



Hoja de ruta para potenciar el rol de los stakeholders en el marco de la Transición Energética de Panamá 2030 - 2050

Un modelo energético sostenible para Panamá

Presentación de equipo

Han participado en el desarrollo del presente informe los siguientes profesionales de Deloitte:

- Cristian Serricchio (Socio)
- Damián Grignaffini (Gerente)
- Tomás Cardozo (Senior)
- Sebastián Yépez (Senior)

Contenido

Objetivos	4
Introducción por el Country Manager del Grupo Enel en Panamá	7
Acrónimos, siglas, abreviaciones y unidades de medida	9
Resumen Ejecutivo	12
La lucha contra el cambio climático	13
El modelo energético panameño al 2050	13
Transición energética	14
Impactos Económicos de la Descarbonización	17
Recomendaciones	17
1. La Lucha Contra el Cambio Climático	20
1.1. La reducción de emisiones es un reto global	21
1.2. Emisiones de GEI en Panamá en 2016	25
1.3. Contribuciones nacionales en la lucha contra el cambio climático	28
2. El modelo energético panameño al 2050	32
2.1. Visión actual de Panamá para el 2050	33
2.2. El modelo energético en el marco de las ODS	34
2.3. Introducción a la metodología de modelización: TIMES	34
2.4. Transformaciones necesarias en el modelo energético	39
3. Transición energética	44
3.1. Nuevas políticas energéticas en Panamá	45
3.2. Planificación para una transición exitosa al 2050	46
3.3. Cambiar a fuentes primarias de energía libre de emisiones, apuntando a una matriz electricidad verde	46
3.4. La promoción de infraestructuras digitales y redes inteligentes	48
3.5. Fomentar la eficiencia energética y la electrificación en los usos finales	51
3.5.1. Electrificación de los sectores residencial, comercial y público	52
3.5.2. Electrificación del sector agricultura	56
3.5.3. Sustitución de combustibles en el sector industrial	57
3.5.4. Sustitución de combustibles en el sector transporte	58
3.6. El rol del hidrógeno verde en la descarbonización de Panamá	62
3.7. Incentivos a modelos de producción sustentable – sector no energético	64
3.7.1. Sector AFOLU	65
3.7.2. Residuos Sólidos	67
3.7.3. Emisiones Fugitivas y Procesos Industriales	67
3.8. Análisis de inversiones y costos en el sistema	68
3.9. Beneficios de la descarbonización	69
4. Conclusiones	73
5. Recomendaciones de política energética para una descarbonización sostenible	76
6. Contactos	98

Objetivos



Objetivos

El presente informe ha sido impulsado por el Grupo Enel en Panamá y elaborado por Deloitte como una reflexión analítica y participativa sobre la necesaria transición hacia la descarbonización sostenible del modelo energético panameño. Esta transformación se enmarca en el cumplimiento del objetivo nacional de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y en la consideración de otros aspectos clave de la política energética: la seguridad de suministro, la competitividad del sistema energético-económico, la compatibilidad con criterios del crecimiento y la sostenibilidad ambiental y social.

Somos conscientes de que el debate sobre la transición hacia una economía sostenible basada en tecnologías con bajas emisiones en carbono es un tema de especial relevancia para nuestra sociedad, por su innegable impacto en la sostenibilidad medioambiental y económica, pero también por su especial complejidad. En este contexto, los objetivos del estudio han sido los siguientes:

- Dar una visión de largo plazo de qué supone el cumplimiento de los compromisos internacionales de reducción de emisiones de Panamá al horizonte 2050 que sirva de insumo para las revisiones de las estrategias definidas y soporte para la actualización de metas (más ambiciosas) hacia un escenario con mayor potencial de captura de carbono y, por ende, más beneficios en términos económicos y para la comunidad en su conjunto.
- Desarrollar el análisis de mediano plazo que sirva de soporte de transición energética, con vista en el hito intermedio de 2030, con el fin de brindar una serie de recomendaciones a las políticas energéticas definidas para una descarbonización eficiente.

Este estudio ha contado con la participación voluntaria de diversos actores de reconocido prestigio y de diversos perfiles, con el objetivo de compartir y enriquecer los puntos de partida de este, recoger su visión sobre las cuestiones más relevantes e identificar posibles vías de avance hacia un Panamá sin emisiones.

Buenos Aires, 17 de noviembre de 2022

Asunto: *Agradecimiento al Grupo Enel y equipo*

El presente informe y los estudios que lo facilitaron han sido promovidos en gran medida por Grupo Enel y equipo de trabajo. Su colaboración y participación ha sido fundamental para la confección del informe respecto de la transición hacia la descarbonización sostenible del modelo energético panameño.

Deloitte quiere agradecer de manera especial al Grupo por haber promovido y sustentado materialmente la iniciativa; además de contribuir con experiencia y el Know How de iniciativas similares desarrolladas en otros países. También nos acompañó en la presentación de esta a los stakeholders panameños, favoreciendo la difusión dentro del sector, y mostrando una fuerte toma de conciencia.

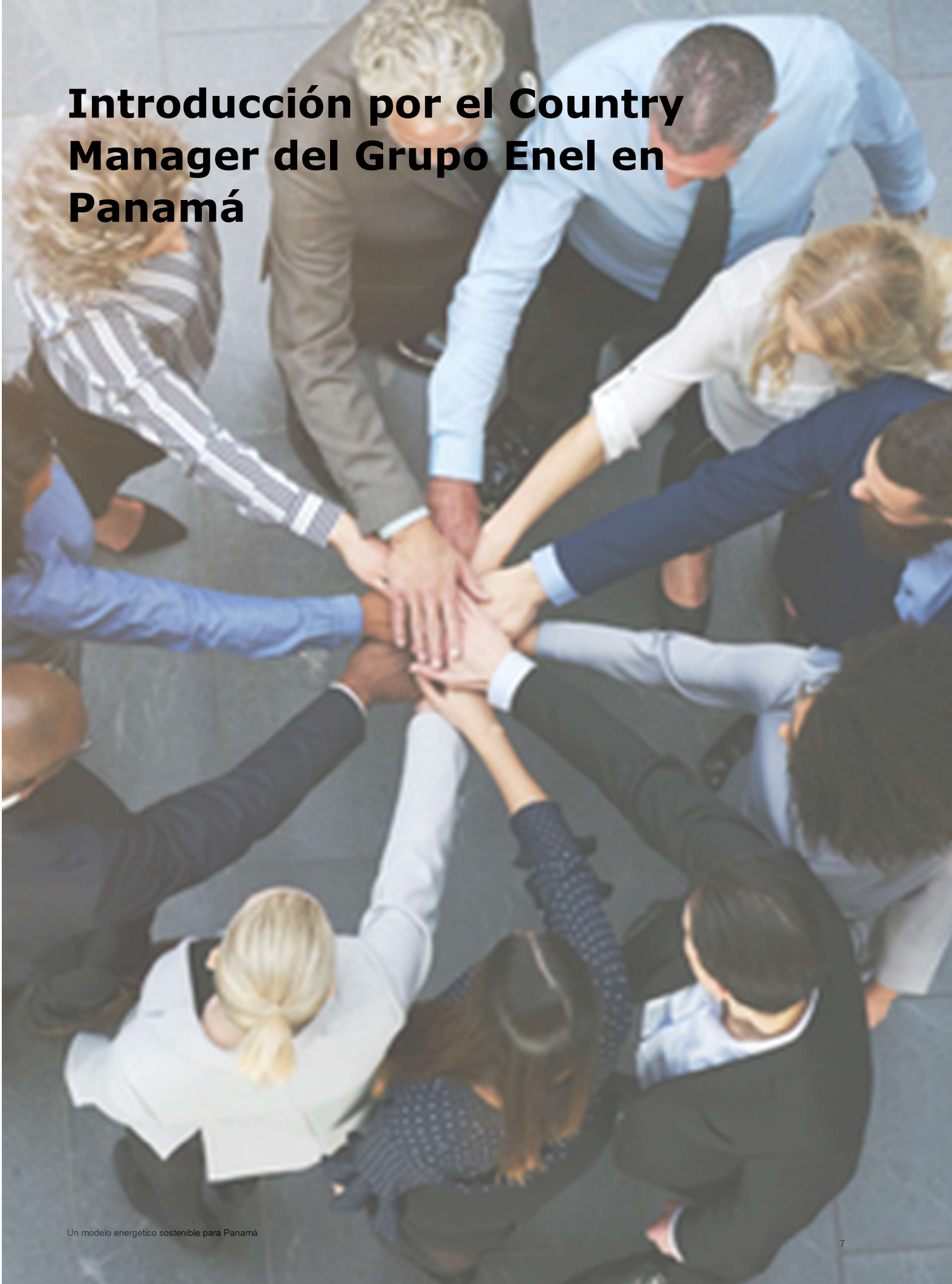
Atentamente,



Cristian Serricchio

sociales

Introducción por el Country Manager del Grupo Enel en Panamá



Introducción por el Country Manager del Grupo Enel en Panamá

Todos sabemos que una de la crisis considerada como uno de los grandes desafíos del Siglo XXI, y que permanece aún sin solución, es la del cambio climático. Nos encontramos en una época de grandes desafíos que se transforman en oportunidades para acelerar la transición hacia una sociedad más justa y respetuosa del planeta. Para lograrlo necesitamos centrar nuestros esfuerzos en buscar soluciones innovadoras, oportunas y eficaces para el planeta y la humanidad. Sin duda, los impactos del cambio climático nos exigen priorizar acciones en el corto y largo plazo para adaptarnos y evitar efectos mayores.

Motivados por contribuir en esta construcción colectiva, el Grupo Enel pone a disposición y en sus manos el estudio "Hoja de ruta para potenciar el rol de los stakeholders en el marco de la Transición Energética de Panamá 2030-2050", realizado por la consultora internacional Deloitte con la participación inclusiva de diversas instituciones públicas, privadas, gremios, academia y expertos del país, como una propuesta técnica e inclusiva impulsada por Enel que busca acelerar la necesaria transición hacia la descarbonización sostenible del modelo energético en nuestro país, compartiendo y enriqueciendo los puntos de partida, recogiendo visiones sobre las cuestiones más relevantes e identificando posibles vías de avance hacia un país sin emisiones.

Fomentamos esta iniciativa porque somos conscientes de que la energía no debe ser vista como un futuro posible, sino como nuestro presente y único futuro de cara a la reducción del impacto negativo que las personas e industrias tenemos en nuestro medio ambiente. Ese es el camino para seguir y asegurar que nuestros hijos y los hijos de nuestros hijos, reciban un mundo que les permita crecer y desarrollarse en todo su potencial.

Este estudio expedido en el año 2022 se realiza considerando la importancia que a nivel global tiene la lucha contra el cambio climático y el compromiso asumido por los países en la última COP26 de Glasgow. En ese, aportamos este Estudio como contribución de otra perspectiva adicional en las reflexiones y debates nacionales que se realizan en torno al tema y en preparación para la participación del país a la COP27.

Esta propuesta abierta y colaborativa, en la que estuvieron involucrados más de sesenta stakeholders, se llevó a cabo en tres talleres participativos, una mesa de trabajo y tres encuentros de discusión y validación, logrando una convocatoria total superior a ochenta participantes y su valor más destacado está en la mirada integral de todos los aspectos necesarios para lograr un cambio sostenible y justo; entre ellos, la situación de la demanda energética presente y futura, la incorporación de tecnologías inteligentes y no convencionales, el desarrollo de la movilidad eléctrica, generación distribuida, hidrógeno verde, el análisis costo-beneficio para la economía del país y un análisis del impacto en el empleo que conllevará a la reconversión laboral y la creación de nuevas ofertas de trabajo.

Destacamos que nuestra ubicación geográfica privilegiada y el trasiego comercial tanto aéreo como marítimo acompañado de las operaciones del Canal de Panamá como un abanico de oportunidades para potenciar la transición energética.

Agradezco inmensamente a todas las personas que participaron en este Estudio, especialmente a la Dra. Jessica Guevara como líder de la mesa de trabajo y los panelistas que nos acompañan a lo largo del ejercicio, cuya contribución es un impulso para seguir avanzando en la construcción del país que soñamos.

Este informe estará disponible en formato digital para que todos los interesados puedan descargarlo en el enlace: https://linktr.ee/transicionenergetica_pan

