costo de capital.
- **Políticas de eficiencia energética fortalecidas:** La estructura de las políticas existentes (es decir, los estándares de eficiencia energética para aplicaciones eléctricas, edificios y vehículos) deben fortalecerse para maximizar el uso costo-eficiente de las energías renovables y lograr una alta productividad energética para el 2030.
- **Papel de las futuras empresas de servicios energéticos:** Con la 'paridad de red' de la energía solar fotovoltaica en techos y estando por debajo de la mayoría de tarifas minoristas de suministro, este modelo asume que las empresas de energía del futuro enfrentarán el desafío de una mayor generación local, por lo que desarrollarán nuevos modelos de negocio que se centren en los servicios de energía, en lugar de simplemente la venta de kilovatios-hora.
- **Población y PIB:** Los tres escenarios se basan en los mismos supuestos de población y PIB.

- **Supuestos de costos:** Se utilizan los mismos supuestos de costos en los tres escenarios. Debido a que los costos de la tecnología disminuyen a medida que aumenta la escala de implementación; y el potencial de reducción de costos de energía renovable en ambos escenarios de RENOVABLES puede ser incluso mayor que en el escenario de REFERENCIA debido a que los tamaños de mercado son más grandes. Lo contrario es cierto para los supuestos del costo del combustible, en donde todos los escenarios se basan en las mismas proyecciones de precios de los combustibles fósiles. Mientras que ambos escenarios de RENOVABLES tienen una caída significativa en la demanda de combustibles, el escenario de REFERENCIA supone una mayor demanda (debido al transporte privado), que puede conducir a mayores costos de combustible. Por lo tanto, estos costos deben considerarse como conservadores.

SUPOSICIONES PARA RE1

El escenario RENOVABLES 1 (RE1) está diseñado para cumplir con los objetivos de Costa Rica respecto a la energía y conducen hacia la meta de energía 100% renovable para el año 2050. Las plantas de energía de diésel se eliminarán gradualmente para año 2025 y se reemplazarán por energías renovables en este escenario. Tanto la calefacción como el transporte, comenzarán a reemplazar los combustibles fósiles por

electricidad donde sea económicamente posible. Las energías renovables térmicas, principalmente energía solar y bioenergía reemplazan a los combustibles fósiles. La eficiencia energética y las tecnologías de generación de energía renovable tienen tasas de crecimiento de implementación moderadas, durante la primera década hasta el año 2030. La movilidad eléctrica crece de manera constante durante todo el período de modelado (hasta el año 2050) y reemplaza los motores de combustión por completo para el año 2050. El caso RENOVABLES 1 tiene como objetivo permanecer en el nivel actual de emisiones de CO₂ relacionadas con la energía actual, a pesar del crecimiento económico y de la población, respecto a todo el sector energético y descarbonizar el sector eléctrico entre el año 2020 y 2025.

SUPUESTOS PARA RE2

El escenario RENOVABLES 2 (RE2) es más ambicioso que el caso RENOVABLES 1, pero sigue la misma trayectoria tecnológica. La descarbonización del sector del transporte se logrará en el año 2050, lo que conducirá a una mayor demanda de energía eléctrica que en el caso RE1. La eficiencia energética juega un papel preponderante y conduce a una reducción de un 15% de la demanda de energía final en comparación con RE1. El caso RENOVABLES 2 tiene el objetivo de descarbonizar el sector energético de Costa Rica por completo para el año 2050.



Solo usamos datos validados para nuestros escenarios 100% RE. Por lo tanto, realizamos diálogos a profundidad con actores clave, entre ellos representantes de gobiernos locales y central, servicios públicos, la asamblea legislativa, las empresas y la sociedad civil.

HALLAZGOS DEL ESTUDIO

Combinación de la Energía Renovable de Costa Rica

El mix de generación de Costa Rica se encuentra entre los pocos países que consume casi el 100% electricidad renovable durante la mayor parte del año. De hecho, 2018 fue el cuarto año consecutivo en que Costa Rica generó más del 98% de su electricidad a partir de fuentes renovables. Hasta el momento, Costa Rica ha utilizado principalmente la energía hidroeléctrica para la generación de electricidad – representaba el 72% en 2017/18 – y el país está cerca de llegar al máximo de su potencial. La biomasa y los recursos geotérmicos se utilizan tanto en el sector de calefacción como en el de energía eléctrica. Para reducir la dependencia de la energía hidroeléctrica durante las estaciones secas, cada vez más fuertes, el país ha comenzado a diversificar las fuentes de electricidad. En 2018, la energía eólica representaba el 15% de la combinación de electricidad, en contraste con el 4% en 2011.

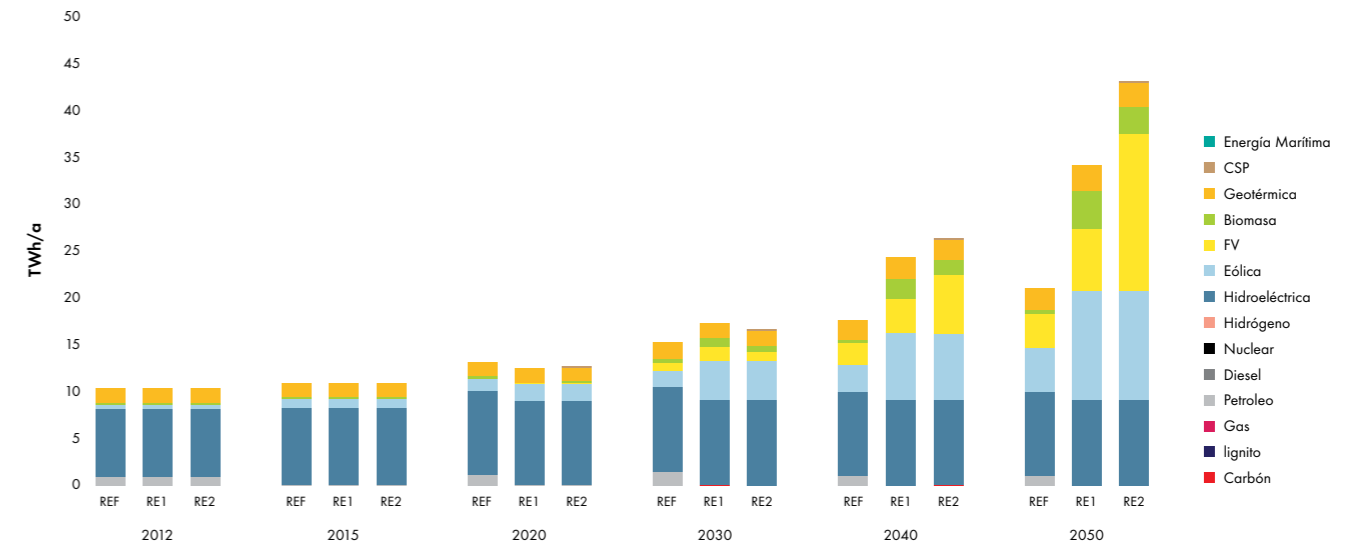
TABLA 1:
PROYECCIONES DE CAPACIDAD DE GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD RENOVABLE