Maximiliano Winter Bassett
Gerente de País Panamá

Lucio Rubio
Jefe de Colombia y Centroamérica

Maurizio Bezzeccheri
Jefe de la Región de América Latina

Acrónimos, siglas, abreviaciones y unidades de medida



Acrónimos, siglas, abreviaciones y unidades de medida

ACP: Autoridad del Canal de Panamá

AFOLU: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra

ARD: Aguas Residuales Domésticas y Comerciales

ARI: Aguas residuales industriales

AT: Alta Tensión

BAU: negocios como de costumbre

CDN1: Primera Contribución Nacionalmente Determinada

CFL: Lámparas Fluorescentes Compactas

CH4: Metano

CHCP: Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá

CMNUCC: Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

CO2: dióxido de carbono

COP21: Vigésima primera Conferencia de las Partes

COP27: Vigésimo Séptima Conferencia de las Partes

COVDM: Compuestos Orgánicos Volátiles Distintos del Metano

CUSS: Cambio en Uso de Suelos y Silvicultura

DSOs: Operadores de Sistemas de Distribución

COMER: Extra Alta Tensión

ESS: Sistema de almacenamiento de electricidad

ETESA: Empresa de Transmisión Eléctrica

GEI: Gases de Efecto Invernadero

GLS: Servicio de iluminación General

GtCO2eq.: Gigatonelada de dióxido de carbono equivalente

GW: Gigavatio

HFC: Hidrofluorocarburos

HL: Lámparas Halógenas

HVAC: Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado

I&D: Inversión y Desarrollo

IGV: Impuesto General a las Ventas

INEC: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos

IPCC: Panel Intergubernamental del Cambio Climático

IRENA: Agencia Internacional de las Energías Renovables

IRENA: Agencia Internacional de las Energías Renovables

KCO2: Millas de toneladas de CO2

LCOE: Costo Nivelado de la Energía

LED: Diodo Emisor de Luz

MtCO2eq.: Megatonelada de dióxido de carbono equivalente

MW: Megavatio

NDC: Contribución Nacionalmente Determinada

NOx: Óxido de nitrógeno

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible

ONU: Organización de las Naciones Unidas

PBI: Producto interno bruto

PEN: Plan Energético Nacional

PENCYT: Plan Estratégico Nacional de Ciencia y Tecnología

PFC: Perfluorocarbonos

PIOTA: Plan Indicativo de Ordenamiento Territorial Integral

PNTC: Plataforma Nacional de Transparencia Climática

PNTC: Plataforma Nacional de Transparencia Climática

PNUD: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

PTAR: Tratamiento de Aguas Residuales

RSU: Residuos Sólidos Urbanos

SF6: hexafluoruro de azufre

SICA: Sistema de Secas Intermitentes

SIEPAC: Sistema de Interconexión Eléctrica para Países de América Central

SIN: Sistema Interconectado Nacional

SINIA: Sistema Nacional de Información Ambiental

SNE: Secretaría Nacional de Energía

TEP: Tonelada equivalente de petróleo

TWh: Teravatio -hora

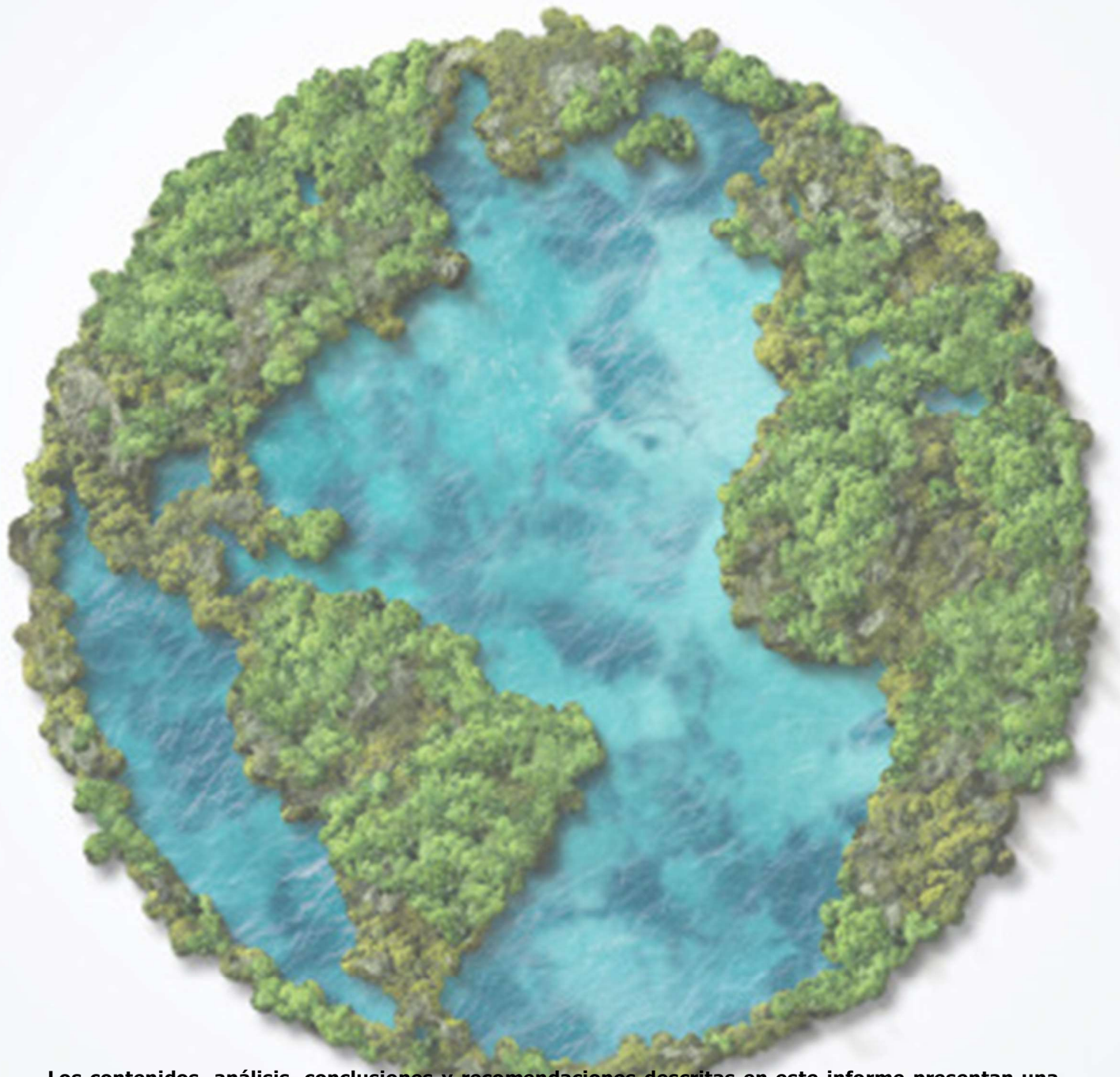
UGEMs: Unidades de Generación Móvil

UREE: Uso Racional y Eficiente de la Energía

USCUSS: Uso de suelos, cambio en uso de suelos y silvicultura

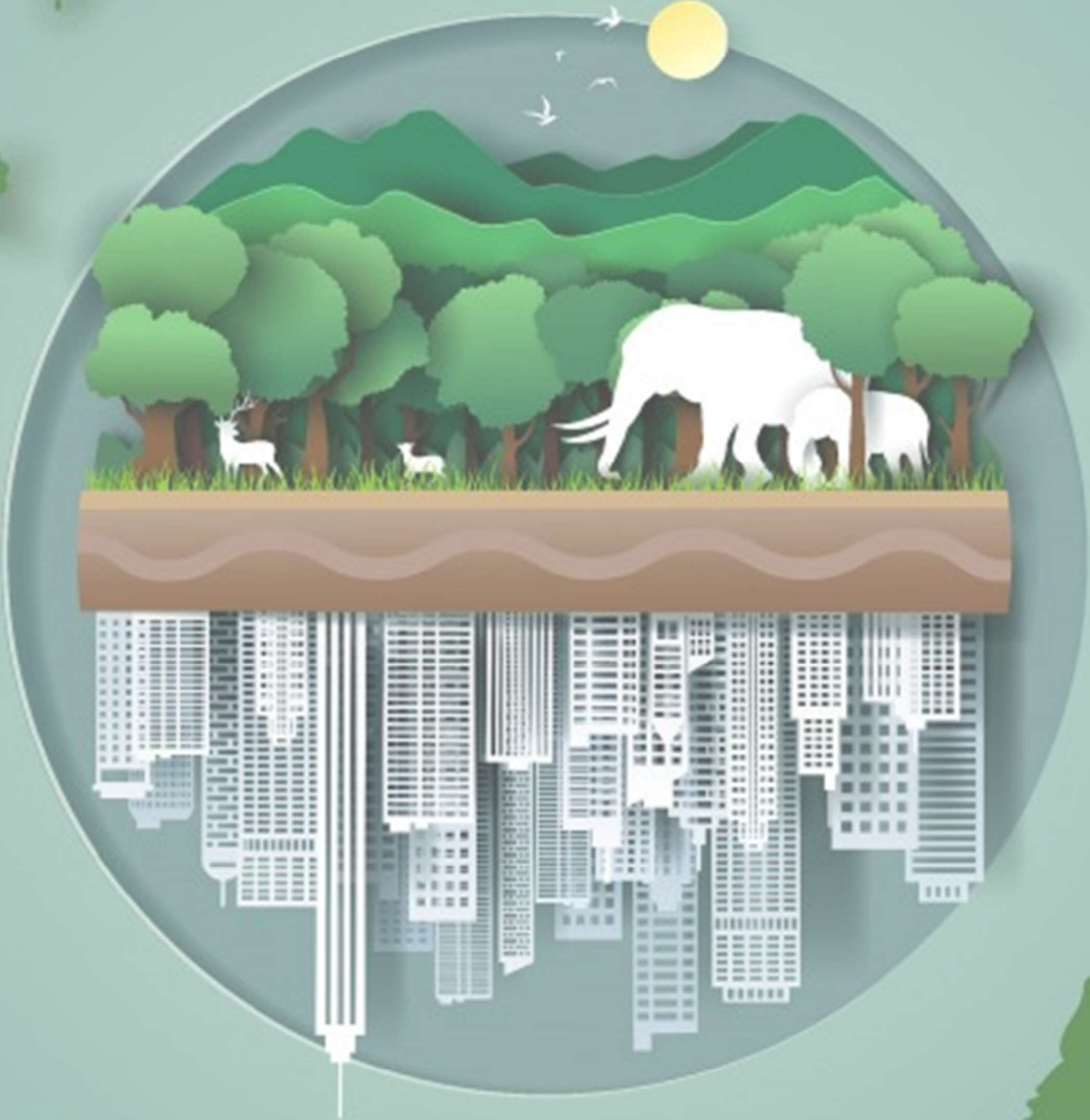
DÓLAR ESTADOUNIDENSE: dólares americanos

VEB: Vehículos eléctricos a batería



Los contenidos, análisis, conclusiones y recomendaciones descritas en este informe presentan una visión objetiva. Se han manifestado visiones y opiniones diversas y, en algunas ocasiones, contrapuestas, que han servido para enriquecer y contrastar los aspectos fundamentales cubiertos en el estudio.

Resumen Ejecutivo



Resumen Ejecutivo

La lucha contra el cambio climático

El Acuerdo de París, alcanzado en la XXI Conferencia de las Partes (COP21) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, agregó como objetivo el compromiso de contener el incremento de la temperatura media de la tierra “muy por debajo de los 2°C” con respecto al nivel preindustrial, y esforzarse para limitarlo en 1.5°C, así como alcanzar la neutralidad de emisiones entre 2050 y 2100.

Las partes alcanzaron un acuerdo para preparar, comunicar y mantener contribuciones nacionales en el futuro, poniendo en marcha medidas para la consecución del objetivo global planteado.

El modelo energético panameño al 2050

El cambio en las formas de producción y consumo de energía entre hoy y 2050 es imprescindible para la reducción de emisiones.

Panamá absorbió de manera neta 10.44 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (MtCO₂) a 2016, manteniéndose como uno de los tres países que han alcanzado el estatus de carbono negativo. En cuanto a las emisiones provenientes del sector energético, las mismas alcanzaron los 9.36 MtCO₂eq, mientras que en el sector no energético se producirá un potencial de captura de carbono neto de 19.8 MtCO₂eq.

El proceso de construcción de escenarios para la evaluación del modelo energético sostenible para Panamá en 2050 requirió, no obstante, de la elaboración de la línea de base para contrastar los resultados y los impactos de las acciones y medidas de mitigación de cambio climático para el sistema en su conjunto.

A partir de esta premisa, se simuló el escenario tendencial o “Referencia” el cual deja en evidencia que, si bien Panamá ha alcanzado grandes objetivos en cuanto a la descarbonización de su economía, es necesario incrementar los esfuerzos de descarbonización en el sector energético y buscar mejores prácticas en el sector no energético para poder mantener la negatividad del carbono. Como resultado de la proyección se obtuvo que las emisiones de GEI totales alcanzarían un valor cercano a los 5.98 MtCO₂eq a 2030 y 23.86 MtCO₂eq a 2050, en caso de que no se apliquen nuevas medidas de descarbonización.

Por su parte, el Escenario 1, representa un horizonte alternativo que permite mejorar los resultados ya obtenidos en términos de captura de CO₂ alcanzando reducciones netas de 8.45 MtCO₂eq a 2030 y 39.50 MtCO₂eq a 2050.

En el **Escenario 1**, se introducen políticas de mitigación y cambios en la matriz energética orientados a maximizar los beneficios de la descarbonización del sector en un contexto de apoyo internacional. En este sentido, dada la multiplicidad de opciones de mitigación disponibles, y no menos importante, la interrelación entre las mismas, estas se dividieron en cuatro vectores de descarbonización que resultaron necesarios para alcanzar metas más ambiciosas al año 2050. Estos son:

- **Cambiar a fuentes primarias de energía libre del sector, apuntando a una matriz eléctrica verde:** Para que la sustitución de fuentes primarias tenga un efecto duradero, es necesario que la electricidad se produzca a través de fuentes de energía renovables.
- **Fomentar la eficiencia energética y electrificación de los usos finales:** Existe un gran potencial de reducción de emisiones desacoplando el crecimiento económico del consumo de energía. Las oportunidades para reducir la intensidad energética en la producción de bienes, el potencial de ahorro de energía en el consumo residencial y sector servicios, así como la eficientización de procesos de transformación que incrementen la energía utilizada y minimicen los desperdicios. A su vez, se espera un cambio a fuentes primarias de energía con menores emisiones a través del reemplazo del carbón y del petróleo con altos niveles de emisión por combustibles bajos en emisión, como la electricidad, los biocombustibles e hidrógeno verde.
- **Desarrollo de infraestructura y digitalización:** La actualización de la infraestructura y la digitalización son la piedra angular para sostener la transición hacia un modelo de energía sostenible con bajas

emisiones de carbono. El incremento de la demanda de electricidad debería llevar a cabo un cambio de paradigma que permita pasar de un sistema tradicional a un sistema completamente flexible que se adapte al aumento de las energías renovables y la generación descentralizada.

- **Incentivar modos de producción sustentable:** En la industria y especialmente en la ganadería y agricultura se requiere adoptar modos de producción sustentables, que permitan reducir el nivel de emisiones.

Transición energética

El camino por recorrer en la transición deberá contar con una cuidada planificación que garantice el logro de ambiciosos objetivos ambientales, de modo que el esfuerzo conjunto que haga toda la sociedad, así como el importante volumen de inversiones, se plasmen de forma eficaz. En este sentido, el diseño y momento de las transformaciones se realizarán sin poner en riesgo la actividad económica ni la seguridad del suministro energético y al mismo tiempo optimizar los costos e inversiones.

Esta transición deberá avanzar sobre las cuatro grandes palabras dichas en el título anterior:

- ✓ *Cambiar a fuentes primarias de energía libre de emisiones, apuntando a una matriz eléctrica verde*

El piso inicial para establecer el diseño de la matriz eléctrica libre de emisiones a futuro debe utilizar en fomentar el uso de fuentes renovables de energía para la producción de energía eléctrica. De cara al 2050 se espera que haya una fuerte penetración de generación de fuentes renovables, considerando la reducción de costos de las tecnologías y más aún si se incluyera el costo social de la emisión de carbono.

La Secretaría Nacional de Energía (SNE) destaca que Panamá ha estado avanzando con “pasos firmes” en sus procesos de alcanzar una agenda energética renovable, ubicándose por encima del promedio en la región para la generación eléctrica¹.

La generación en base a fuentes limpias proyectadas para el Escenario 1 alcanza el 100% en 2050.

A su vez, la complementariedad que permite la generación hidroeléctrica y eólica, más la expectativa de incorporar la energía solar con el agregado de baterías permitió apuntar a una penetración de fuentes renovables no convencionales (eólicas y solares). En el **Escenario 1** se instalarán 12.90 GW de potencia eólica y solar, llegando en 2050 a un total de 13.24 GW.

La mayor penetración de energía renovable variable requiere administrar la gestión de los picos de demanda, a través de la gestión activa de la demanda, utilizando como respaldo principalmente la energía eólica y solar y aumentando la participación de tecnologías de almacenamiento, en particular las baterías.

- ✓ *Fomentar la eficiencia energética y electrificación de los usos finales*

La evolución hacia una matriz energética más limpia en términos de emisiones involucra también la reducción de intensidad energética, que se logra a través de la mejora en eficiencia energética. Todos los sectores de actividad a nivel nacional deberán estar alineados para disminuir el consumo energético del país, y, por ende, las medidas correspondientes han de afectar a cada uno de estos.

La regulación legislativa es una excelente herramienta para lograr impactos fuertes en materia de consumo energético. La Ley de Eficiencia Energética (**Ley N°69**) establece los lineamientos generales de la política nacional para el uso racional y eficiencia de la energía (UREE) en el territorio nacional, fomentando la competitividad de la economía, facilitando la adopción de políticas, promoviendo líneas de financiamiento, desarrollando y propagando productos economizadores de energía, promoviendo técnicas y tecnologías nuevas y eficientes en el consumo energético y prácticas eficientes en el proceso productivo y en el uso de equipos consumidores de energía que resultan económicamente factibles.

Por otro lado, en el caso del sector energético, la Secretaría Nacional de Energía de Panamá (SNE) establece un Plan Energético Nacional (PEN) 2015-2050 que busca aumentar la participación de energías limpias y la reducción de las emisiones del sector eléctrico.

¹Fuente: Datos del Banco Interamericano de Desarrollo

En lo que respecta a una electrificación, para el año 2050 sería necesario alcanzar un nivel del 45% sobre el consumo total de energía final en el Escenario 1. De la misma manera, el consumo de derivados del petróleo debería representar el 41% en el Escenario 1, el total del consumo de energía final, frente a un nivel de 66% en año base. Esto representa una reducción de 38%, como resultado del traspaso de tecnologías convencionales a tecnologías eléctricas.

- Electrificación de los sectores residencial, comercial y público

En el año 2016, el sector residencial, comercial y público, fue responsable de la emisión de 0.6 MtCO₂eq.

Para reducir sus emisiones, en el Escenario 1, el consumo eléctrico en este sector necesitaría aumentar hasta situarse en el 73% del consumo energético total.

Para alcanzar esta penetración desde los valores actuales, el consumidor residencial y comercial, así como el Estado para sus edificios e instalaciones públicas, deberán invertir en nuevos equipos para usos térmicos, en estufas eléctricas y en artefactos con un mayor nivel de eficiencia que podrían aparecer en el mercado en años venideros. La adopción de una fuente de energía u otra derivará de la competitividad en costos de las distintas soluciones tecnológicas disponibles y de la reglamentación aplicable incluida la que incentiva unas menores emisiones en estos consumos.

- Electrificación del sector agricultura

En los próximos 10 años se espera que se produzca una revolución tecnológica en la maquinaria agrícola a nivel global que provoque cambios de paradigmas productivos, comparables a los que produjo la irrupción del tractor diésel en las décadas del 50/60 del siglo pasado. Por ello, Panamá no puede quedarse atrás y debe buscar los mecanismos para generar nuevos conocimientos, adoptando tecnología y buenas prácticas, con el objetivo no solo de que el sector crezca, sino que lo haga considerando la mitigación de los efectos del medio ambiente y cerrando las brechas sociales. En este sentido, la construcción del Escenario 1, contempla la irrupción de este tipo de tecnologías de forma paulatina para el período 2016-2050.

Se espera que la electrificación de maquinarias agrícolas, en conjunto con otras medidas, genere una reducción de la demanda de derivados del petróleo del 93% en el Escenario 1 respecto del escenario de referencia al 2050.

- Sustitución de combustibles en el sector industrial

La implementación de medidas que tiendan a mejorar la eficiencia energética en la industria permitiría reducir costos sustanciales a las empresas, logrando una optimización de la energía y al mismo tiempo contribuyendo a la lucha contra el cambio climático. El recambio tecnológico a equipos más eficientes también permitiría lograr avances significativos en materia de intensidad energética y emisiones.

Específicamente en el caso panameño, el recambio de motores y luminarias, el abandono de procesos productivos de alta contaminación y el incremento de medidas de eficiencia energética con bajo costo de adopción, contribuirían enormemente en este sentido.

La implementación de dichas medidas permitirá lograr una reducción de las emisiones totales del 37% para el Escenario 1 al 2050 con respecto al escenario de referencia. Al mismo tiempo se avanzará en una industrialización sustentable y reducirá la brecha existente en la intensidad energética del país con relación a los países industrializados.

El hidrógeno verde puede usarse como sustituto del carbón, el petróleo y el gas en una gran variedad de aplicaciones. En nuestro modelo, hemos incluido el uso del hidrógeno verde a largo plazo (período 2036-2050) como vector de descarbonización para los usos "difíciles de descarbonizar" del sector.

- Sector transporte

Las emisiones de GEI del sector transporte crecen, a nivel internacional, a la mayor tasa desde 1970. ²Entre las razones se destaca el incremento de la motorización a medida que crece el PBI per cápita. Para reducir las emisiones potenciales del sector, cuatro líneas de acción son identificadas. En primer lugar, las políticas tendientes a reducir la intensidad energética de los vehículos, y en conjunto con estas, medidas que tiendan a reducir la intensidad de carbón por combustible. Una mayor eficiencia, de todas maneras, será insuficiente, por lo que se requiere avanzar a modos de movilización libres de emisiones, como son los vehículos

²Fuente: IPCC - https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_chapter8.pdf

eléctricos y el cambio modal al tren, especialmente para el transporte de carga. Por último, existen importantes oportunidades para incrementar el uso del transporte público, o modificar conductas que promuevan el uso de la bicicleta, compartir el uso del vehículo o disminuir la necesidad de movilizarse, como puede ser el trabajo remoto.

El desarrollo del Vehículo Eléctrico a Batería (VEB) es la apuesta más importante para descarbonizar el sector transporte. En el **Escenario 1** se proyecta una penetración de la movilidad eléctrica del 25% para 2030 y 84% para 2050 del total del parque de vehículos privados a partir de su abaratamiento relativo.

En lo que respecta al sector de transporte de cargas, las medidas apuntan a promover la participación de los camiones eléctricos para el transporte de carga liviana y reducir el uso del diésel como combustible. Es por ello, que en el **Escenario 1** se logra llegar a una tasa de penetración de mercado del 13% para 2030 y 42% para 2050.

Existen oportunidades importantes para incrementar el uso del transporte público, o modificar conductas que promuevan el uso de la bicicleta, compartir el uso del vehículo o disminuir la necesidad de movilizarse, como puede ser el trabajo remoto. Se estima entonces para el 2050 una electrificación del 99% de los buses, en el **Escenario 1**.

✓ *Desarrollo de la infraestructura y la digitalización*

La actualización de la infraestructura y la digitalización son la piedra angular para sostener la transición hacia un modelo de energía sostenible con bajas emisiones de carbono. El incremento de la demanda de electricidad debería llevar a cabo un cambio de paradigma que permita pasar de un sistema tradicional a un sistema completamente flexible que se adapte al aumento de las energías renovables y la generación descentralizada.

Por este motivo, Panamá se encuentra analizando la implementación del **Plan de Expansión del Sistema Interconectado Nacional 2022-2036, de la mano de una Estrategia Nacional de Innovación del Sistema Interconectado Nacional (SIN), a fin de mantener la seguridad y confiabilidad en la operación y comercialización del sistema eléctrico; tomando en cuenta la integración de las energías renovables, la incorporación de sistemas inteligentes en el control de las redes eléctricas y la futura entrada de sistemas de almacenamiento de energía, junto al incremento de la demanda eléctrica generada por la movilidad eléctrica**³.

Actualmente, la transmisión en Panamá se realiza a través de tres líneas principales de transmisión (Líneas 1, 2 y 3), todas ubicadas a lo largo de la costa del Pacífico.

La longitud de las líneas de transmisión de ETESA equivale a un total de 3.395 km de red, mientras que la extensión de la cuarta línea permitiría llegar a un total aproximado de 3.725 km de línea en todo el Sistema Interconectado Nacional.⁴

Para lograr los objetivos de electrificación a 2050 establecidos en el Escenario 1 de nuestro modelo, será necesario realizar un esfuerzo adicional ya que se expandirá un total de 3,740 km de líneas de transporte eléctrico, que permitirán alcanzar 12 GW de potencia adicional para la descarbonización de Panamá.

Las nuevas infraestructuras de red en transporte y distribución son claves para impulsar el crecimiento de las energías renovables. En el horizonte 2030, se reforzarán nuevas inversiones en las redes eléctricas tanto para permitir el acceso a sitios de alto potencial renovable, y para perseguir una red más interconectada que permitan aumentar la confiabilidad del sistema.

Una red eléctrica moderna traerá diversos beneficios para la población y la economía del país. La digitalización de la red permitirá a los clientes de servicios públicos administrar y reducir mejor los costos de electricidad, cortes de energía más cortos y menos frecuentes, mejoras en las condiciones de trabajo y seguridad pública. Al mismo tiempo, reforzará el sistema eléctrico, aumentando así la confiabilidad y la capacidad de recuperación del servicio incluso en el caso de condiciones climáticas severas.

³Gaceta Oficial Digital - <https://www.energiaestrategica.com/wp-content/uploads/2022/09/Estrategia-Nacional-de-Innovacion-del-Sistema-Interconectado-Nacional-de-Panama-ENISIN.pdf>

⁴Fuente: ETESA - <https://www.etesa.com.pa/es/preguntas-frecuentes-sobre-la-cuarta-linea#:~:text=La%20l%C3%ADnea%20de%20transmisi%C3%B3n%20tendr%C3%ADa,III%2C%20en%20ciudad%20de%20Panam%C3%A1.>

El uso masivo de medidores inteligentes resultó en un retorno positivo tanto para el sistema como para los clientes. Los beneficios incluyen la eficiencia energética y la oportunidad para que los usuarios gestionen su demanda de manera activa y cambien los hábitos y renueven la tecnología, lo que brinda una mejor eficiencia.

✓ *Incentivar modos de producción sustentable (sector no energético)*

El sector no energético tiene una capacidad de captura de carbono equivalente a 19.8 MtCO₂eq. en el año base. Explicado por el potencial de captura que presenta el sector de uso de los suelos, cambio en uso de suelos y silvicultura (USCUSS).

Dentro del sector ganadería las medidas de mitigación tienen que ver con la optimización en el manejo de ganado a partir de mejoras en la calidad de los alimentos y suplementos dietarios, campañas de vacunación para el ganado con el objetivo de la reducción de emisiones de gas metano e implementación de prácticas de pastoreo rotativo (de corta duración y alta densidad) que permitan una mejor regeneración de pastizales que sirvan como sumideros de carbono.

Por su parte, para el sector uso de los suelos, las están asociadas con la reducción de la tasa de forestación conforme pasan los años, el proceso de reforestación y agroforestería, la mejora en los pastizales e implementación de mejores prácticas en los usos de las tierras para el cultivo.

En los sectores de desechos y procesos industriales las medidas de mitigación impuestas promueven la generación de energía eléctrica a partir de residuos y mejora en el tratamiento de las aguas residuales, un cambio de conducta hacia la reutilización, la reducción y el reciclaje.

En conjunto con lo arribado las medidas contempladas para la elaboración del **Escenario 1**, permiten mejorar el potencial neto de captura de carbono en 53.28 MtCO₂eq. respectivamente en términos de emisiones de gases de efecto invernadero con respecto al escenario de referencia al 2050.

Impactos Económicos de la Descarbonización

Para alcanzar los resultados observados en el **Escenario 1**, al 2050 se reserva una inversión total de USD 15.4 mil millones abarcando todos los sectores económicos, especialmente en la transformación de la matriz eléctrica, sector transporte e incluyendo los cambios modales. De esta inversión total, el 26% podrían financiarse mediante mecanismos de *Carbon Pricing*, con lo cual, las inversiones netas pasarían a ser de un total de USD 11.4 millones.

El estudio concluye que el proceso de descarbonización en el país generará un beneficio neto acumulado a valor presente de USD 400 millones el **Escenario 1** al 2050.

Esta transición permitirá un incremento neto del PBI de 1.8%, al que, si le incorporamos la estimación de daños climáticos evitados, puede alcanzar el 3% al 2050.

Por su parte, la hoja de ruta de transición energética contempla lo establecido en el Acuerdo de París en materia de reconocimiento de la necesidad de una transición justa, la cual apunta a aumentar la prosperidad y puede ser un motor clave en la creación de empleo. Implica tanto al Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) N°8 de la ONU que busca promover el crecimiento económico inclusivo y sostenible, el empleo, el trabajo decente para todos, como al ODS N°13 centrado en adoptar medidas urgentes para combatir el cambio clima y sus efectos.

El estudio arroja que, mediante la implementación de mejores prácticas impuestas a nivel global, se podrían crear 76,881 puestos de trabajo netos en el país al 2050.

Recomendaciones

Tanto en la administración pública, como en el sector privado panameño, se necesitan emprender acciones decididas para liderar el cambio de modelo energético. La lucha contra el cambio climático requiere cambiar patrones y modos de consumo, utilizar masivamente energías renovables y hacer enormes esfuerzos en eficiencia energética. Todo ello requiere movilizar a los distintos para facilitar a los actores las inversiones necesarias en generación, en infraestructuras, en Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i), en

nuevas formas de edificación, y en los usos finales de la energía. Este cambio hizo hincapié en la implicación y concientización de la sociedad en su conjunto.

Para ello, se vuelve necesario que se instrumenten una serie de políticas que incentiven los cambios estructurales y establezcan nuevos marcos legales y regulatorios. Una intensa coordinación de la planificación y ejecución de acciones entre las diferentes instituciones públicas esenciales para la toma racional y eficiente de decisiones por parte de las empresas será y los consumidores finales.

Para poder realizar una transición paulatina y competitivas, pero que debe ser decidido y con un compromiso de cambiar las estructuras de nuestro modelo energético, se propone un conjunto de recomendaciones para el desarrollo de una política de descarbonización que dé la necesaria importancia a la seguridad y competitividad del modelo energético.

“Se propone determinar objetivos vinculantes de descarbonización de cara a 2030 y a 2050”

- **Recomendaciones para la generación eléctrica a partir de una matriz verde**

Recomendación 1: Acelerar la Transición Energética a una matriz de generación eléctrica libre de emisiones.

Recomendación 2: Impulsar el desarrollo de técnicas de almacenamiento de energía como soporte del desarrollo de las energías renovables, la mejora de la calidad de servicio y reducción de costos.

Recomendación 3: Impulsar técnicas de Gestión de Demanda (Respuesta de Demanda o Demand Response) y otros programas relacionados actualizando los valores de remuneración de estos servicios.

Recomendación 4: Propender a la integración energética con los países limítrofes.

Recomendación 5: Priorizar el desarrollo de una regulación que incentive las inversiones necesarias en las redes como urgencia en el corto plazo.

Recomendación 6: Potenciar los beneficios de la energía distribuida logrando la instrumentación completa de los beneficios de la ley de promoción de la energía distribuida, la adhesión de todas las regiones y una normalización de los precios de energía.

Recomendación 7: Desarrollo del Canal de Panamá como oportunidad para contribuir a la descarbonización de las economías regionales y mundiales.

Recomendación 8: Acelerar la implementación de medidores inteligentes acompañado de un plan de comunicación por parte del gobierno sobre los beneficios de la tecnología.

Recomendación 9: Digitalizar la matriz de potencia eléctrica reconociendo el rol que cumple en la transición energética.

Recomendación 10: Diseñar una estructura tarifaria que represente precios adecuados para impulsar una respuesta activa por parte de la demanda.

Recomendación 11: Buscar la integración entre los distribuidores y la empresa de transmisión de energía para optimizar el manejo de la matriz.

Recomendación 12: Establecer a la Eficiencia Energética como política de Estado, para lo cual se promueve el desarrollo de una Ley de Eficiencia Energética más ambiciosa.

Recomendación 13: Satisfacer la creciente demanda de energía, abordando el cambio climático y los impactos sociales y de género.

- **Recomendaciones dirigidas a la reducción de emisiones en los sectores residencial, comercial y de servicios públicos**

Recomendación 14: Promover la reducción de emisiones de los sectores residencial y comercial.

Recomendación 15: Promover la reducción de emisiones del sector público.

- **Recomendaciones dirigidas a la reducción de emisiones en el sector transporte**

Recomendación 16: Fomentar la movilidad sostenible en el transporte ligero.

- **Recomendaciones dirigidas a la reducción de emisiones en el sector agricultura**

Recomendación 17: Promover la reducción de emisiones del sector agricultura.

- **Recomendaciones sobre sectores no energéticos**

Recomendación 18: Promover la reducción de emisiones de uso de los sectores ganadería, silvicultura, y en lo que respeta a otros de los suelos.

Recomendación 19: Promover la reducción de emisiones del sector residuos y promover la economía circular en todos los sectores como acelerador transversal.

- **Recomendaciones sobre instrumentos económicos y políticos de *Carbon Pricing***

Recomendación 20: Introducir una regulación específica para desarrollar una señal de precio efectivo del coste de las emisiones.

- **Introducción del hidrógeno verde como vector de descarbonización de los segmentos denominados "difíciles de descarbonizar"**

Recomendación 22: Avanzar en la promoción del desarrollo de hidrógeno verde para acelerar la transición energética.

La lucha contra el cambio climático



1. La lucha contra el cambio climático

1.1. La reducción de emisiones es un reto global

Análisis del contexto

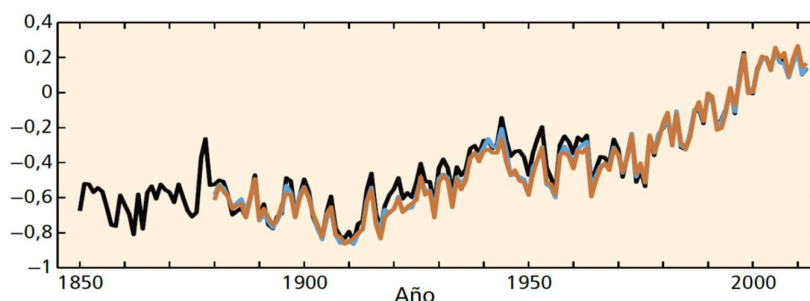
En el 2015 y en anticipación a las negociaciones multilaterales que se iban a desarrollar, el Panel Intergubernamental en Cambio Climático afirmaba que la influencia humana en el sistema climático es clara, y las emisiones antropogénicas recientes de Gases de Efecto Invernadero (GEI) son las más altas de la historia.⁵ Las concentraciones en la atmósfera de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxidos de nitrógeno (NO_x) no tienen precedentes, siendo la causa dominante del aceleramiento del calentamiento global desde 1950.

Las consecuencias de esta conclusión son variadas: además del calentamiento de la atmósfera y el océano, disminuyeron los volúmenes de nieve y hielo, se elevó el nivel del mar, y se incrementaron y generalizaron las olas de calor extremo y el número de precipitaciones intensas, aumentando el número de sequías, inundaciones, ciclones, e incendios forestales. La sucesión de fenómenos climáticos extremos demuestra la vulnerabilidad humana a las consecuencias del cambio climático. En ausencia de una acción global y urgente, los efectos futuros tendrán impactos graves, generalizados e irreversibles para las personas y los ecosistemas a nivel global, siendo necesario reducir de forma sustancial las emisiones de GEI para limitar el daño del cambio climático.

“Por encima del calentamiento de 2°C, existe un alto riesgo de cambios climáticos irreversibles”

Reducir las emisiones solo es posible si existe un cambio de los patrones de consumo de energía, así como de las técnicas de producción en general, y específicamente, de forma sustentable cuando involucre el uso del suelo. Esto implica reducir la utilización de combustibles fósiles como el carbón, los derivados del petróleo y el gas natural -las principales fuentes de energía actuales- al resultar ser el primer causante de las emisiones de GEI. Cambiar los modos de producción y consumo de energía es el primer paso. También se debe trabajar sobre las emisiones de ciertos procesos industriales como la producción de cemento o la emisión de metano en la cadena de valor del gas natural, y procesos naturales asociados a la silvicultura y los otros usos del suelo.

Figura 1: Anomalía del promedio global de temperaturas en superficie, terrestres y oceánicas, combinadas (°C)

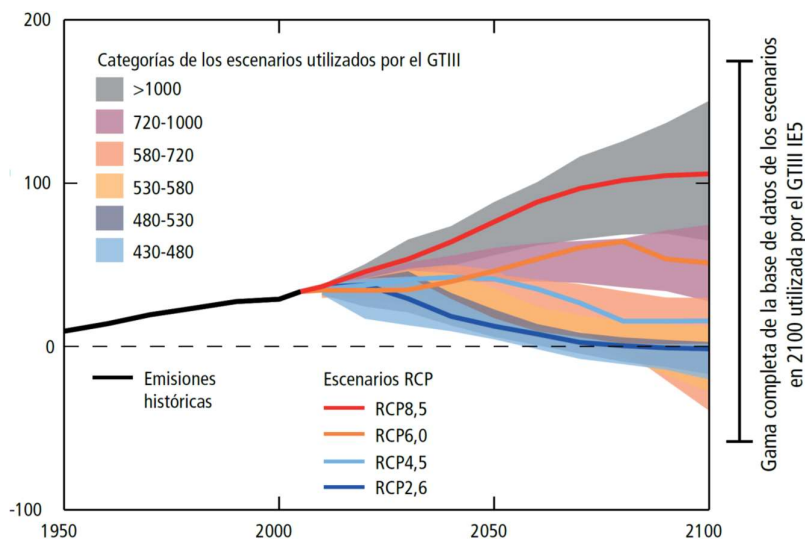


Fuente: IPCC, 2014: *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 157 págs.

⁵Ver Figura 2

Los efectos del cambio climático dependen de las emisiones acumuladas de GEI. La comunidad científica estima que el límite de emisiones acumuladas en la atmósfera a partir del cual existe un riesgo elevado de cambios climáticos irreversibles es de 3 GtCO₂⁶equivalente, habiéndose emitido aproximadamente dos terceras partes de este límite. Este valor es compatible con un calentamiento global por debajo de los 2°C sobre las temperaturas preindustriales. Solo si se cortan las emisiones de GEI durante los próximos decenios, a valores inferiores a 530 GtCO₂⁷equivalentes anuales, se pueden reducir definitivamente los riesgos que entraña el cambio climático al limitarse el calentamiento en la segunda mitad del siglo XXI.

Figura 2: Emisiones antropogénicas de CO2 anuales (GtCO2/año)



Fuente: IPCC, 2014: *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 157 págs.

En busca de un objetivo más ambicioso

Para informar a los gobiernos, la reunión de París invitó al IPCC a proporcionar un Informe Especial sobre 1.5°C en 2018 para evaluar las sugerencias de la meta y cómo podría lograrse.

El Informe Especial sobre 1.5°C evalúa los tres temas principales:

- Lo que se necesitaría para limitar el calentamiento a 1.5°C (vías de mitigación).
- Los impactos de 1.5°C de calentamiento, comparado con 2°C y más.
- Fortalecimiento de la respuesta global al cambio climático; Opciones de mitigación y adaptación.

Tal como se mencionó anteriormente, a través de sus "contribuciones determinadas a nivel nacional" (NDC, por sus siglas en inglés), cada país presenta sus esfuerzos para reducir las emisiones y mitigar los impactos del cambio climático. Los científicos a menudo usan el término "promesas actuales" cuando se refieren a la reducción de emisiones en los primeros NDC.

En relación con el punto anterior, **el informe del IPCC evalúa las vías de desarrollo y las vías de emisión de gases de efecto invernadero consistentes con 1.5°C en comparación con 2°C, lo que ayuda a los formuladores de políticas a determinar si las promesas actuales son consistentes con el objetivo de temperatura y se espera que proporción de conocimiento científico relevante para la preparación de NDC sucesivos.**

⁶IPCC, 2014: Cambio climático 2014: Informe de síntesis

⁷Ver Figura 2

Para lograr este objetivo, el Acuerdo de esfera proporciona un marco internacional sin precedentes para la acción climática al vincular políticas, económicas, financieras y sociales. De esta manera, se define una nueva dinámica basada en:

- *Gobernanza multilateral*, que evalúa el progreso y monitorea el logro de la meta a largo plazo a través de un sistema sólido de transparencia y responsabilidad de los Estados.
- *Contribuciones nacionales determinadas* (NDC, por sus siglas en inglés) de los estados que especifican sus objetivos climáticos
- *La acción climática* de actores públicos y privados no estatales.