En MW		2015	2020	2030	2040	2050
Hidro	REF	1 935	2 356	2 375	2 375	2 375
	RE1	1 935	2 342	2 401	2 401	2 401
	RE2	1 935	2 342	2 401	2 401	2 401
Biomasa	REF	40	82	85	86	104
	RE1	40	43	167	403	793
	RE2	40	48	120	285	555
Eólica	REF	396	408	490	810	1 318
	RE1	396	737	1 552	2 527	4 115
	RE2	396	737	1 552	2 527	4 116
Geotérmica	REF	208	262	322	375	415
	RE1	208	262	322	336	385
	RE2	208	262	322	336	385
PV	REF	3	28	585	1 517	2 472
	RE1	3	35	1 093	2 770	5 080
	RE2	3	56	741	4 762	12 857
Total de	REF	2 682	3 123	3 858	5 165	6 684
	RE1	2 681	3 347	5 437	8 417	12 774
	RE2	2 681	3 384	5 038	10 290	20 313

Los planes actuales de Costa Rica para desarrollar su capacidad de generación de energía mantendrían un porcentaje de más del 90% de electricidad renovable. Según esas proyecciones, sería difícil para el sistema satisfacer la demanda de energía adicional del sector del transporte, en caso de un cambio hacia la movilidad eléctrica. Por lo tanto, el sector del transporte podría depender cada vez más del petróleo importado, mientras que las emisiones de carbono continuarían aumentando incluso con un sector energético descarbonizado. La capacidad instalada actual de las plantas de energía es de 3.5 GW, y la mayoría proviene de la energía hidroeléctrica (2.4 GW).

Los escenarios RENOVABLES apuntan a reducir el consumo de combustibles fósiles tan rápido como sea técnica y económicamente posible. Además, se basan en el potencial significativo de fuentes de energía renovable que tiene Costa Rica sin explotar, aparte de la energía hidroeléctrica y geotérmica. Según los escenarios del estudio, se espera que la energía eólica (en tierra) y la

FIGURA 1:
DESGLOSE DE LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD POR TECNOLOGÍA



energía solar fotovoltaica sean los pilares principales del suministro de energía en el futuro. Estos serían complementados con aportes de las plantas de energía geotérmica y bioenergética. Los datos sobre la energía solar fotovoltaica combinan plantas de techo (generación distribuida) y plantas fotovoltaicas a escala de servicios públicos. El potencial técnico para la energía eólica marina es significativamente menor que el de la energía eólica terrestre, por lo tanto, la generación de energía eólica en ambos escenarios RENOVABLES se concentra en la energía eólica terrestre. Los escenarios reconocen que se requiere diversidad para mantener una demanda baja de almacenamiento y una seguridad alta de suministro. Por lo tanto, los escenarios utilizan todas las tecnologías de energía renovable. Se espera que la energía hidroeléctrica siga siendo un pilar importante del suministro de energía de Costa Rica, pero su capacidad crecerá lentamente, de conformidad con los límites económicos y ecológicos. Lo mismo se aplica respecto a la expansión de la biomasa. El suministro por parte de instalaciones de biocombustibles sostenibles e hidrógeno es un tema clave y este puede provenir de Costa Rica o de importaciones certificadas.

Además, los escenarios proyectan la introducción rápida de vehículos muy eficientes en el sector del transporte, para reemplazar los motores de combustión a base de petróleo. Esto conducirá a una cuota energía renovable primaria del 61% en el año 2030 y del 78% en el año 2050 en el escenario RE1 y del 100% en el año 2050 en el escenario RE2.

La distribución se basa en los potenciales regionales de energía solar y eólica, y la demanda regional, además, apuntan a generar electricidad donde se ubica la demanda. Mientras que la generación de energía solar fotovoltaica es modular y puede instalarse cerca del consumidor o incluso integrarse en edificios, la eólica en tierra debe mantenerse a una distancia adecuada de los asentamientos. Por lo tanto, la eólica en tierra debe agruparse en parques eólicos con una capacidad en megavatios de más de dos dígitos.

Ambos escenarios RENOVABLES apuntan a una distribución uniforme de la capacidad variable de las plantas de energías en todas las regiones de Costa Rica, y de conformidad se distribuirá la energía solar fotovoltaica a escala de servicios públicos. Sin embargo, Guanacaste es la única región de Costa Rica con importantes recursos eólicos, lo que requiere un aumento significativo en la capacidad de transmisión para conectar esta región con todas las demás regiones de Costa Rica. También, se requiere una mayor capacidad de almacenamiento en Guanacaste que en otras partes del país. Para el 2030, la generación de energía variable alcanzará el 15%–20% en todas las regiones, mientras que el despacho de generación, en ambos escenarios RENOVABLES, se mantendrá en alrededor del 70%. La única excepción es Guanacaste, que alcanzará alrededor del 80% de generación de energía variable para el 2030 y que requiere expansión y el fortalecimiento de la red.

Solar

Costa Rica tiene un enorme potencial para la energía solar fotovoltaica. Aún si se excluyen las áreas restringidas por su proximidad a las líneas eléctricas y los terrenos que tienen pendiente (no mayor del 30%)³, Costa Rica tiene más de 8,000 km² de terrenos en los que 200 GW de energía solar pueden ser, potencialmente, cosechados por granjas solares a escala de servicios públicos. Para evitar conflictos con los parques nacionales y otros usos competitivos de suelos, sólo se incluyeron en el análisis tierras de cultivo perennes y zonas abiertas con arbustos. Además, solo se incluyó en el análisis, energía solar a escala de servicios públicos. El potencial adicional de FV en los techos no se incluyó, pero está claro que el Gran Área Metropolitana (GAM) (San José en particular) tiene potencial significativo para la energía solar.

La energía solar fotovoltaica se encuentra sorprendentemente subutilizada, en comparación con el recurso solar disponible y los bajos costos de generación. Esto se debe a una política desfavorable con respecto a la conexión a la red, las tarifas de alimentación y los permisos de construcción. La energía solar fotovoltaica es una tecnología nueva y una fuente adicional de energía renovable para Costa Rica. Sin embargo, se requiere de una mejora en la legislación respecto a la conexión e instalación de la red para alcanzar esos volúmenes de mercado.

³ Las restricciones son: uso de la tierra (restringida por la conservación de la naturaleza, agricultura, uso comercial o urbano); máximo 10 km de las líneas de transmisión existentes y áreas contiguas (se excluyen las áreas fracturadas de menos de 1 km²); solo en tierra con una pendiente de menos del 30% de ángulo (áreas no montañosas).

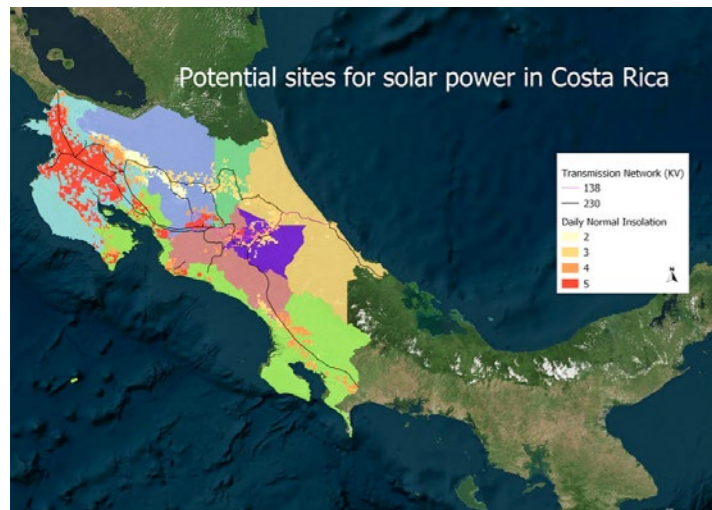


FIGURA 2:
POTENCIAL PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA SOLAR
A ESCALA DE SERVICIOS PÚBLICOS EN COSTA RICA

Eólica

Actualmente, la capacidad instalada de energía eólica de Costa Rica es de aproximadamente 408 MW en parques eólicos en tierra.

Teniendo en cuenta las restricciones relacionadas con la conservación de la naturaleza, el uso agrícola, comercial o urbano de la tierra, las áreas de montaña y designando sólo áreas en tierra con una distancia adecuada (al menos a 10 km) de las líneas de transmisión, todavía queda alrededor de 15 GW de potencial eólico en tierra en Costa Rica.

Casi todos los parques eólicos se ubicarían en Guanacaste, la provincia con las condiciones de viento más favorables. Igualmente, la mayoría de las instalaciones de almacenamiento serán necesarias en Guanacaste porque esta región tiene los recursos eólicos más grandes de Costa Rica y una proporción significativa de la generación eólica se concentraría allí. El viento en alta mar no se ha considerado en este estudio, debido a conflictos con las áreas de protección marítima.

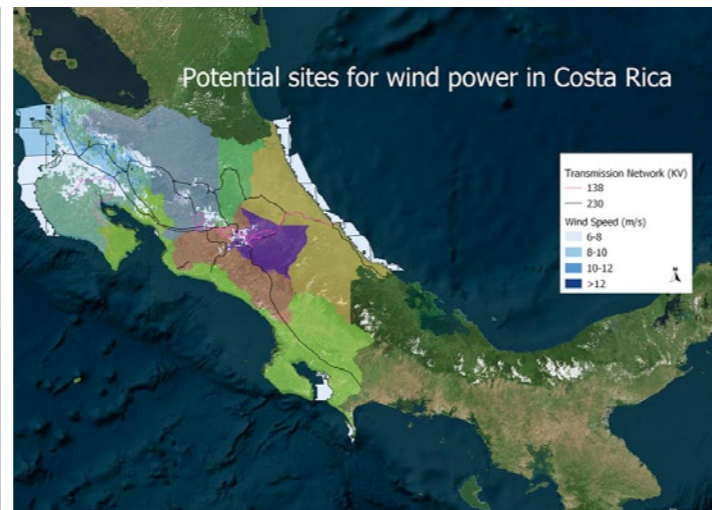


FIGURA 3:
POTENCIAL DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA
EN TIERRA Y EN ALTA MAR EN COSTA RICA

Hidroeléctrica

La capacidad instalada de energía hidroeléctrica ha dominado en las últimas décadas, al ser una gran fuente de energía renovable en Costa Rica: representó el 72% de la generación de electricidad en 2017/18. La energía hidroeléctrica tiene un potencial menor de incremento, esto porque la tasa de utilización de Costa Rica para las centrales hidroeléctricas, ya está cerca del nivel máximo en cuanto a sostenibilidad. En ambos escenarios, la energía hidroeléctrica se mantendrá en alrededor de 2.400 MW de capacidad y va ser sobrepasada por la energía solar fotovoltaica en 2040.