Finalmente, el Acuerdo proporciona un mecanismo clave: evaluaciones del progreso (a la acumulación global) cada cinco años para garantizar que los países que han ratificado el Acuerdo se conviertan en su compromiso en acción.

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de 2022, más conocida como COP27, fue la 27ª conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, que se llevó a cabo del 6 al 18 de noviembre de 2022 en Sharm El Sheikh, Egipto.

En esta cumbre COP27 se tuvo la oportunidad para intercambiar ideas y visiones y trabajar arduamente para llegar a decisiones justas, equilibradas e integrales para acelerar la adopción de medidas reales. Acelerar el ritmo de la transición energética de aquí a 2030 y negociar un acuerdo de reparaciones para los países en vías de desarrollo son los grandes desafíos que se pondrán a consideración en la conferencia.

Para garantizar el éxito, se busca que todos los países se comprometan a alcanzar las emisiones netas cero lo antes posible, ya realizar nuevos recortes significativos para 2030, aprovechando la innovación y el compromiso de todos -ciudadanos, inversores, empresas, países, ciudades y regiones.

El papel central del financiamiento en el Acuerdo de París

El financiamiento ha sido esencial con miras a lograr el consenso necesario para poder adoptar el Acuerdo de París, pues los países en desarrollo han entendido que es preciso asegurar la provisión de recursos financieros que están en línea con sus necesidades, lo que constituye la contraparte imprescindible de los esfuerzos –en particular de mitigación– que deban realizar. Además, la inclusión de una meta referida al financiamiento echa luz sobre la significación que el financiamiento climático adquirió en cuanto a la viabilidad política del Acuerdo, y la importancia crucial que habrá de tener en su implementación efectiva. **Más aún, el Acuerdo reconoce formalmente la importancia del financiamiento en la implementación de las acciones de mitigación y adaptación.**

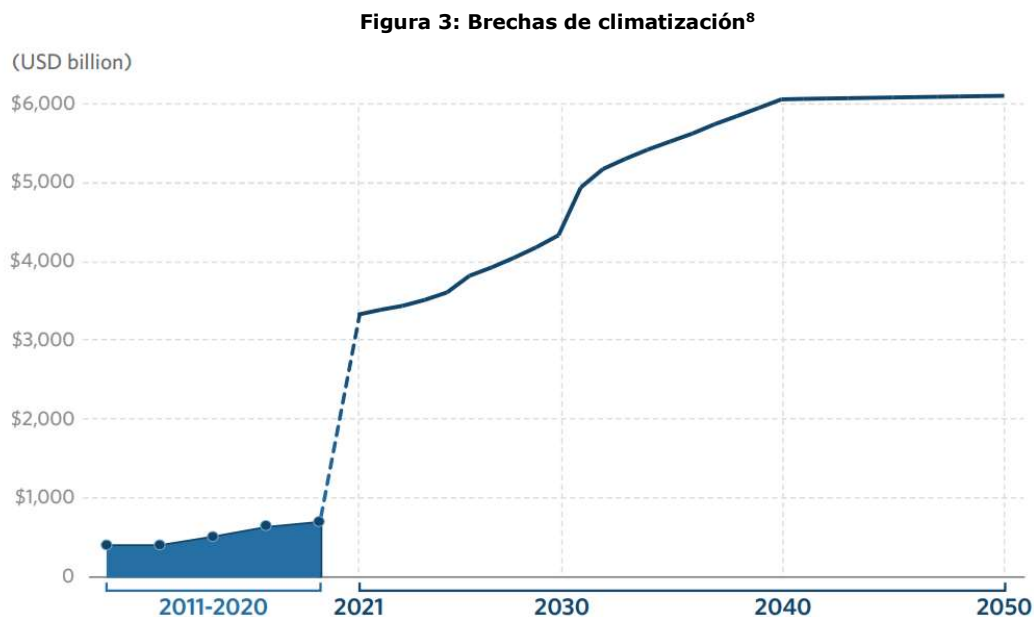
En material de financiamiento climático el Acuerdo, pues, encuadra limpiamente las obligaciones de los países en material climático e incluye para eso tres elementos clave:

- Aspecto institucional: el Fondo Verde para el Clima (GCF, por sus siglas en inglés) y el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés), entidades encargadas del funcionamiento del Mecanismo Financiero de la Convención, servirán también como mecanismo financiero del Acuerdo. Estas instituciones tendrán entonces la responsabilidad de asignar los recursos financieros incrementales que se canalicen para el financiamiento climático a partir de la entrada en vigor del Acuerdo.
- Financiamiento público: el financiamiento público tiene un rol crítico, en especial en las acciones utilizadas a la mejora de la resiliencia y la adaptación, y también en tanto permite apalancar y movilizar recursos de otras fuentes, en particular fondos del sector privado. Por tanto, es importante que el Acuerdo haya establecido que en el suministro de un mayor nivel de recursos financieros se debería buscar un equilibrio entre la adaptación y la mitigación, y que las Partes que son países desarrollados deberían comunicar bianualmente los niveles proyectados de recursos financieros públicos que se suministrarán a las Partes que son países en desarrollo, cuando se conozcan, asegurando, de esta manera, una mayor predictibilidad de los recursos financieros que se hagan disponibles.
- Metas colectivas de financiamiento: en las decisiones se emite una señal muy fuerte en esta materia, pues allí se indica la necesidad de expandir el apoyo financiero para asegurar la transición hacia economías bajas en carbono y resilientes al clima. Además, la Conferencia de las Partes podrá establecer

en el futuro metas de contribuciones financieras para las Partes, en particular para los países desarrollados, una atribución a la que estos en general se habían opuesto.

Perspectiva actual en materia de financiamiento

A nivel global, el financiamiento climático total ha persistido constantemente durante la última década, alcanzando los 632,000 millones de dólares en 2019/2020, pero los flujos se han ralentizado en los últimos años. Esta es una tendencia preocupante dado que, para alcanzar las metas de corto/mediano plazo (2030), se requiere un incremento de al menos el 590% en financiamiento climático anual, mientras que para las metas de largo plazo (2050) que se refieren al cumplimiento del objetivo de carbono-neutralidad, la brecha entre el financiamiento anual actual y requerido se amplía al 850%.



Acuerdo de París: compromiso asumido por los países

Las conclusiones de la comunidad científica fueron el fundamento principal para que, en 2015, 196 países firmaran el Acuerdo de París⁹ en la Conferencia de las Partes (COP21) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Estos asumieron el compromiso de coordinar los esfuerzos para traducir en acción las recomendaciones científicas de limitar las emisiones, conteniendo el incremento de la temperatura de la tierra “muy por debajo de los 2°C” con respecto al nivel preindustrial, y esforzarse para limitarlo en 1.5°C, así como alcanzar la neutralidad de emisiones entre 2050 y 2100.

Pese a que no es jurídicamente vinculante, las partes alcanzaron un acuerdo para preparar, comunicar y mantener contribuciones nacionales en el futuro, poniendo en marcha medidas para la consecución del objetivo global planteado. Estas contribuciones previstas y determinadas a nivel nacional deben ser revisadas con objetivos más ambiciosos cada cinco años, independientemente de sus respectivos plazos de aplicación. A su vez, de acuerdo con el artículo 4, párrafo 19, se invita a los países parte a formular y comunicar para ese año una estrategia de desarrollo a largo plazo con bajos niveles de emisiones de GEI. Esta invitación responde a que las comunicaciones previstas y determinadas a nivel nacional son insuficientes para cumplir el

“Compromiso para contener el incremento de la temperatura de la tierra “muy por debajo” de los 2°C con respecto al nivel preindustrial”

⁸<https://www.climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2021/10/Full-report-Global-Landscape-of-Climate-Finance-2021.pdf>

⁹https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf

objetivo del acuerdo, como lo muestra el último informe de brecha de emisiones a 2019 ¹⁰publicado por las Naciones Unidas.

Existe una brecha de 15 GtCO₂eq. entre los niveles de emisión bajo la aplicación de las NDC condicionales y las coherencias con las vías de menor coste para alcanzar el objetivo de 2°C en 2030. Si sólo se aplican las NDC incondicionales la diferencia aumenta a 13 GtCO₂eq. La brecha para alcanzar el objetivo de 1.5°C es de 28 GtCO₂eq. La conclusión es que para cerrar la brecha a 2030 y alcanzar los objetivos a largo plazo de los países a ser discutido en el 2022 se requiere acelerar las acciones de corto plazo y ser más ambiciosos en los objetivos a largo plazo de los países.¹¹

Uno de los principales beneficios de adoptar una economía verde es su potencial para aliviar el impacto ambiental causado por la contaminación; un beneficio de alcance global y local. A escala mundial, puede contribuir a la lucha contra el calentamiento global, la desertificación y la pérdida de biodiversidad. A nivel local y regional, la transición a una economía verde puede conducir a mejoras significativas en la calidad del aire, el agua y el suelo.

Además de los aspectos ambientales ya mencionados, una economía verde también tiene un gran potencial para conducir al crecimiento económico. En dicha transición, se crean nuevos mercados en áreas como la de los biocombustibles y las fuentes de energía renovables. Y los nuevos mercados traen ventajas internacionales con el potencial de ser financiadas completamente a través de las exportaciones, o un aumento en la actividad comercial nacional alimentada por regulaciones ambientales cada vez más estrictas.

Los países emergentes en particular pueden causar un cambio hacia una economía verde, ya que pueden brindar la oportunidad de crear más ventajas económicas y sociales. Por ejemplo, al invertir en fuentes de energía alternativas, se puede mejorar el acceso a los servicios de energía y la infraestructura puede ser más eficiente. Esto también puede conducir a la disminución de la importación de energía y potencialmente a ahorrar dinero. También puede mejorar la eficiencia de los recursos ya que la producción agrícola se hará más limpia y, como consecuencia de nuevas técnicas agrícolas sostenibles, se mejorará la seguridad alimentaria. Además, las nuevas tecnologías que surgen como resultado de una economía verde ayudan a proteger y mejorar la producción agrícola.

Invertir en una economía verde y en fuentes de energía renovables no solo conducirá a la creación de nuevos empleos¹² sino también a beneficios en materia de población y salud ambiental, al tiempo que mejorará la seguridad energética a largo plazo.

1.2. Emisiones de GEI en Panamá en 2016

En conformidad con los compromisos asumidos ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), Panamá ha elaborado el primer Informe del Inventario Nacional 2020, que incluye el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Panamá 1994-2017.

El último informe de inventario nacional de emisiones de GEI realizado en Panamá se estimó en 15,867.8 KtCO₂; 169.3 KtCH₄; 3.4 KtN₂O; y 454.2 KtCO₂eq de HFC. Las emisiones SF₆ no fueron estimadas por falta de información, mientras que las emisiones de PFC y NF₃ no ocurren en el país. Es muy relevante notar que Panamá es un sumidero neto de GEI, lo que significa que en el país se absorbe más GEI de los que se emiten a la atmósfera.

En cuanto a los gases precursores, se estimaron las emisiones de NO_x y CO del sector Agricultura y del sector UTCUTS, estas alcanzaron los 1.3 kt, y alcanzaron 48.0 kt respectivamente. No se estimaron las emisiones de COVDM y de SO₂ debido a la falta de información.

Al analizar las emisiones por sector, se observa que el sector energía emite 11.99 MtCO₂eq. Las emisiones derivadas de los usos energéticos se dan principalmente por el aumento del consumo de combustibles líquidos en el transporte terrestre. **También se observa que el sector procesos industriales emite 1.54 MtCO₂eq.**









¹⁰<https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2019>

¹¹https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/36991/EGR21_ESSP.pdf

¹² Fuente: Organización Internacional del Trabajo (OIT) – “Perspectivas Sociales y del Empleo en el Mundo 2018: Greening with Jobs”

Con respecto al sector no energético, se observa una absorción de CO2 de un total de 23.24 MtCO2eq., explicados principalmente por el sector uso de suelos, cambio de uso de suelos y silvicultura.

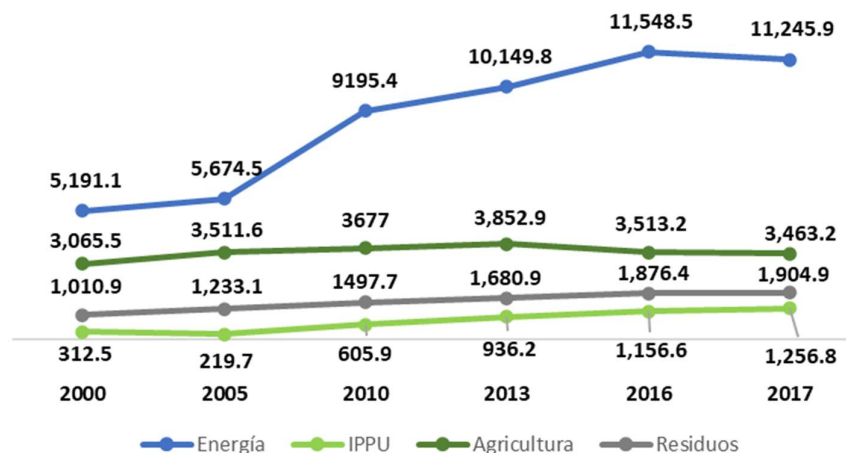
Figura 4: Inventario de emisiones GEI distribuidas por sector - año 2017 (% , MtCO2eq.)

	 Ganadería	 Agricultura	 Transporte	 Consumo Residencial	 Comercial	 Consumo Industrial	 Extracción y producción de combustibles	 Matriz energética	
Energía	-	0.05	6.40	0.44	0.18	2.71	-	2.21	11.99
Procesos industriales	-	-	-	-	-	1.50	0.04	-	1.54
Agricultura, ganadería y usos de suelos	2.90	-27.64	-	-	-	-	-	-	-24.74
Residuos	-	-	-	1.50	-	-	-	-	1.50
								Totál	- 9.71

Fuente: Análisis Deloitte en base a INGEI 2020 Panamá

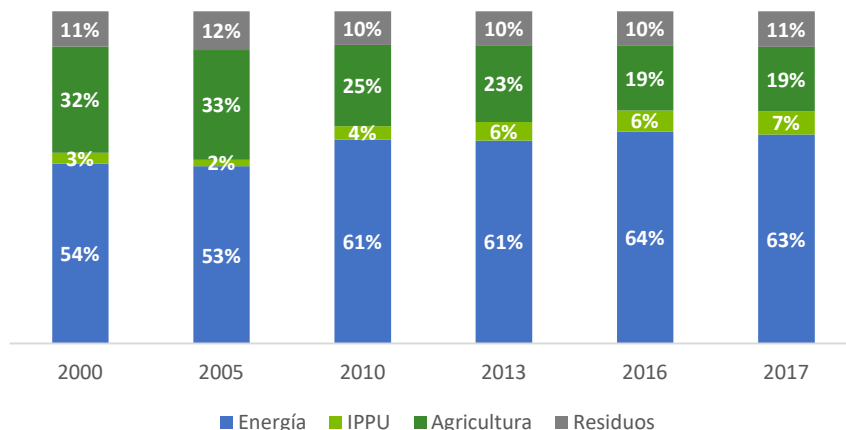
El comportamiento histórico de las emisiones desde el año 2000 muestra una tendencia creciente en el tiempo, con un aumento de 9,388.7 KtCO2eq entre puntas ¹³, sin tener en cuenta el sector uso de suelos, cambio en uso de suelos y silvicultura. En total, las emisiones del 2017 tuvieron una reducción del 1% con respecto a las emisiones del año 2016. Las que más contribuyeron a esta reducción fueron las correspondientes al sector Energía (3%) y Agricultura (1%).

Figura 4.1: Evolución de emisiones GEI por sector - años 2000-2017 – sin USCUS (%, MtCO2 eq.)



¹³Ver Figura 4.1

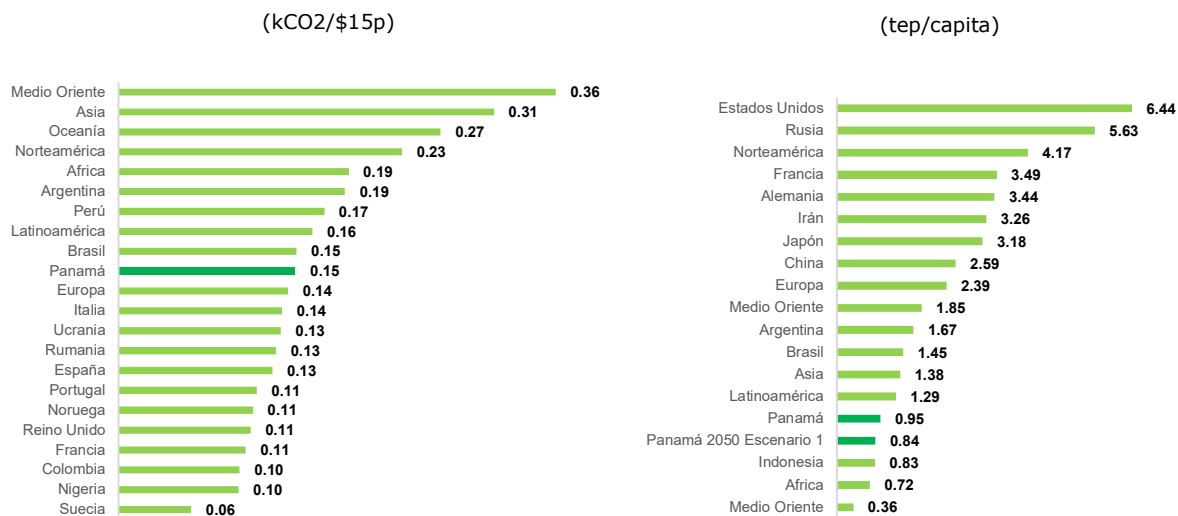
Figura 4.2: Evolución de emisiones GEI por sector - años 2000-2017 (% , MtCO2 eq.)