Biomasa

Hoy en día, las energías renovables satisfacen alrededor del 60% de la demanda energética de Costa Rica para la calefacción, y la principal contribución proviene de la biomasa. Diferentes estudios sitúan el uso sostenible del potencial de biomasa en Costa Rica en diferentes niveles, entre 580 MW y 2,530 MW. Los escenarios revelan que la biomasa seguirá siendo la principal fuente para la calefacción (principalmente calefacción industrial), requiriendo una mayor inversión (de alrededor de US \$ 3.6-3.75 mil millones) en tecnologías modernas de biomasa altamente eficientes. En los escenarios, la biomasa representará 9,537 MW (RE1) y 6,706 MW (RE2), respectivamente, para calefacción (usos térmicos) en el 2050 (ver tabla 2).

Geotérmica

Bajo los escenarios analizados, la energía geotérmica desempeñará un papel importante en la calefacción y la refrigeración, requiriendo inversión en tecnologías de bombas de calor geotérmicas. En ambos escenarios, la capacidad de generación eléctrica basada en geotérmica se estima en 385 MW para el 2050 y en 990 MW para la generación de calor renovable. Considerando que el mercado de tecnologías geotérmicas es relativamente pequeño, los costos de instalación son altos.

Costos

En el escenario de REFERENCIA, los costos de generación de energía se mantendrán alrededor de US \$ 6.0 centavos por kWh hasta el 2030 y disminuirán ligeramente a US \$ 5.3 centavos por kWh para el 2050. El escenario RE1 tiene costos de generación promedio ligeramente más bajos de US \$ 5.4 centavos por kWh para el 2030 y US \$ 5,1 centavos por kWh para el año 2050. Los resultados más favorables en el 2050 son con el escenario RE2, en el que la cuota de energía solar fotovoltaica y eólica son altas, con menor necesidad de combustible y menores costos de capital para la instalación. Sin embargo, los costos hasta el año 2030 son idénticos a los del escenario RE1. Los costos de generación comienzan a ser más bajos para el año 2040 y para el año 2050 en el escenario RE2, contando con un precio de US \$ 4.5 centavos por kWh, lo cual es casi US \$ 1 centavo por debajo del caso de REFERENCIA.

TABLA 2:
CAPACIDADES
INSTALADAS
PARA LA
GENERACIÓN
DE CALOR
RENOVABLE

En MW		2020	2030	2040	2050
Biomasa	REF	3 528	4 578	5 580	6 868
	RE 1	3 602	5 751	10 319	9 537
	RE 2	3 503	5 276	8 748	6 706
Geotérmica	REF	46	114	138	159
	RE 1	46	135	603	990
	RE 2	46	135	603	990
Calefacción solar	REF	0	144	161	183
	RE 1	78	638	2 378	4 106
	RE 2	77	637	2 377	4 104
Bomba de calor	REF	11	32	50	88
	RE 1	11	275	1 236	2 476
	RE 2	11	492	1 714	3 506
Total	REF	3 585	4 868	5 929	7 298
	RE 1	3 737	6 799	14 536	17 109
	RE 2	3 637	6 540	13 442	15 306

CO₂ Emisiones

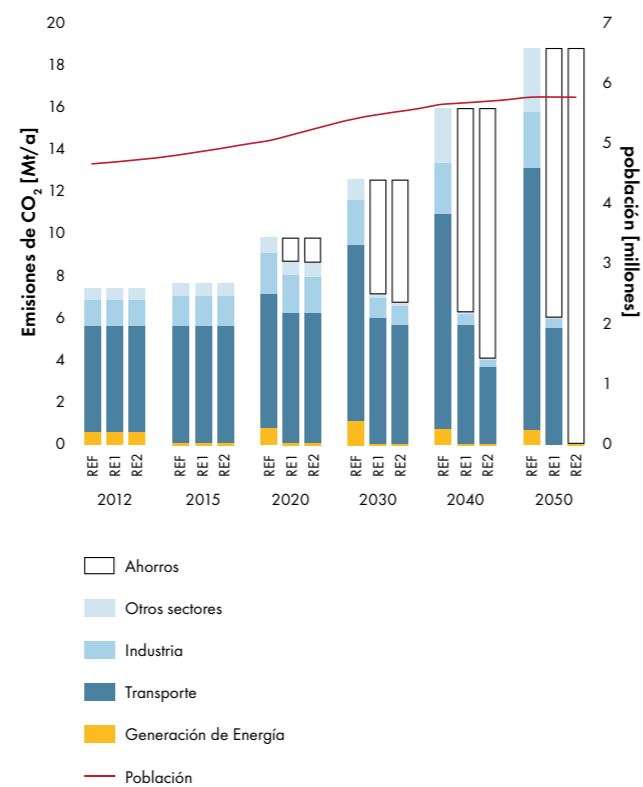
Las emisiones de CO₂ relacionadas con la energía de Costa Rica aumentarán de 7,6 millones de toneladas a 12,5 millones de toneladas entre el año 2015 y 2030 y llegarán a 18,8 millones de toneladas de CO₂ en el año 2050 bajo el escenario REF (véase la figura 4).⁴

Las emisiones de carbono relacionadas con la energía, también aumentarán en el escenario RE1 a 7.2 millones de toneladas de CO₂ para el año 2030, pero luego disminuirán a 6 millones de toneladas de CO₂ para el año 2050, representando solo un tercio de las emisiones del caso REF.

Más del 90% de las emisiones totales de carbono relacionadas con la energía en el caso RE1 proviene del sector del transporte. Por otro lado, el incremento de la eficiencia y el mayor uso de electricidad renovable en los vehículos mantendrá las emisiones estables en los niveles actuales, mientras la demanda continúa aumentando. El sector del transporte seguirá siendo la mayor fuente de emisiones en el año 2050 en el escenario RE1, con una cuota del 91% en la generación de CO₂.

El escenario RE2 descarbonizará los sectores de energía e industria para el año 2030, mientras que el sector del transporte seguirá siendo responsable de 5,7 millones de toneladas de CO₂ para el año 2030, debido a los vehículos con motores de combustión. El sector del transporte se convertirá en cero emisiones para el año 2050 bajo RE2. Entre 2020 y 2030, el escenario RE2 reducirá las emisiones de CO₂ relacionadas con la energía en 38 millones de toneladas de CO₂, mientras que RE1 ahorrará emisiones de carbono acumulativas equivalentes a 35 millones de toneladas.

FIGURA 4:
DESARROLLO DE EMISIONES CO₂
POR SECTOR BAJO LOS ESCENARIOS



⁴ El escenario base al que se hace referencia en el Plan de descarbonización estima unas 16,26 millones de toneladas de CO₂ para el año 2050. La diferencia probablemente se deba a que el escenario base utiliza un nivel de eficiencia ligeramente mayor para los motores de combustión promedio. El Informe Bienal de Actualización (BUR) de Costa Rica de diciembre de 2019 estima un poco menos de 17 millones de toneladas de CO₂ para 2050. El escenario REF utilizado en el estudio utilizó los valores promedio para la región por parte de la OCDE.

REQUISITOS TÉCNICOS Y FINANCIEROS

Infraestructura

Para cosechar los recursos eólicos y solares en tierra, así como el potencial geotérmico y bioenergético de Costa Rica, la red eléctrica debe tener la capacidad de transportar grandes cargas desde la costa oeste al interior del país, y la energía descentralizada asumirá una parte importante de la demanda del sector residencial. Las eólicas en tierra requieren líneas de transmisión hacia los centros de carga de Costa Rica. Ambos escenarios renovables darán como resultado una alta proporción de generación de energía variable (fotovoltaica y eólica): 33% –31% para el 2030 y 54% –66% para el 2050. Por lo tanto, redes inteligentes, gestión de la demanda, capacidad de almacenamiento de energía y otras opciones tecnológicas se deben integrar para aumentar la flexibilidad del sistema de energía, garantizar la integración de la red, el equilibrio de carga y un suministro seguro de electricidad.

Almacenamiento

En todos los escenarios, la cuota de generación variable no superará el 30% para el año 2030 en todas las regiones, excepto en una, Guanacaste, en donde la cuota será de alrededor del 80% debido a la concentración de la generación de viento en tierra. Por lo tanto, la mayoría de las instalaciones de almacenamiento serán necesarias en Guanacaste (por ejemplo, baterías de litio, almacenamiento a escala de servicios públicos).

Para toda Costa Rica, la capacidad de almacenamiento estimada requerida en el escenario RE1 será del 1.0% de la generación variable total en el año 2050 y del 3.5% en el escenario RE2. Se requieren 4,200 MW de almacenamiento en RE1 para el 2050 y 10,000 MW en RE2.

La Tabla 3 muestra los requisitos de almacenamiento y de despacho para evitar restricciones en los escenarios RENOVABLES y REFERENCIA. La tabla identifica la capacidad (= volumen de almacenamiento) en gigavatios hora por año (GWh / a) y la capacidad de producción anual requerida del sistema de almacenamiento. También muestra la capacidad instalada requerida para evitar la reducción, en términos de la carga en gigavatios (GW).

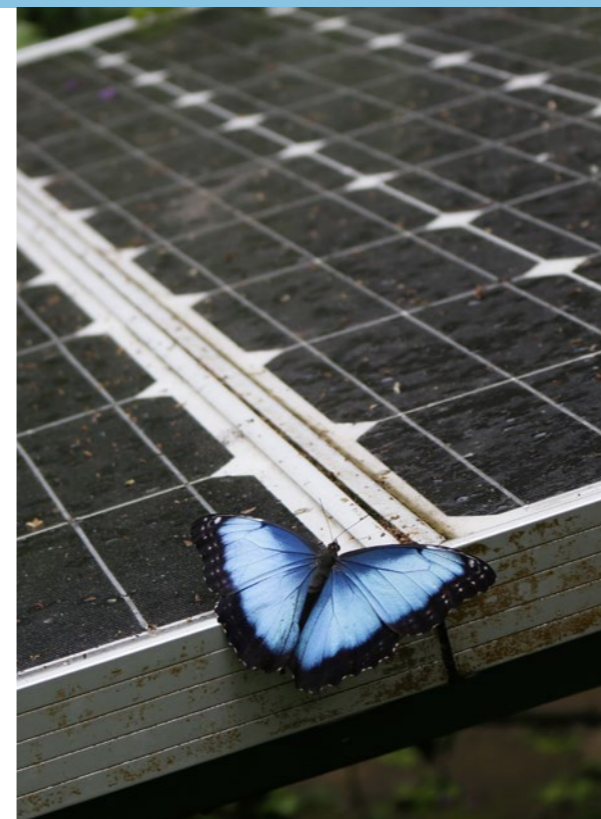
Transporte

Para evitar aumentos en la energía para el transporte – principalmente a base de petróleo – más allá del 2025, los escenarios alternativos implementan una serie de medidas. Es vital cambiar a modalidades de transporte eficientes, como autobuses y vehículos de carga eléctricos, especialmente en las grandes áreas metropolitanas que están en expansión. Estos cambios junto con el aumento de los precios de los combustibles fósiles, frenará el aumento de las ventas proyectadas de automóviles en todos los escenarios. Sin embargo, se espera que la demanda de energía del sector del transporte aumente bajo el escenario REF en alrededor de 130 PJ/a para el año 2030 y luego un aumento adicional a 160 PJ/a en el año 2050. En el escenario RE1, las medidas de eficiencia y los cambios modales ahorrarán el 12% de la demanda de energía (13 PJ/a) para el 2030 y el 35% (60 PJ/a) para el 2050 con respecto al escenario REF. El escenario RE2 descarbonizará completamente el sector para el 2050. No sería necesario el uso de sumideros de carbono ni los mercados internacionales de emisiones.