Fuente: Análisis Deloitte

A través de un benchmark de la intensidad energética de Panamá con relación a otros países, se observa que la intensidad energética de Panamá medida en términos per cápita es de las menores a nivel global ¹⁴. Ello se ve reflejado en el indicador “TEP/cápita” para el año 2021, que alcanza los 0.95 TEP por habitante en Panamá. Se observa, además con respecto a las emisiones necesarias para producir una unidad de PBI, **Panamá se encuentra un 9% por debajo del promedio de Latinoamérica, aún por debajo del promedio global.**

Figura 5: Emisiones requeridas por unidad de PBI e intensidad per cápita - año 2021



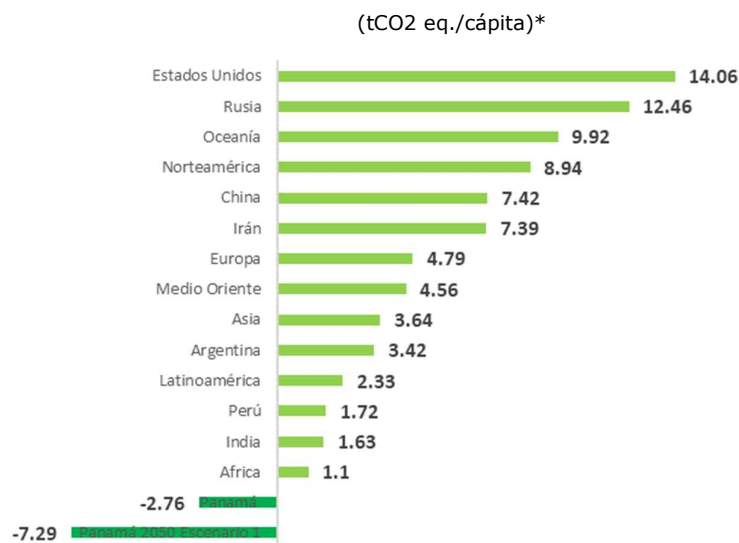
Fuente: Análisis Deloitte en base a ENERDATA 2021

De forma análoga, a través de un benchmark de la intensidad de las emisiones de CO2 derivadas de la combustión de combustibles se observa que la intensidad de las emisiones de CO2 en Panamá se ubica por debajo respecto al promedio de países de la Unión Europea y Latinoamérica, incluso es uno

¹⁴Ver figura 5

de los pocos países que logra tener emisiones negativas debido a su gran potencial de captura de carbono del sector no energético ¹⁵.

Figura 6: Indicadores de intensidad de las emisiones de CO2 - año 2021



Fuente: Análisis Deloitte en base a ENERDATA 2021

1.3. Contribuciones nacionales en la lucha contra el cambio climático

Contribuciones asumidas por Panamá – NDC

En cumplimiento de los compromisos adquiridos ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), la República de Panamá ha presentado en diciembre de 2020, la actualización de la Primera Contribución Determinada A Nivel Nacional (CDN1) elaborada en 2016.

Esta actualización representa la evolución de una perspectiva de acción climática desde la gestión ambiental, hacia una gestión orientada a la descarbonización de la economía y al aumento de la resiliencia climática a nivel nacional, local y sectorial.

Para enfrentar la situación post 2020, se elaboró un **Plan para la Recuperación Económica 2020** con acciones para el inmediato, corto y mediano plazo, con una serie de políticas de atenuación de los efectos económicos que buscan apoyar a segmentos de la población vulnerable.

Además, Panamá se integró a la **“Plataforma para el Rediseño 2020”** para diseñar e implementar medidas de recuperación de la pandemia del coronavirus, abordando al mismo tiempo las medidas relativas al cambio climático y avanzando en tres transiciones principales: hacia una sociedad descarbonizada, hacia una economía circular y hacia una sociedad descentralizada.

La CDN1 Actualizada de Panamá se construye a partir de tres objetivos claves:

1. El compromiso de generar una política climática que no es genérica, sino que tiene indicadores medibles, verificables y reportables, para priorizar y evaluar políticas en toda la economía nacional.
2. Romper con la dicotomía o separación entre mitigación y adaptación, propiciando la multidisciplinariedad, complementariedad y multisectorialidad, mediante un enfoque integrado adaptación-mitigación.

¹⁵Ver Figura 6

*El indicador de intensidad de las emisiones de CO2 presenta emisiones negativas a 2021 y 2050 debido al potencial de captura de carbono del sector no energético.

3. Vincular la acción climática con los esfuerzos para reducir la desigualdad y la pobreza, potenciando una recuperación económica verde y resiliente.

La meta de mitigación de las NDC ha sido calculada a partir de una proyección BAU de las emisiones de GEI considerando como año base el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del año 2010.

En el sector energía, Panamá reducirá sus emisiones en un 24% para 2050 y al menos un 11.5% para 2030 en comparación con el BAU, que representa una reducción de alrededor de 60 millones de toneladas de CO₂e entre 2022-2050 y hasta 10 millones de toneladas de CO₂e entre 2022-2030.

Además, al 2050, el 30% de la capacidad instalada de la matriz eléctrica deberá provenir de otros tipos de fuentes de energías renovables.

Con respecto al Uso de la Tierra Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura, Panamá propone afrontar una restauración forestal de 50,000 hectáreas, contribuyendo con aproximadamente 2.6 millones de toneladas de CO₂e absorbido en 2050. Además, con respecto a la reforestación de zonas degradadas, la Contribución Unilateral plantea un incremento en la capacidad de absorción de Carbono en un 10% con respecto al Escenario de Referencia al 2050. Por su parte, la Contribución Apoyada plantea un incremento en la capacidad de absorción de Carbono en un 80% con respecto al Escenario de Referencia al 2050.

Estrategias nacionales para la lucha contra el cambio climático

La NDC de Panamá se beneficia de un marco habilitante de política pública, normativa y de planificación general y sectorial para la acción climática y el desarrollo sostenible. Previo a la presentación de la NDC en 2016, el compromiso del país con la Agenda 2030 y los ODS se formalizó a través del Decreto Ejecutivo 393 de 2015 que adopta los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y dicta otras disposiciones.

En línea con esta agenda de desarrollo sostenible se elaboró un **Plan Estratégico Nacional con Visión de Estado "Panamá 2030" (PEN 2030)** en el seno del Consejo de la Concertación Nacional para el Desarrollo y el Plan Estratégico de Gobierno 2019-2024. Este último reconoce la necesidad de enfrentar a los problemas que provienen del cambio climático y el peligro que éste constituye para el bienestar de todas las personas panameñas, especialmente por la desprotección e inadecuada aplicación de regulaciones ecológicas en la cuenca del Canal y la Región del Darién.

Por otro lado, el país cuenta con una normativa ambiental enmarcada en el Texto Único de la Ley 41 General de Ambiente de 1998 (la Ley 8 de 2015) que crea el Ministerio de Ambiente. Mediante el Acuerdo de París ratificado por Ley 40 de 2016, la **Estrategia Nacional de Cambio Climático 2050** y la **Política Nacional de Cambio Climático en proceso de revisión**, y Decreto Ejecutivo 100 de 20 de octubre de 2020, que reglamenta el capítulo sobre **Mitigación del Cambio Climático Global de la Ley General de Ambiente** y crea el **Programa Nacional Reduce Tu Huella para la gestión y monitoreo del desarrollo económico y social bajo carbono en la República de Panamá**. Este reglamento de Mitigación crea además la **Plataforma Nacional de Transparencia Climática (PNTC)**, adscrita al Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA), establece los parámetros por los cuales se regirá la elaboración de los inventarios nacionales de emisiones de GEI por fuentes y absorciones por sumideros de carbono y plantea los arreglos institucionales para la actualización, presentación, implementación, seguimiento e informe de las sucesivas NDC de Panamá.

Por su parte, para seguir avanzando con su estrategia de reducción de emisiones, el BID en conjunto con la ACP, han desarrollado una Estrategia de Desarrollo Sostenible y Descarbonización para el Canal de Panamá¹⁶. En base a la CDN1, **este informe reconoce la relevancia estratégica que el Canal y su Cuenca Hidrográfica presenta en términos socioeconómicos y ambientales para el país y establece medidas para desarrollar su actividad sostenible a lo largo del tiempo.**

Entre los compromisos definidos por la CDN1 para el Sector de Cuencas Hidrográficas, se encuentra la culminación del proceso de elaboración del PIOTA para la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá (CHCP), considerándolo como un referente para el resto de cuencas hidrográficas en el país,

¹⁶BID - <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Estrategia-de-Desarrollo-Sostenible-y-Descarbonizacion-EDSD-de-la-Cuenca-Hidrografica-del-Canal-de-Panama-Ruta-Verde-2050.pdf>

promoviendo un modelo de desarrollo territorial que integre el mantenimiento de los servicios ecosistémicos y, cuya aplicación en forma de infraestructura verde, pueda resultar en un aumento de la resiliencia, reducción de emisiones, conservación y aumento del almacenamiento de carbono, a través del mejoramiento y aumento de la cobertura vegetal que propicie la conectividad, restauración de suelos, manejo sostenible de los bosques y la conservación de las reservas forestales de carbono.

De esta manera, en Panamá, se estimulará la reducción de emisiones por parte del sector público y privado, además de brindar flexibilidad e incentivos para promover la transición hacia una economía de baja en carbono. Ésta debe ser una transición sólida y flexible, siendo necesario contar con todas las tecnologías y energías disponibles

Este objetivo solo se puede alcanzar mediante un cambio en el modelo energético que ponga en marcha las siguientes palancas de descarbonización:

1. Cambio en los vectores energéticos, como el uso de combustibles derivados del petróleo por otros con menores emisiones como el gas natural.
2. Aumento de la generación eléctrica mediante energías renovables.
3. Fomento de la eficiencia energética en procesos y consumos.

Este marco general se complementa con un conjunto de instrumentos de política pública y normativa sectorial en implementación, que incluye documentos de políticas, planes, estrategias y marcos legales y reglamentarios para cada uno de los diez sectores y áreas estratégicas transversales priorizadas. A continuación, se mencionan algunos de los instrumentos orientadores de política sectorial:

- **Plan Energético Nacional (PEN) 2015-2050**
- **Agenda de Transición Energética (2020-2030)**
- **Estrategia Nacional Forestal 2018-2050**
- **Política Nacional de Salud y Lineamientos Estratégicos 2016-2050**
- **Estrategia Nacional de Biodiversidad y Plan de Acción 2018-2050**
- **Política de los Recursos Acuáticos de Panamá**
- **Política Nacional de Humedales**
- **Plan Nacional de Cambio Climático para el Sector Agropecuario de Panamá**
- **Política Nacional de Gestión de Recursos hídricos**
- **Plan Nacional de Seguridad Hídrica**
- **Política Nacional de Producción + Limpia**
- **Política de Basura Cero y su Marco de Acción para la Gestión Integral de los Residuos**
- **Política Nacional de Ordenamiento Territorial**
- **Política Pública de Transparencia de Datos Abiertos de Gobierno**
- **Política Nacional de Gestión de Riesgos de Desastres**
- **Política Nacional de Ciencia y Tecnología (PENCIYT 2015-2019)**
- **Política Pública de Igualdad de Oportunidades para las Mujeres.**

Proceso de construcción del Escenario de referencia

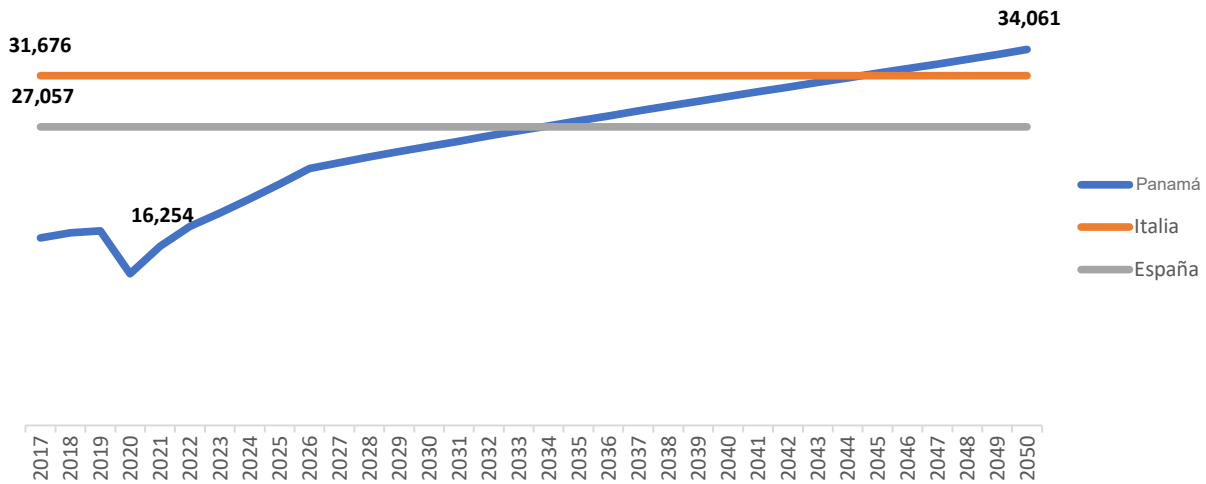
El proceso de construcción de escenarios para la evaluación del modelo energético sostenible para Panamá en 2050 requirió, no obstante, de la elaboración de la línea de base para contrastar los resultados y los impactos de

las acciones y medidas de mitigación de cambio climático para el sistema en su conjunto. A partir de esta premisa, se simuló el escenario tendencial o "Referencia" el cual deja en evidencia que, si bien Panamá ha alcanzado grandes objetivos en cuanto a la descarbonización de su economía, es necesario incrementar los esfuerzos de descarbonización en el sector energético y buscar mejores prácticas en el sector no energético para poder mantener la negatividad del carbono.

Como resultado de la proyección se obtuvo que las emisiones de GEI totales alcanzarían un valor cercano a los 5.98 MtCO₂eq. a 2030 ya 23.86 MtCO₂eq. un 2050.

Es importante realizar una apreciación adicional que brinde un marco de referencia en el que se enmarcan este escenario. La actualización de la actividad económica panameña a una tasa del 3.4% anual, a priori puede resultar pesimista en un análisis macroeconómico de largo plazo considerando que la tasa histórica se encuentra unos escalones por encima. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la economía panameña ha atravesado una recuperación frente a la reciente caída económica. El tamaño de la economía resultante de esta proyección a 2050 permitiría lograr un ingreso per cápita para Panamá mayor al que actualmente (2022) se perciben países desarrollados como España e Italia.¹⁷

Figura 7: PBI per cápita - años 2017-2050 (anual en USD)



Fuente: Análisis Deloitte en base a World Bank & The Economists Intelligence Unit

¹⁷Ver Figura 7

El modelo energético panameño al 2050



2. El modelo energético panameño al 2050

2.1. Visión actual de Panamá para el 2050

El presente estudio tiene como objetivo desarrollar dos escenarios posibles de transición a 2050 para una economía baja en emisiones, teniendo en cuenta las condiciones iniciales de Panamá, los planes de mitigación desarrollados por las autoridades, las tecnologías disponibles o que se espera que estén disponibles durante el periodo de estudio y las medidas regulatorias necesarias para que se realicen los escenarios.

En función de la multiplicidad de opciones de mitigación disponibles, y no menos importante, la interrelación entre las mismas, estas se dividieron en tres vectores de descarbonización que resultaron necesarias para alcanzar metas más ambiciosas al año 2050. Sin embargo, solo se consideraron medidas de mitigar a partir de tecnologías que, con la información actual, es razonable suponer que alcancen su madurez y sean comercialmente viables. Los tres vectores mencionados anteriormente son:

“Son tres los vectores de descarbonización que resultan necesarios para alcanzar metas más ambiciosas al año 2050”

- **Cambiar a fuentes primarias de energía libre de emisiones, apuntando a una matriz eléctrica verde:** Para que la sustitución de fuentes primarias tenga un efecto duradero, es necesario que a su vez la electricidad se producirá a través de fuentes renovables. Ligado a ello, el desarrollo de infraestructuras digitales y las redes inteligentes es clave como agentes habilitadores capaces de acomodar la introducción de renovables, las tecnologías distribuidas y la participación de los prosumidores en el sistema energético.
- **Fomentar la eficiencia energética y electrificación de los usos finales mediante la digitalización de redes:** Existe un gran potencial de reducción de emisiones desacoplando el crecimiento económico del consumo de energía. Las oportunidades para reducir la intensidad energética en la producción de bienes, el potencial de ahorro de energía en el consumo residencial y sector servicios, así como la eficientización de procesos de transformación que incrementen la energía utilizada y minimicen los desperdicios. A su vez, se espera un cambio a fuentes primarias de energía con menores emisiones a través del reemplazo del carbón y del petróleo con altos niveles de emisión por combustibles bajos en emisión. Además, la actualización de la infraestructura y la digitalización son la piedra angular para sostener la transición hacia un modelo de energía sostenible con bajas emisiones de carbono. El incremento de la demanda de electricidad debería llevar a cabo un cambio de paradigma que permita pasar de un sistema tradicional a un sistema completamente flexible que se adapte al aumento de las energías renovables y la generación descentralizada.
- **Incentivo a modelos de producción sustentables:** En la industria y especialmente en la ganadería y agricultura se requiere adoptar modos de producción bajos en emisiones.

2.2 El modelo energético en el marco de las ODS

La agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible con sus 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), la cual fue aprobada en septiembre de 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas, establece una visión transformadora hacia la sostenibilidad económica, social y ambiental de los 193 Estados Miembros, a la cual Panamá pertenece. Concretamente, en el ODS 7 "energía asequible y no contaminante" determina que la energía sostenible es una oportunidad que transforma vidas, economía y el planeta.