Los cambios modales adicionales y los cambios tecnológicos conducirán a ahorros de energía aún mayores, en el escenario RE2 del 58% (100 PJ/a) en el 2050 en comparación con el escenario REF. La tecnología de propulsión altamente eficiente con trenes híbridos, híbridos enchufables y alimentados por baterías generará grandes ganancias de eficiencia. Para el 2030, la electricidad proporcionará el 11% de la demanda total de energía del sector del transporte en el escenario RE1, mientras que, en el 2050, la participación será del 33% (RE1) y del 78% en el caso RE2. El hidrógeno y otros combustibles sintéticos generados con electricidad renovable pueden ser complementarios para el sector del transporte, pero no se han tenido en cuenta en los escenarios.

TABLA 3:
REQUISITOS DE
ALMACENAMIENTO
DE ELECTRICIDAD
ESTIMADOS PARA
AMBOS ESCENARIOS
RENOVABLES

Requisitos de almacenamiento para evitar la reducción		RE1		RE2	
		Capacidad total de almacenamiento	Capacidad de almacenamiento	Capacidad total de almacenamiento	Capacidad de almacenamiento
Costa Rica		[GWh/a]	[GW/a]	[GWh/a]	[GW/a]
Alajuela	2020	0,000	0,000	0,000	0,000
	2030	0,000	0,000	0,000	0,000
	2050	7,261	0,006	140,446	0,117
Cartago	2020	0,000	0,000	0,000	0,000
	2030	0,000	0,000	0,000	0,000
	2050	0,000	0,000	80,407	0,067
Guanacaste	2020	0,000	0,000	0,000	0,000
	2030	10,666	0,009	11,088	0,009
	2050	43,639	0,036	51,491	0,043
Heredia	2020	0,000	0,000	0,000	0,000
	2030	0,000	0,000	0,000	0,000
	2050	9,997	0,008	78,406	0,065
Limón	2020	0,000	0,000	0,000	0,000
	2030	0,000	0,000	0,000	0,000
	2050	1,384	0,001	71,035	0,059
Puntarenas	2020	0,000	0,000	0,000	0,000
	2030	0,000	0,000	0,000	0,000
	2050	12,572	0,010	81,067	0,068
San José	2020	0,000	0,000	0,000	0,000
	2030	0,000	0,000	0,000	0,000
	2050	1,025	0,001	215,837	0,180
Total	2020	0,000	0,000	0,000	0,000
	2030	10,666	0,009	11,088	0,009
	2050	75,878	0,063	718,690	0,599



Costa Rica es un campeón de la sostenibilidad. Alrededor una cuarta parte de la superficie terrestre del país está protegida y el país alberga el 6% de la biodiversidad del mundo.

AHORROS

A largo plazo, hasta el 2050, los ahorros en el costo del combustible en el escenario RE1 alcanzarán un total de US \$ 5.3 mil millones hasta el 2050, o US \$ 180 millones por año. El ahorro en el costo del combustible en el sector eléctrico en el escenario RE2 será similar al RE1, pero ahorrará costos de combustible adicionales en el sector del transporte. Comparando lo anterior con los costos de generación de electricidad, que son de alrededor de unos US \$ 700 millones, la descarbonización total del sector del transporte puede resultar en un ahorro en el costo del combustible de hasta US \$ 1,5 mil millones para el 2050.

Las fuentes de energía renovable llegarán a producir electricidad, sin generar mayores costos de combustible después del 2050, en contraposición a los costos del petróleo (importaciones), que continuarán siendo una carga para la economía.

INVERSIÓN EN CALEFACCIÓN

Ambos escenarios RENOVABLES requerirán una revisión importante de las estrategias de inversión actuales en tecnologías de calefacción (uso térmico). En particular, las tecnologías de bomba de calor solar térmica y geotérmica requerirán aumentos significativos con respecto al número de instalaciones, si se quiere aprovechar su potencial para el sector de calefacción (principalmente industrial). El uso de biomasa especialmente para la demanda de calor industrial también será sustancial.

Las tecnologías de calefacción renovables son extremadamente variadas, desde colectores solares sin esmaltar hasta sistemas geotérmicos y solares muy sofisticados. Los volúmenes de inversión en los tres escenarios serán significativamente diferentes: en el caso de REF se requiere unos US \$2 mil millones, en RE1 y RE2, ambos requerirán de unos US \$5 mil millones. Las grandes diferencias están asociadas a un cambio total del sistema de generación de calefacción. A largo plazo, hasta el año 2050, las proyecciones de costos sólo pueden ser estimaciones cuantitativas. Los escenarios de RENOVABLES requerirán una inversión total de alrededor de unos US \$16.500 millones en tecnologías de calefacción renovables hasta el año 2050 (incluidas las inversiones en reemplazos después de la vida económica de las plantas), o aproximadamente US \$550 millones por año.

Inversiones

INVERSIÓN EN EL SECTOR ELÉCTRICO

Se requerirán alrededor de US \$7.35 mil millones en inversión en el sector eléctrico entre el 2020 y el 2030 para que ambos escenarios de RENOVABLES se hagan realidad. Esto implica unos US \$ 1.8 mil millones más que en el escenario de REFERENCIA. El caso de REFERENCIA requiere inversiones anuales de US \$ 550 millones, mientras que el caso de RENOVABLES lleva a alrededor de US \$ 700 – las inversiones anuales adicionales resultantes entre el 2020 y el 2030 serían de, de US \$ 150 millones. En todos los escenarios, las inversiones en generación producida con energía fósil son bajas.

Para todo el período de modelado hasta el año 2050, el caso REFERENCIA y RENOVABLES1 tienen necesidades de inversión similares de unos US \$ 30 mil millones durante 30 años. El escenario RENOVABLES 2 requiere mayores inversiones, un total de US \$ 40 mil millones durante el mismo período de tiempo, debido a las mayores necesidades de electricidad como resultado de la electrificación del sector del transporte. Las inversiones adicionales en plantas de energía ya se reflejan en los costos promedio de generación (ver sección anterior).