Tomando las consideraciones indicadas en el ODS 7, la energía se puede generar de diversas formas, pero lo recomendable es utilizar responsable y conscientemente los recursos renovables, para producir los impactos al cambio climático, ya que si se genera energía a través de la quema de combustibles con alto contenido de carbono, se producen altas cantidades de gases de efecto invernadero (GEI), que favorecen al cambio climático y tienen efectos nocivos para el bienestar de la población y el medio ambiente.

Figura 8: Objetivos de Desarrollo Sostenible - PNUD



2.3 Introducción a la metodología de modelización: TIMES

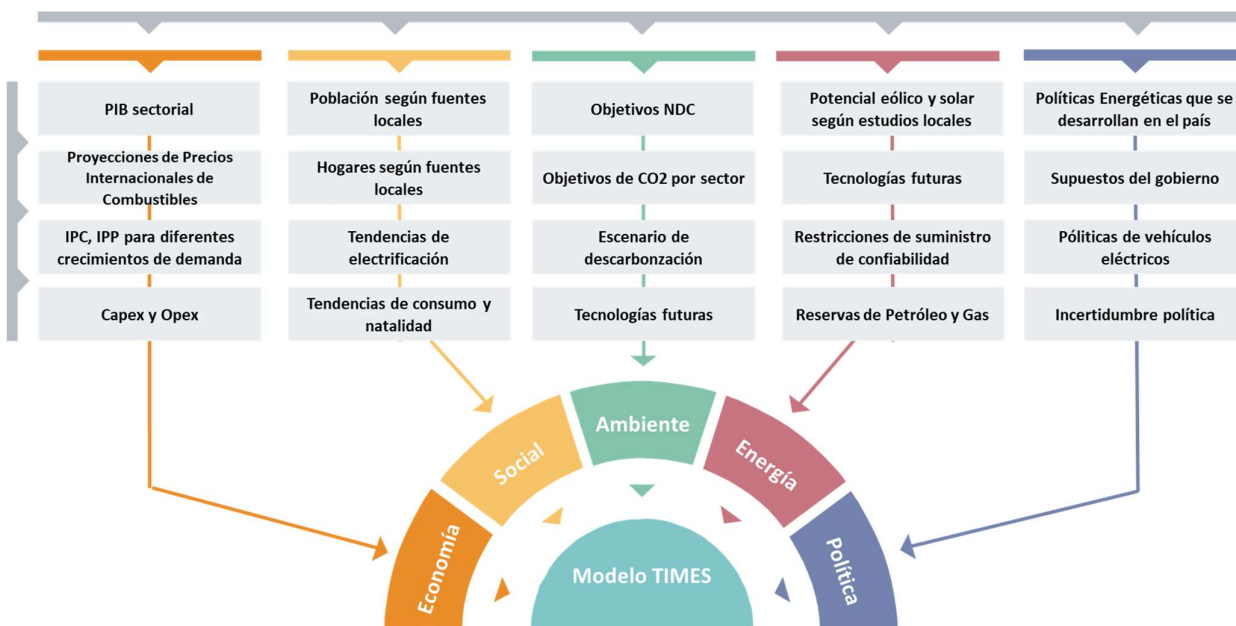
TIMES es una herramienta de modelización que combina dos enfoques sistemáticos para modelar la energía: un enfoque de ingeniería técnica y un enfoque económico.

La herramienta abarca todos los pasos, desde los recursos primarios hasta la cadena de procesos que transforman, transportan, distribuyen y definen la energía en el suministro de servicios energéticos que demandan los consumidores de energía. Una vez establecidos todos los insumos, las restricciones y los escenarios, el modelo intentará resolver y determinar el sistema energético que satisfaga la demanda de servicios energéticos durante todo el horizonte temporal con el menor coste.

Por el lado de la oferta energética, comprende la extracción de combustibles, la producción primaria y secundaria y la importación y exportación exógena. Los "agentes" del lado de la oferta energética son los "productores". A través de diversos vectores energéticos, la energía se suministra al lado de la demanda, que se estructura sectorialmente en los sectores residencial, comercial, agrícola, de transporte e industrial. Los "agentes" del lado de la demanda de energía son los "consumidores". Las relaciones matemáticas, económicas y de ingeniería entre estos "productores" y "consumidores" de energía son la base de los modelos TIMES.

A continuación, se presentan los insumos, restricciones y otras variables importantes que se han tenido en cuenta a la hora de la construcción del modelo TIMES:

Figura 9: Inputs del Modelo TIMES



Toda esta información ha sido recopilada de diferentes fuentes oficiales que se detallan a continuación:

- Proyecciones económicas con fuente "The Economist Intelligence Unit"
- Contribución Nacionalmente Determinada a la Mitigación del Cambio Climático (NDC) de la República Panamá ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) - 2016¹⁸
- Actualización de la Primera Contribución Determinada A Nivel Nacional (CDN1) - 2020¹⁹
- Estrategia Nacional de Cambio Climático 2050²⁰
- Informe de Inventario Nacional 2020 (que incluye el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Panamá 1994-2017) para la construcción del año base.²¹
- Balances de Energía (serie 1970-2017). A efectos de la construcción del año base se consideraron los valores correspondientes al año 2016
- Fichas técnicas por tecnología actualizadas por IEA-ETSAP²²
- Estimaciones propias basadas en censos nacionales (se sospecha la evolución histórica contemplando el 10° Censo de Población y 6° de Vivienda del año 2000, el 11° Censo de Población y 7° de Vivienda del año 2010 y el 6° Censo Nacional Económico de 2012)
- Informes del sector industrial a 2016 publicados por el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC)²³
- Encuesta Pecuaría de ganado vacuno, porcino y gallinas, realizada en septiembre de 2016 y publicada por el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC)²⁴
- Cifras del sector transporte a 2016 publicadas por el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC)²⁵

Tecnologías

¹⁸https://www4.unfccc.int/sites/submissions/INDC/INDC/Panama/1/Panama_NDC.pdf

¹⁹<https://cdn1.miambiente.gob.pa/informe/>

²⁰<https://www.undp.org/es/panama/publicaciones/estrategia-nacional-de-cambio-clim%C3%A1tico-2050>

²¹https://www4.unfccc.int/sites/SubmissionsStaging/NationalReports/Documents/0596231_Panama-BUR2-1-2020_IIN_PA.pdf

²²<https://iea-etsap.org/index.php/energy-technology-data/energy-demand-technologies-data>

²³https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID_PUBLICACION=834&ID_CATEGORIA=4&ID_SUBCATEGORIA=15

²⁴https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID_PUBLICACION=816&ID_CATEGORIA=4&ID_SUBCATEGORIA=13

²⁵https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID_PUBLICACION=851&ID_CATEGORIA=4&ID_SUBCATEGORIA=22

Las tecnologías son representaciones de dispositivos físicos que transforman mercancías en otras mercancías. Los procesos pueden ser fuentes primarias de materias primas, o actividades de transformación como plantas de conversión que producen electricidad, plantas de procesamiento de energía como refinerías, dispositivos de demanda de uso final como automóviles y sistemas de calefacción, etc.

Materias primas

Los productos básicos (incluidos los combustibles) son portadores de energía, servicios energéticos, materiales, flujos monetarios y emisiones; un producto básico es producido o consumido por alguna tecnología.

Flujos de commodities

Los flujos de commodities son los vínculos entre los procesos y los commodities (por ejemplo, la generación de electricidad a partir del viento). Un flujo es de la misma naturaleza que una mercancía, pero está vinculado a un proceso concreto y representa una entrada o una salida de ese proceso.

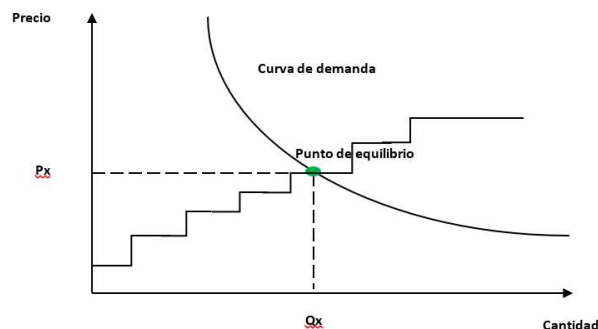
Estas tres entidades se utilizan para construir un sistema energético que caracterice al país o región en cuestión. Todos los TIMES tienen un sistema energético de referencia, que es un modelo básico del sistema energético antes de que se modifique sustancialmente, ya sea para una región concreta o para un escenario determinado.

Funcionalidad

Una vez que se han colocado todas las entradas, restricciones y escenarios, el modelo intentará resolver y determinar el sistema energético que satisfaga las demandas de servicios energéticos durante todo el horizonte temporal al menor coste. Para ello, toma simultáneamente decisiones de inversión en equipos y decisiones de explotación, suministro de energía primaria y comercio de energía, por regiones. TIMES supone una previsión perfecta, es decir, que todas las decisiones de inversión se toman en cada período con pleno conocimiento de los acontecimientos futuros. Optimiza horizontalmente (en todos los sectores) y verticalmente (en todos los periodos de tiempo para los que se impone el límite).

Los resultados serán la combinación óptima de tecnologías y combustibles en cada período, junto con las emisiones asociadas para satisfacer la demanda. El modelo configura la producción y el consumo de los productos básicos (es decir, los combustibles, los materiales y los servicios energéticos) y sus precios; cuando el modelo iguala la oferta con la demanda, es decir, los productores de energía con los consumidores de energía, se dice que está en equilibrio. Matemáticamente, esto significa que el modelo maximiza el excedente del productor y del consumidor. El modelo está configurado de tal manera que el precio de producción de una mercancía afecta a la demanda de esa mercancía, mientras que al mismo tiempo la demanda afecta al precio de la mercancía. Se dice que un mercado ha alcanzado el equilibrio a precios p y cantidades q cuando ningún consumidor desea comprar menos de q y ningún productor desea producir más de q al precio p . Cuando todos los mercados están en equilibrio, se maximiza el excedente económico total (es decir, la suma de los excedentes de productores y consumidores).

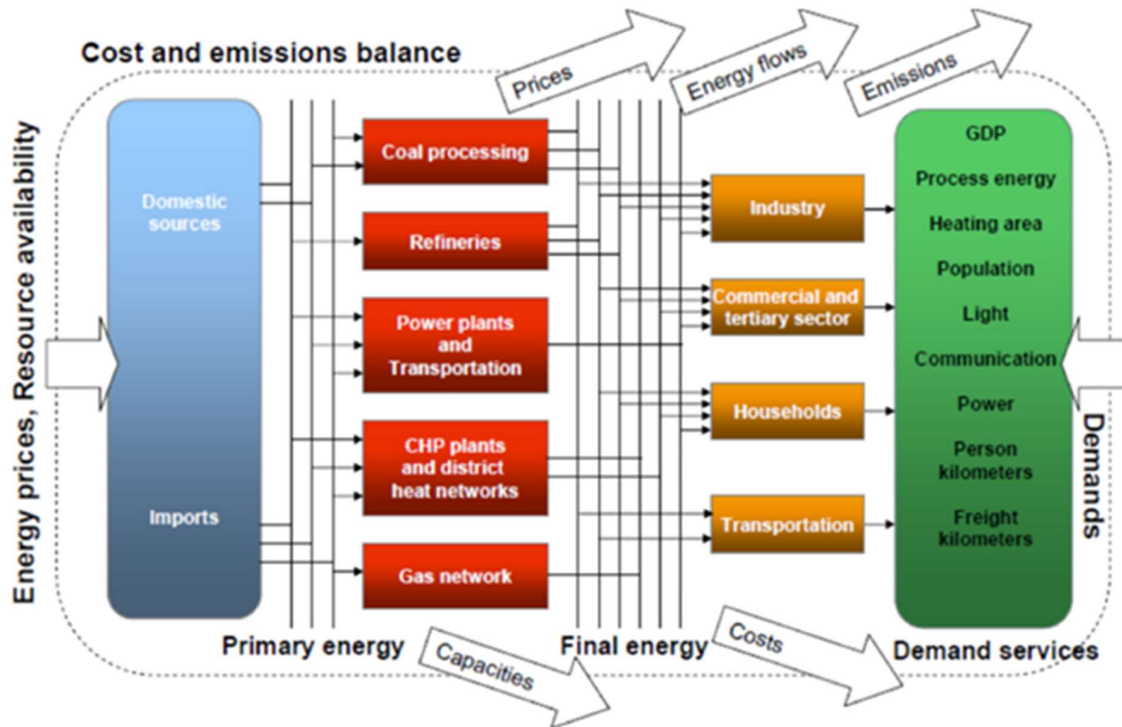
Figura 10: Diagrama de equilibrio del mercado en TIMES



Salidas

El principal resultado de TIMES son las configuraciones de los sistemas energéticos que satisfacen la demanda de servicios energéticos del usuario final al menor costo posible, respetando al mismo tiempo las distintas restricciones (por ejemplo, una reducción del 80% de las emisiones o una penetración del 40% de la electricidad renovable). En primer lugar, el modelo TIMES responde a la pregunta: ¿es factible el objetivo? Si un sistema energético es posible, se puede examinar entonces, ¿a qué coste? Los resultados del modelo son los flujos de energía, los precios de los productos energéticos, las emisiones de GEI, las capacidades de las tecnologías, los costes de la energía y los costes marginales de reducción de las emisiones. En la figura 11 se muestra un esquema del modelo TIMES junto con las flechas blancas de salida que muestran los resultados del modelo.

Figura 11: Esquema de las entradas y salidas de TIMES



Construcción de Escenarios a partir de la utilización del modelo TIMES

El modelo TIMES nos ha permitido generar los resultados del presente estudio bajo la óptica de dos escenarios diferentes:

- **Escenario de Referencia:** se trata de un escenario tendencial, sin esfuerzos adicionales en medidas de mitigación de gases de efecto invernadero. Este escenario reconoce los avances tecnológicos de cara a futuro, pero no esfuerzos concretos en términos de inversiones a efectos de facilitar la lucha contra el cambio climático. Como consecuencia, las emisiones proyectadas surgen como consecuencia de un incremento en los niveles de demanda energética derivada de un crecimiento demográfico y de un mayor nivel de actividad económica, que se deriva en mayor tasa de empleo y un mayor nivel de consumo por mejoras en los salarios reales.
- **Escenario 1:** si bien se alimenta de los supuestos básicos establecidos para el Escenario de Referencia, en el **Escenario 1** se aportan los esfuerzos en términos de políticas de mitigación para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en el sector energético. Para ello, se definen restricciones al modelo (principalmente, *targets* en términos de emisiones y consumos de energía por tipo de combustibles), y sobre estas premisas, el TIMES diseña una solución óptima en términos de costos, para alcanzar los lineamientos en términos de emisiones.

La construcción de ambos escenarios contempla un mismo punto de partida, al que en el presente estudio denominamos “año base”. Para este año en particular, se definen las emisiones en función de lo informado en el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero y la demanda energética por sector, derivada de los Balances Energéticos Nacionales. De forma tal que al asignar el consumo energético por sector y por tipo de combustible, a los usos finales (tecnologías), el resultado proveniente de la utilización de dichos insumos, den como resultado el volumen de emisiones reportadas en el inventario. A partir de allí, la curva de emisiones se proyecta como resultado de los criterios mencionados para cada escenario.

Sector no energético: modelización por fuera del TIMES

Tal como se menciona en el apartado anterior, el modelo TIMES se encarga de estimar las proyecciones de demanda por tipo de combustible para el sector energético (residencial, comercial, servicios públicos, transporte, industria y agricultura -en lo que se refiere a uso de maquinaria agrícola-) y las emisiones de gases de efecto invernadero que resultan de dicho consumo.

En lo que se refiere al sector no energético (Uso de Suelos, Cambio en el Uso de Suelos y Silvicultura -USCUSS-, ganadería, residuos, emisiones fugitivas y de procesos industriales), las proyecciones se realizan por fuera del modelo TIMES, y en términos de emisiones/captura de gases de efecto invernadero.

El punto de partida (o año base) resulta de las emisiones y captura de carbono (según el subsector) reportadas en el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI). A partir de allí, la proyección de emisiones se rige por los siguientes lineamientos:

- **Escenario de Referencia:** al no realizar esfuerzos adicionales en términos de implementación de políticas de mitigación, las emisiones derivadas del sector no energético tenderán a incrementarse, pudiendo incluso perder el estatus de carbono negatividad (lo cual equivale a decir que se pierde el potencial de captura neta de carbono) en sectores claves como USCUS. El indicador (o indicadores) que incidirá en el incremento de las emisiones, llegará de cada subsector. En el caso de las emisiones derivadas del sector USCUS, la pérdida en el potencial de captura de carbono neta, y posterior registro de emisiones de gases de efecto invernadero, estará dado por el incremento en el nivel de actividad económica, pues un mayor uso de la actividad agrícola, sin reconocer la implementación de mejores prácticas, llevará inexorablemente a una mayor degradación de la tierra, eliminación de pastizales (que funcionan como sumideros de carbono) y mayor nivel de deforestación. Mismo comportamiento podrá evidenciarse en el sector ligado a la ganadería, donde el mayor nivel de actividad económica llevará al crecimiento del ganado y, por tanto, a un mayor volumen de emisiones de gas metano. Por su parte, las emisiones fugitivas y de procesos industriales, seguirán la trayectoria de las emisiones del sector industrial (dentro del sector energético). Por último, las emisiones derivadas de la gestión de residuos estarán íntimamente ligadas al crecimiento demográfico y el mayor nivel de consumo.
- **Escenario 1:** sobre la trayectoria de las emisiones proyectadas en el escenario de referencia, las políticas de mitigación (sobre las cuales ahondaremos en el capítulo 3) no permite fijar restricciones a las emisiones estimadas para el escenario de referencia. De este modo, la curva de emisiones de los diferentes subsectores estará definida como el resultado de la diferencia entre las emisiones proyectadas en el escenario de referencia y el potencial de mitigación de cada una de las medidas propuestas para estos sectores.