RECOMENDACIONES DE POLÍTICA PÚBLICA

1 Establecer un objetivo de energía 100% renovable tanto para la producción como para el consumo de energía e insertarlo en todos los sectores de la economía.

La formulación de un objetivo que sea temporal y medible, así como detallado en su alcance y reflejado en obligaciones políticas de alto nivel, es esencial para aumentar la confianza requerida por los servicios públicos y los inversores privados y públicos para realizar inversiones a gran escala y a largo plazo, como por ejemplo en las redes de transmisión y distribución. Al aumentar la certeza de la inversión, los objetivos ambiciosos pueden atraer inversores nacionales e internacionales, lo que en última instancia facilita el logro del objetivo. Las experiencias de la Unión Europea han demostrado que los objetivos pueden ayudar a crear conciencia entre la ciudadanía y, por lo tanto, generar apoyo entre el público y las empresas.

2 Priorizar el desarrollo de energía solar fotovoltaica y eólica en tierra.

Con el fin de satisfacer la futura demanda de energía a través del 100% de ER, Costa Rica necesitará diversificar su matriz eléctrica. Logrando mantener así la demanda de almacenamiento baja y la seguridad del suministro alta, al tiempo que reduce la dependencia de la energía hidroeléctrica, que es vulnerable a estaciones secas cada vez más fuertes. El estudio destaca lo importante que es el potencial de la energía solar fotovoltaica distribuida en techos en el Gran Área Metropolitana de San José (GAM). La posibilidad de desbloquear el potencial mediante la introducción de un esquema de tarifas de alimentación permite a los usuarios finales, producir energía y venderla a un precio fijo por cada KWh producido durante un período fijo.

3 Introducir un esquema de tarifa de alimentación.

Se debe introducir una tarifa de alimentación (TA) para incentivar el desarrollo de un sistema energético descentralizado. Una TA puede desempeñar un papel importante para los sistemas solares domésticos en San José y sus alrededores, al lograr que las personas no sólo sean consumidores, sino también productores de energía. Por lo general, las TA otorgan acceso prioritario a la red eléctrica y garantizan a los productores de energía un precio fijo por cada kilovatio hora producido por un período fijo (generalmente 20 años). El precio fijo generalmente disminuye con el tiempo, para garantizar la innovación técnica. Este precio fijo debe ser lo suficientemente alto como para garantizar un retorno de la inversión. El precio fijo y el período exacto de la tarifa deben diferenciarse según los tipos de fuente de energía, el tamaño de la planta y los años de operación del proyecto. Los costos adicionales que resultan de una AT, generalmente se comparten entre todos los usuarios de energía a través de un pequeño recargo en las facturas de energía.

4 Mejoras en la capacidad de almacenamiento

Dado que Guanacaste producirá más energía de la que consume, se deben mejorar las capacidades de almacenamiento. Para hacerlo, las opciones de almacenamiento deben ser económicamente viables para los/as productores de energía y los hogares. Esto podría hacerse exigiendo que una cierta cantidad de la devolución del TA se re-invierta en capacidades de almacenamiento. Igualmente, es posible la introducción de un esquema de subsidio donde los hogares, los hoteles y la industria reciban un préstamo reembolsable u otras formas de incentivos financieros del gobierno para fortalecer las capacidades de almacenamiento.

5 Implementar medidas de eficiencia energética en conjunto con el despliegue de ER.

Las políticas existentes sobre estándares de eficiencia energética para aplicaciones eléctricas, edificios y vehículos, deben fortalecerse para maximizar el uso rentable de las energías renovables y lograr una alta productividad energética. El incremento de la eficiencia en el sector del transporte resultará de la penetración de una flota de nuevos vehículos altamente eficientes, incluidos los vehículos eléctricos, y las innovaciones en el ámbito de la movilidad. También, se pueden lograr ganancias significativas a través de la implementación de medidas en los procesos de calor de las industrias, especialmente mediante la aplicación de tecnologías de utilización del calor residual.

6 Electrificar el sector del transporte para lograr la descarbonización completa.

Es imprescindible la introducción de carros eléctricos eficientes que se puedan cargar en estaciones de recarga o en el hogar, mediante el uso de sistemas solares en los techos. Del mismo modo, es necesario una introducción importante de vehículos para la flota del transporte público. Respecto a las líneas de trenes, aun tomando en cuenta las existentes y la línea planificada alrededor de San José, se debe restaurar la conexión de la GAM hacia las costas. Los planes existentes deberían ampliarse para incluir más áreas rurales de Costa Rica. Esto debería complementarse con un sistema de autobuses profundamente mejorado: viajes de un solo pago por toda la travesía, tarifas bajas para incrementar los usuarios y un marco común para que los operadores de autobuses aumenten la frecuencia y reduzcan los retrasos.

7 Garantizar la producción de biocombustibles dentro de límites ambientalmente sostenibles.

Los biocombustibles serán necesarios para descarbonizar el sector del transporte. Sin embargo, la producción de biocombustibles a partir de cultivos de caña de azúcar debe garantizarse que sea ambientalmente sostenible. En otras palabras, los monocultivos deben evitarse en cualquier circunstancia. Más bien, se debería complementar con fuentes como el hidrógeno y combustibles sintéticos.

8 Aumentar la interconexión de los sectores.

La interconexión entre los sectores de la industria, el transporte y la calefacción debe ser considerada para aumentar la eficiencia y optimizar la capacidad de la energía renovable. Las empresas de servicios de energía pueden fomentar la interconexión, gestionar la demanda y maximizar los beneficios cruzados de integrar una mayor cuota de RE. Lo anterior, es crucial ya que la mayoría de los procesos industriales tienen lugar en el GAM, donde también estará concentrada la demanda del transporte público.

9 Explorar mecanismos de financiamiento para el desarrollo de ER y otras medidas de descarbonización.

Para escalar el despliegue de ER, es esencial aumentar tanto la financiación pública como la privada. La certeza sobre el flujo de caja es fundamental para que los proyectos de energía renovable gestionen los riesgos y faciliten las inversiones. Para aumentar el número de proyectos financiables y disminuir los riesgos (percibidos) asociados con los proyectos de ER, el Banco Central de Costa Rica puede asumir un papel más importante en la provisión de financiamiento libre de riesgos y un aumento del capital privado a través de la cooperación con bancos multilaterales como el Banco Centroamericano para la Integración Económica⁵.

⁵ Para obtener más información, consulte la publicación del World Future Council "Desbloqueo de los billones para financiar el límite de 1.5 ° C", disponible aquí: <https://www.worldfuturecouncil.org/unlocking-the-trillions/>

RECOMENDACIONES DE GOBERNANZA

1 Involucrar a las partes interesadas de todos los sectores en el campo de la energía.

Las diferentes partes interesadas y segmentos de la sociedad necesitan asumir en conjunto un compromiso para lograr el 100% de ER, la descarbonización completa de la economía y garantizar que los beneficios de este proceso se distribuyan de manera justa entre los diferentes sectores y regiones del país. Además, se deben implementar políticas específicas de acceso abierto e inclusivas, ya que estas involucran a la ciudadanía y comunidades, ofrecen incentivos específicos y crean certeza de inversión a largo plazo para el público, comunidades, empresas locales e inversionistas internacionales.

2 Desarrollar una política marco para creación de capacidades.

La implementación de una estrategia de 100% RE requiere la sensibilización de todos los sectores de la sociedad y la educación de la ciudadanía, legisladores y funcionarios del gobierno. Primero, el fortalecimiento y expansión del currículo, y el entrenamiento vocacional en las escuelas (promoción de esquemas de aprendices), universidades y otras instituciones sobre las implicaciones técnicas, financieras y de política pública sobre el proceso de descarbonización para desarrollar el capital humano necesario. Esto debería incluir la capacitación de quienes perdieron los trabajos que tenían en el sistema energético viejo. Segundo, la sensibilización de la ciudadanía debería ser fortalecida por medio de informes y campañas que involucren al sector público, privado y a los grupos no gubernamentales sobre los beneficios socio-económicos del ER.

3 Integrar las energías renovables en la planificación urbana y espacial.

La mayor parte de la actividad industrial de Costa Rica se desarrolla en la Gran Área Metropolitana, localizada alrededor de San José. También, es el área más densamente poblada del país. Por lo tanto, la planificación urbana y espacial juega un papel importante en el sistema energético de Costa Rica. Los responsables de la formulación de políticas urbanas deben coordinar tanto horizontalmente entre los departamentos municipales y las partes interesadas locales, como verticalmente a través de múltiples niveles de gobernanza hacia un objetivo común de 100% de ER. Por lo tanto, la planificación urbana requiere áreas prioritarias, que en el caso de Costa Rica debería ser descarbonizar la GAM con un enfoque especial en el transporte, la industria y las áreas residenciales, al tiempo que aumenta la capacidad de recuperación del sistema energético. Se debe establecer un grupo de trabajo de planificadores urbanos con experiencia en cada una de estas áreas, ciudadanía, instituciones gubernamentales (MINAE, MOPT, SEPSE), autoridades del gobierno local, proveedores de energía locales e ICE para garantizar un marco de políticas holístico.



4 Integrar las energías renovables en las políticas de desarrollo rural.

La actividad económica se concentra en San José y sus alrededores. Para fortalecer las economías locales en las regiones rurales de Costa Rica, es necesario liberar el poder transformador de las energías renovables. De hecho, la OCDE manifiesta que las regiones con integración exitosa de energía renovable, a menudo se vinculan con políticas de desarrollo rural. Además, estas políticas están impulsadas por las necesidades y políticas locales, en lugar de políticas nacionales. La promoción de sistemas de energía distribuidos en las zonas rurales tiende a mejorar las condiciones socioeconómicas locales y puede revitalizar a las comunidades que se han quedado atrás. Eventualmente, se debe crear un sistema de energía que re-invierta los rendimientos en modelos comerciales innovadores y alentadores, especialmente para las PYMEs, y en mejoras en la infraestructura y educación. Esto podría incluir la innovación de tecnologías disruptivas, que sean de naturaleza transversal, como los sistemas basados en sensores para monitorear cultivos, suelos, campos y ganado o mejorar la trazabilidad digital de las cadenas de productos.

5 Fortalecer la descentralización y la toma de decisiones políticas de los gobiernos locales.

Para liberar todo el potencial transformador de la energía renovable, los gobiernos locales y las comunidades deben participar para asegurarse de que las medidas se adapten a las necesidades locales. Además, la diversificación de actores en el sistema energético puede aumentar la capacidad de resiliencia, reduciendo la necesidad de extender la red al priorizar el consumo de energía cerca de la producción. Por lo tanto, la ley que regula las concesiones privadas debe actualizarse. La planificación espacial debe considerar las actividades económicas específicas de cada sector y hacer especial hincapié en la igualdad de oportunidades para la población rural y urbana dentro de una región. Los gobiernos locales de Costa Rica disfrutaban de relativamente poco poder de decisión, en parte debido a limitaciones financieras. Por lo tanto, las opciones de financiamiento flexibles son cruciales para construir un sistema de energía local distribuido. Los esquemas de pago por uso, que permiten la instalación modular de tecnologías renovables, podrían considerarse y promoverse por medio de Asociaciones Público-Privadas, entre el gobierno y las empresas proveedoras de tecnología. Además, las instalaciones de plantas de energía renovable podrían ser subsidiadas a través de fondos reembolsables, que podrían pagarse mediante las facturas de energía, dentro de un cierto plazo o por medio de préstamos a largo plazo y de bajo interés.