Construcción del análisis de costo-beneficio

Para comprender a continuación la metodología implícita en la elaboración del análisis de costo-beneficio (el cual se detalla en el capítulo 3 del presente informe), es necesario definir los conceptos:

- **Costo-Beneficio unitario:** costo o beneficio neto de una medida de mitigación por cada tonelada mitigada que se deriva de realizar la diferencia entre las inversiones de capital necesarias para desarrollar la medida (CAPEX), las variaciones en los costos operativos (OPEX) y el costo social de carbono (que representa el ahorro generado por cada tonelada de CO₂eq. evitada. Cuando la variación en costos operativos (derivados de los ahorros generados por un uso eficiente de los recursos) y los ahorros generados en términos de costos sociales de carbono superan a la inversión de capital

requerida (CAPEX), entonces decimos que la medida genera un beneficio unitario. Caso contrario, se tratará de una medida con un costo neto por tonelada mitigada.

- **Costo-beneficio total por medida de mitigación:** es el resultado de multiplicar el costo-beneficio unitario de la medida de mitigación por la cantidad de toneladas de CO₂eq. mitigadas por su implementación.
- **Costo-Beneficio total:** surge de estimar el costo-beneficio neto por sector (el cual resulta de la sumatoria del costo-beneficio total por medida de mitigación aplicable a cada sector). La suma del costo-beneficio neto de los distintos sectores (incluido el concepto de costo social de carbono), da como resultado el costo-beneficio total de la transición energética.

En cuanto a los resultados exhibidos en el capítulo 3, se debe destacar que los valores se encuentran expresados a valor presente. Esto se debe a que las operatorias explicadas en los elementos mencionados anteriormente se aplican a todos los años comprendidos en el período bajo análisis y, por tanto, los flujos se generan en diferentes períodos. A efectos de expresar los resultados a valor presente neto, se ha empleado una tasa del 10%.

Mismo procedimiento se aplica para estimar el análisis del total de inversiones de capital (CAPEX) y a través de mecanismos de *carbono precios*:

- **El análisis de CAPEX** implica, para cada año, multiplicar el monto total por tonelada a ser invertido para la implementación de las medidas de mitigación de los diferentes sectores por el total de toneladas de CO₂eq. mitigadas. Al realizar esta operación para todo el período bajo análisis, para el cálculo de los importes a valor presente neto, se aplica también la tasa de descuento del 10%.
- **El análisis de Carbon Pricing** señala el potencial de financiar una parte del total de inversiones requeridas para materializar la transición energética mediante los mercados de carbono. Los flujos de fondo se estiman multiplicando el total de toneladas de CO₂eq. mitigadas por año por el precio al carbono de cada tonelada. Al realizar esta operación para todo el período bajo análisis, para el cálculo de los importes a valor presente neto, se aplica también la tasa de descuento del 10%.

2.4 Transformaciones necesarias en el modelo energético

Construcción de escenarios ambiciosos de reducción de emisiones

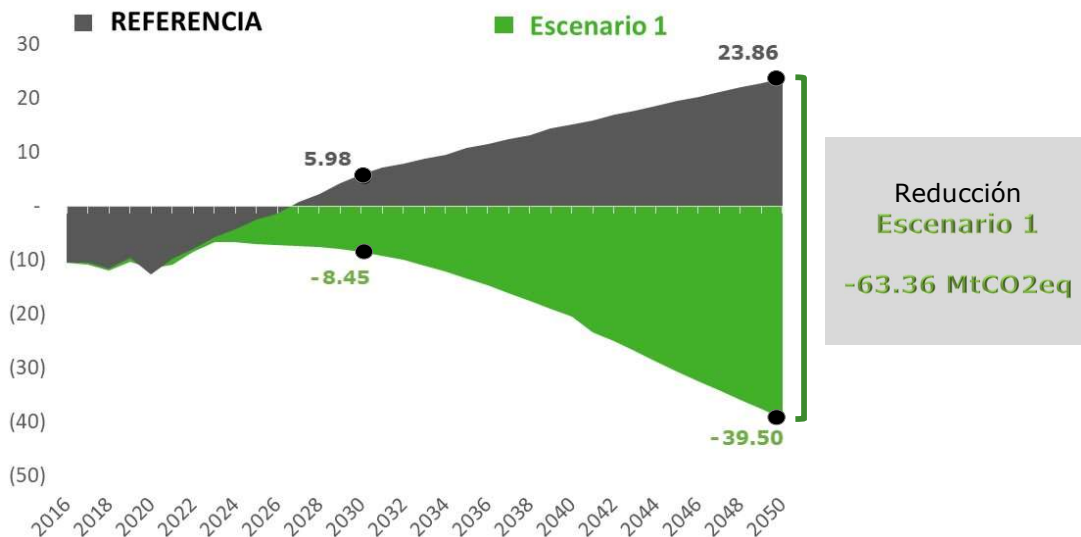
En el escenario que se desarrolla en el presente estudio (Escenario 1) se introducen políticas de mitigación y cambios en la matriz energética orientados a optimizar los resultados y aumentar la ambición de la descarbonización en un contexto de apoyo internacional.

Para integrar el escenario en conjunto con la relación entre actividad económica, conductas, políticas públicas y avances tecnológicos, se obtuvo la herramienta TIMES para realizar una modelización cuantitativa.

Los resultados obtenidos bajo el escenario desarrollado muestran que las soluciones propuestas para la transición energética en Panamá permiten mejorar los resultados en términos de emisiones en el medio y largo plazo logrando un mayor potencial de captura de carbono para una economía que continúa su desarrollo.

Realizando un esfuerzo adicional para optimizar los resultados, en el 2050, las emisiones de GEI del sector energético del Escenario 1 se reducen a 5.08 MtCO₂eq. Por su parte, el sector no energético, debido a su gran potencial de captura, alcanza una reducción de 44.58 MtCO₂eq. De esta manera, se produce una reducción de emisiones netas de 39.50 MtCO₂eq. un 2050.

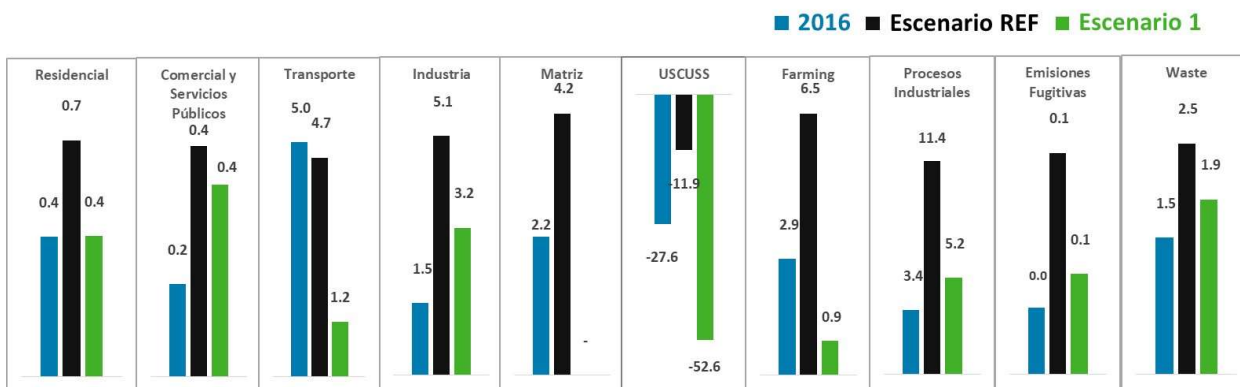
Figura 11: Sendero de emisiones de GEI (MtCO₂ eq.)



Nota: Año base 2016
Fuente: Análisis Deloitte

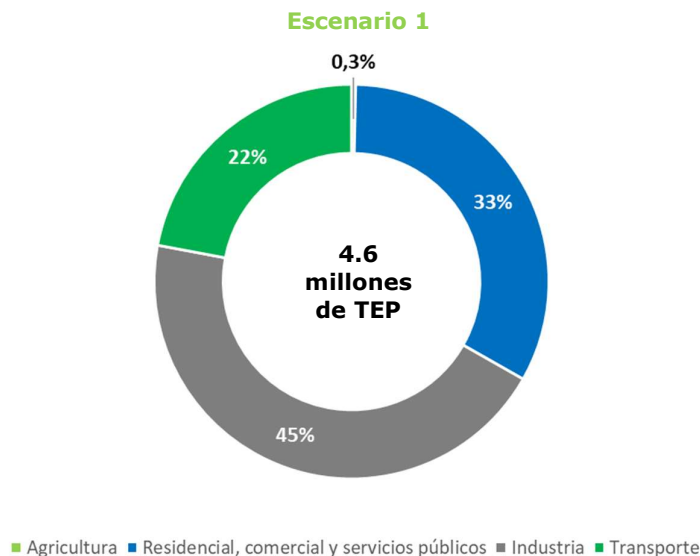
En el **Escenario 1** en todos los sectores que demandan energías se hace el mayor esfuerzo factible (en términos de costo-eficiencia) para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, **compensándose el remanente de estas mediante la captura de carbono en el sector no energético.**

Figura 12: Emisiones de gases de efecto invernadero por sector (2016 - 2050) (MtCO₂ eq.)



Para mantener o reducir las emisiones resulta clave que se produzca un **desacople del crecimiento económico del uso de la energía, reducir la intensidad energética del desarrollo.** En el **Escenario 1** el consumo total de energía se reduce un 27% con respecto al escenario de referencia a 2050. En dicho escenario, los esfuerzos para reducir la intensidad energética son generalizados, pero además existe una serie de medidas destinadas específicamente a disminuir la intensidad del sector transporte, logrando a 2050 una reducción adicional de la demanda energética total del 45% con respecto al escenario de referencia.

Figura 13: Consumo energético final total a 2050 – por sector (participación %)



Fuente: Análisis Deloitte.

Para que los esfuerzos de descarbonización sean efectivos, resulta necesario la sustitución del consumo de combustibles fósiles, de manera que su consumo no crezca o inclusive se reduzca. La opción más eficiente es promover la electrificación de la matriz energética. Si bien los biocombustibles pueden realizar un aporte adicional a la descarbonización, existen opiniones encontradas sobre el efecto neto a lo largo de su ciclo de vida, pudiendo ser el caso que no reduzcan las emisiones netas. En cambio, la mayor penetración de energías renovables en la matriz eléctrica es una estrategia probada para la reducción de emisiones y a la vez competitiva en términos económicos frente a otras alternativas.

CUADRO 1. Reducción de costo de las Energías Renovables

Las tecnologías energéticas con baja emisión de carbono tienen un papel clave en la transición energética, en particular en el sector energético, donde las tecnologías solar y eólica se presentan como opciones cada vez más competitivas a la luz de la continua disminución de sus costos.

En base al relevamiento de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) realizado en 2022²⁶, la reducción de costos medios de instalación para la tecnología solar fotovoltaica a escala industrial fue de un 88% solo entre 2010 y 2021, alcanzando un precio promedio de 857 USD/kW en 2021. En el caso eólico, la disminución de los costos de instalación alcanzó el 67% entre puntas, destacándose la menor dispersión de precios existentes, con un rango en 2021 que va desde los 900 a 2,200 USD/kW.

²⁶Fuente: IRENA Costes de generación de energía renovable en 2021. (<https://irena.org/publications/2022/Jul/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2021>)

Figura 14: Costo de instalación promedio mundial de la tecnología solar PV (USD 2021/kW)

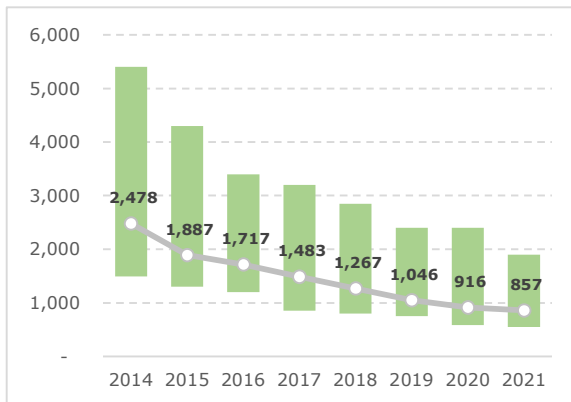
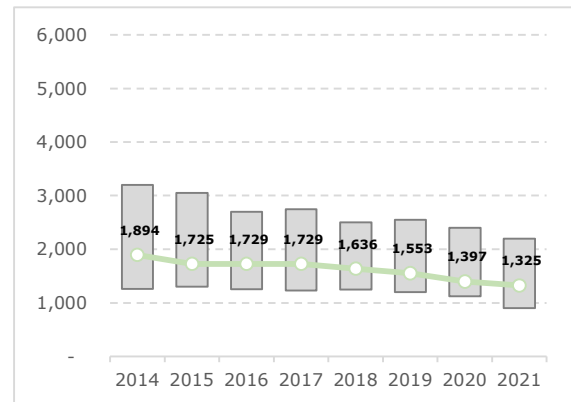


Figura 15: Costo de instalación promedio mundial de la tecnología eólica on-shore (USD 2021/kW)

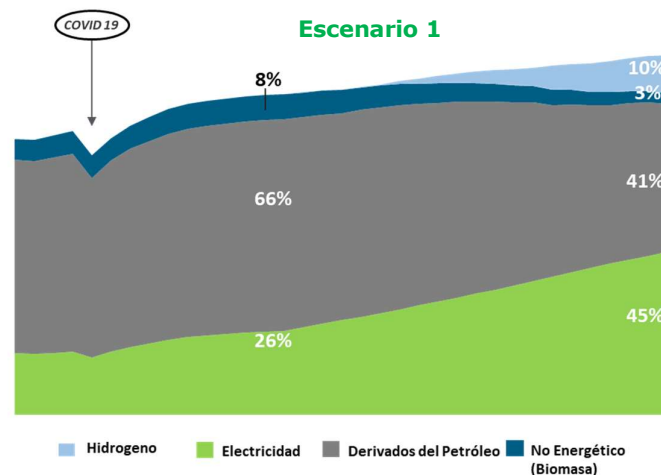


Si además se mira el Costo Nivelado de la Energía (LCOE por sus siglas en inglés), un indicador que recrea el costo esperado de firmar un contrato de suministro a largo plazo (PPA por sus siglas en inglés) la caída es aún más pronunciada. Una de las causas se debe a las mejoras técnicas que permitieron un mayor rendimiento de los equipos, como así también la mayor participación que han ido adquiriendo regiones como Asia y Sur América con factores de capacidad determinada más elevados respecto a zonas de mayor penetración. En el caso de los paneles fotovoltaicos el LCOE medio descendió 90% entre 2010 y los nuevos proyectos encargados para 2021, mientras que en las centrales eólicas el indicador cayó un 50% en el mismo período.

Hacia adelante IRENA ha identificado al menos tres grandes factores que permiten proyectar una nueva reducción de costos: **1) las mejoras tecnológicas**, que preferiblemente siendo una constante en el mercado de generación de energía renovable y que irán reducir cada vez más los costos de instalación y aumentar el rendimiento de los equipos; **2) la adquisición en forma competitiva**, que permite la pérdida de mejores precios a medida que aumenta la escala; **3) una gran base de desarrolladores de proyectos**, con experiencia internacional que busca activamente nuevos mercados.

La capacidad de sustitución de combustibles surgió, en consecuencia, del avance en la electrificación de la demanda, y la incorporación de nueva generación renovable. es el **Escenario 1**, la electricidad aumenta un 45% del consumo total, logrando que los combustibles fósiles se reduzcan un 38% y su participación en la matriz pase de un 66% a un 41% de la matriz hasta los 1.9 millones de TEPs.

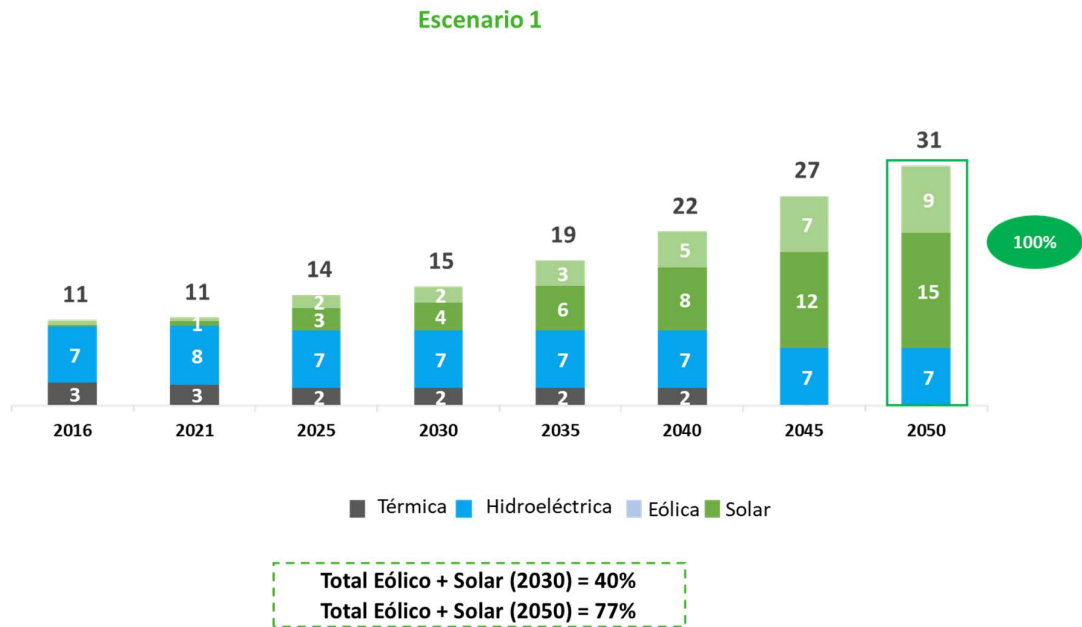
Figura 16: Consumo energético final total – por combustible (millones de TEP)



La electrificación requiere acompañarse de un cambio en la matriz de generación hacia energías renovables o limpias de emisiones. En primer lugar, el consumo de energía eléctrica crecerá a una tasa anual del 3% en el **Escenario 1**.

En el **Escenario 1**, a 2050, la generación eléctrica pasa a ser 100% renovable, sustentada en un 77% por energías renovables no convencionales (solar y eólica), y el 23% restante con energía hidroeléctrica.

Figura 17: Generación Eléctrica y penetración de renovables (TWh)

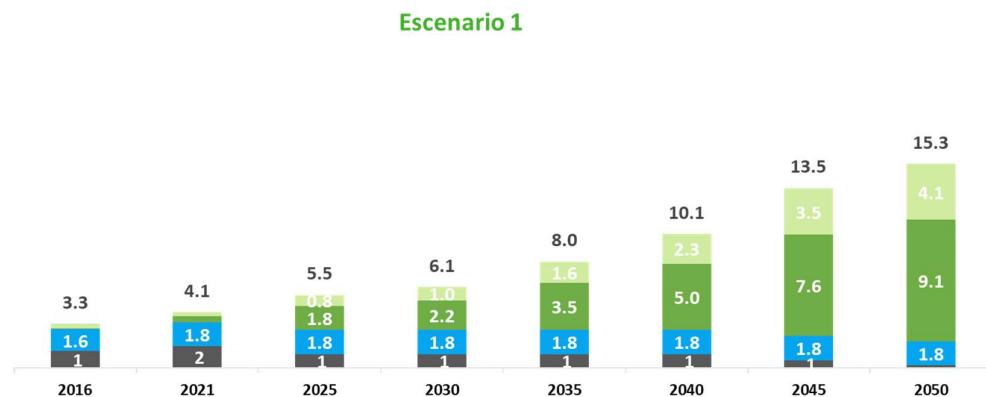


Fuente: Análisis Deloitte.

Panamá tiene recursos naturales que permiten desarrollar un parque de generación eléctrica libre de emisiones y alcanzar los objetivos ambiciosos antes descritos. En este sentido, la capacidad instalada libre de emisiones establecidas en el **Escenario 1** alcanza el 87% (sin energía hidroeléctrica) y 99% (con energía hidroeléctrica) a 2050.

El proceso de transformación de la matriz energética a 2050 en ambos escenarios se da principalmente con el desarrollo de proyectos de energía eólica y solar. En este sentido, en el **Escenario 1** se contempla la instalación de parques eólicos por una potencia total de 3.88 GW y de parques solares por una potencia total de 9.02 GW.

Figura 18: Capacidad Instalada (GW)



Fuente: Análisis Deloitte.

Transición energética



3. Transición energética

3.1. Nuevas políticas energéticas en Panamá

Proceso de implementación de medidas de mitigación en Panamá: planes sectoriales existentes y nuevos

En los últimos años la República de Panamá ha llevado a cabo programas y acciones relacionadas de manera directa e indirecta con la mitigación de GEI en varios sectores productivos y de consumo.

Entre las acciones en implementación, se pueden destacar en el sector energía las siguientes leyes fundamentales: **Ley 6** del 3 de febrero de 1997, en donde se establece la opción a los grandes consumidores o grandes clientes definidos como aquellas personas naturales o jurídicas con demanda máxima superior a 100 kW por sitio, que pueden optar entre negociar, libremente, los términos y condiciones de suministro de energía con los otros agentes del mercado o acogerse a los términos y condiciones establecidos para los clientes en el mercado regulado, correspondiente al nivel de tensión en el que se efectúe el suministro de energía. Además, la **Ley 40** del 12 de septiembre de 2016, presenta ante la Secretaría de la CMNUCC su Primera Contribución Determinada Nacionalmente (CDN1) en abril de 2016, en consecuencia, a lo dispuesto en el párrafo 22 de la Decisión 1/CP.21, en la cual se "invita también a las partes a comunicar su primera contribución determinada a nivel nacional a más tardar cuando la Parte presente su respectivo instrumento de ratificación, aceptación, aprobación o adhesión del Acuerdo de París". Por otro lado, la **Ley 69** de Uso Racional y Eficiente de la Energía en donde se fundamentan los lineamientos generales de la política nacional para el uso racional y eficiente de la energía en el territorio nacional.

Tomando en consideración lo antes planteado, La Secretaría Nacional de Energía ha establecido una Agenda de Transición Energética, la cual cuenta con 5 estrategias para el sector eléctrico:

1. **Acceso Universal:** Con el objetivo de cerrar la brecha de pobreza energética y llevar energía a más de 93,000 familias panameñas;
2. **Uso Racional y Eficiente de la Energía:** Fundamentados en la **Ley UREE**, buscando hacer más con menos;
3. **Movilidad Eléctrica:** Reduciendo la dependencia de importación de combustibles fósiles, contribuyendo con la salud de la población y el cuidado del medio ambiente;
4. **Innovación del SIN:** Atendiendo las necesidades del sector por medio de la innovación tecnológica y actualización normativa y legal;
5. **Generación Distribuida:** Permitiendo que la población tome el control de su energía, promoviendo las energías renovables al alcance de todos;

En el sector transporte se ha sancionado la **Ley 162** que incentiva la movilidad eléctrica en el transporte terrestre y cuyo propósito es reducir la emisión de gases de efecto invernadero aumentando el uso de energías renovables. Esta nueva ley está alineada con la estrategia energética del Gobierno de migración hacia fuentes de energía menos contaminantes.

En el sector de cambio de uso de los suelos y silvicultura (CUSS) se ha desarrollado el marco normativo e institucional para fomentar la plantación y el manejo sustentable de los recursos naturales y para establecer los presupuestos mínimos de protección ambiental para el enriquecimiento, la restauración, conservación, aprovechamiento y manejo sustentable de los mismos, así como de los servicios ambientales que estos brindan a la sociedad. Este marco institucional permitió llevar adelante un proceso de ordenamiento territorial de los recursos naturales existentes, expondrá diferentes categorías de conservación. En este marco se creó la ley forestal y de fauna silvestre y la ley orgánica para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

Dentro del marco normativo para el sector de cambio de uso de los suelos y silviculturas, se destacan:

Ley 24: Ley promulgada en junio de 1995 establece que la vida silvestre es parte del patrimonio natural de Panamá y declara de dominio público su protección, conservación, restauración, investigación, manejo y desarrollo de los recursos genéticos así como especies, raras y variedades de la vida silvestre, para beneficio

y salvaguarda de los ecosistemas naturales, incluyendo aquellas especies y variedades necesarias en el país y que, en su proceso de adaptación, han sufrido cambios genéticos en los diferentes ecosistemas. Son objetivos de la presente Ley: 1) regular la conservación de la vida silvestre, sus diferentes componentes, elementos, categorías y manifestaciones; 2) fortalecer la estructura administrativa de la autoridad competente en materia de vida silvestre, ampliando su ámbito de competencia; 3) crear los mecanismos de financiamiento para el cumplimiento de estos objetivos; 4) fomentar la participación local en la administración y manejo de la vida silvestre, utilizar las facilidades y recursos para ello; 5) impulsar y regular la investigación sobre la vida silvestre; 6) promover y regular todas las formas de conservación in situ y ex situ del recurso; 7) regular la recolección, extracción, comercialización, explotación, tráfico y, en general, todo tipo de aprovechamiento de la vida silvestre sus productos y subproductos; 8) regular la caza y la pesca en todo el territorio nacional; 9) desarrollar y promover actividades de educación ambiental y su extensión en lo referente a la conservación de la vida silvestre.

Ley 41: Ley promulgada en julio de 1998 que establece los principios y normas básicas para la protección, (conservación y recuperación del ambiente, promoviendo el uso sostenible de los recursos naturales. Además, ordena la gestión ambiental y la integra a los objetivos sociales y económicos, a elección de lograr el desarrollo humano sostenible en el país. Asimismo, establece un marco general sobre información y participación en asuntos ambientales, y la responsabilidad por daño ambiental.

A su vez, para la construcción del **Escenario 1**, se han considerado medidas adicionales (sobre las que se brindará mayor detalle a lo largo del presente capítulo), especialmente en los sectores residencial, comercial y público e industrial, donde se prevé una mayor electrificación de las tecnologías actuales y una tasa de eficiencia de las nuevas tecnologías acorde a los estándares internacionales.

3.2. Planificación para una transición exitosa al 2050

El camino por recorrer en la transición deberá contar con una cuidada planificación que garantice el logro de los ambiciosos objetivos ambientales, de modo que el esfuerzo conjunto que haga toda la sociedad, así como el importante volumen de inversiones, se plasmen de forma eficaz. En este sentido, las transformaciones deben ser realizadas sin poner en riesgo la actividad económica ni la seguridad del suministro energético y al mismo tiempo optimizando los costos e inversiones.

Además, y en términos generales, la concreción de las acciones específicas a llevarse a cabo en cada caso deberá contar al menos con las siguientes consideraciones:

- La secuencia de implementación de las medidas deberá priorizarse según el volumen de emisiones que estas eviten, o sobre los combustibles que más contaminen.
- Se deberá tener en cuenta la dimensión económica, eligiendo primero aquellas medidas más eficientes económicamente, en el caso de plantear varias alternativas.
- El uso de tecnologías de transición que permitan la progresiva por el mercado de otras más limpias, a medida que se reduzcan sus costos.
- El establecimiento de metas de mediano plazo sectoriales, que permitan un monitoreo de las variables críticas y la detección de posibles desvíos.

En las siguientes secciones del informe se profundiza acerca de estos aspectos, agrupándolos por cada uno de los vectores y detallando el conjunto de medidas elegidas para la transición hacia el modelo energético a 2050.

3.3. Cambiar a fuentes primarias de energía libre de emisiones, apuntando a una matriz eléctrica verde

La baja participación de las energías térmicas en Panamá comparada con otros países de la región (alcanzan un 27% en 2016) y, en contraposición, la alta participación de las fuentes hidroeléctricas (alcanzan un 63% en el año base), han llevado a que, comparativamente, su matriz eléctrica tenga una baja intensidad de emisiones.

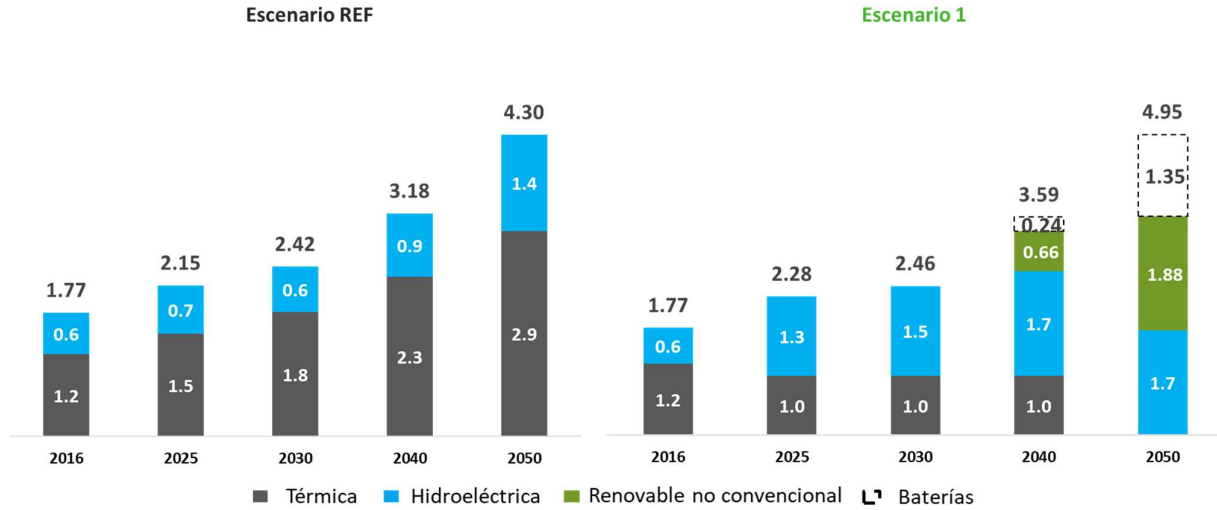
Si bien la participación de energías térmicas es baja, para lograr una mayor reducción, es necesario generar un esfuerzo adicional. **Por este motivo, la capacidad instalada libre de emisiones establecida en el**

Escenario 1 alcanza el 99% para 2050. A su vez, la complementación que permite la generación hidroeléctrica y eólica, más la expectativa de complementar la energía solar con la incorporación de baterías, podrá apuntar a una penetración de fuentes renovables no convencionales como la eólica y la solar.

En el Escenario 1 se instalan 3.88 GW y 9.02 GW de potencia eólica y solar - en sus diversas variantes - que se incrementa hasta llegar a 4.15 GW y 9.09 GW a 2050.

La mayor penetración de energía renovable variable no convencional requiere administrar la gestión de los picos de demanda, a través de respuesta de la demanda, utilizando como respaldo la energía renovable no convencional (eólica y solar) y aumentando la participación de tecnologías de almacenamiento.

Figura 19: Potencia para cubrir el pico de demanda (GW)



Fuente: Análisis Deloitte.

CUADRO 2. Proyecciones para la reducción de costo del almacenamiento mediante baterías

Los sistemas de almacenamiento o *electricity storage systems* (ESS por sus siglas en inglés) brindarán importantes ventajas para los sistemas eléctricos en donde las tecnologías variables como la energía solar y eólica ganarán participación. Las aplicaciones estacionarias de las baterías permiten profundizar la inserción de las energías renovables, en la medida que permiten acumular energía no consumida en el momento de la generación y estar disponible para cuando se requiera, suavizando así las fluctuaciones de las condiciones climáticas que aparecen durante el día, semanas o incluso meses. Además, brindarán un mayor grado de flexibilidad a los operadores de la red, garantizando un funcionamiento suave y confiable y/o reacción a los cambios inesperados en la demanda, impidiendo así daños a los aparatos eléctricos y cortes de suministro. Otra ventaja del almacenamiento electricidad es que puede reducir las congestiones en la red de transmisión en horas de generación pico y puede aplazar la necesidad de grandes inversiones en infraestructura en este segmento.

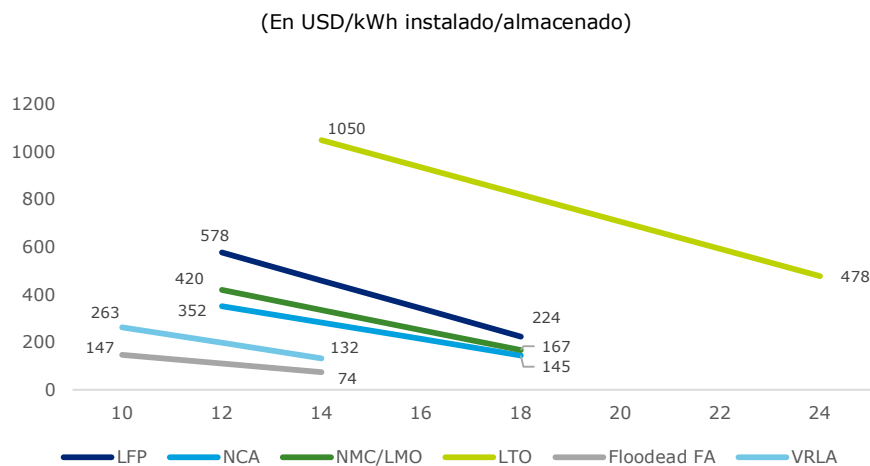
Las baterías además juegan un papel importante en la descarbonización de segmentos clave de uso de energía, como en el transporte con la e-movilidad y en el caso de baterías para sistemas domésticos y mini-redes que operan fuera de la red. Estas últimas están emergiendo como parte de la solución para aumentar el acceso a la electricidad, así como proporcionar servicios de estabilidad a mini-redes, mejorando la calidad de la energía y reemplazando sistemas que dependen en gran medida del combustible Diésel.

El desarrollo de baterías más eficientes, el aumento de su caída de vida útil y la tendencia hacia una rápida en su costo, ubican a esta tecnología en el corazón de la transición energética como una alternativa competitiva, al proporcionar servicios de valor en toda la cadena del sector eléctrico y en los consumidores finales. La Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA por sus siglas en inglés) en su trabajo "Almacenamiento de electricidad y renovables: costos y mercados hasta 2030" (2017) señala que el costo de las baterías de ion-litio ha caído hasta un 73% entre 2010 y 2016 para aplicaciones de transporte, pudiendo trasladar estos beneficios de mayor escala de fabricación a las baterías

para aplicaciones estacionarias, que hoy tienen un costo de instalación más alto debido a ciclos de carga/descarga más sofisticados que requieren sistemas y hardware de administración más costosos.

Se estima que el costo de instalación de baterías de ión de litio para aplicaciones estacionarias podría disminuir entre 54% y 61% hasta 2030.²⁷ Esto reflejaría una caída en el costo total de instalación de entre USD 207/kWh y USD 572/kWh, dependiendo de la composición química de las baterías. Como se muestra en el gráfico, las opciones de plomo ácido serán todavía más económicas, pero encontrarán un límite a la expansión de su vida útil que las hace menos competitivas.

Figura 20: Proyección de costo y vida útil de baterías seleccionadas por tecnología - Años 2016 y 2030. ⁽¹⁾



Nota (1): Baterías de iones de litio (LFP, LTO, NCA y NMC/LMO) y de plomo ácido (Floodead FA y VRLA).
Fuente: Análisis Deloitte en base a IRENA.

3.4. La promoción de infraestructuras digitales y redes inteligentes

Análisis del contexto

La red de transmisión de Panamá está muy desarrollada en la costa del pacífico y sus alrededores, mientras que en la región atlántica todavía presenta algunas limitaciones en cuanto al suministro.

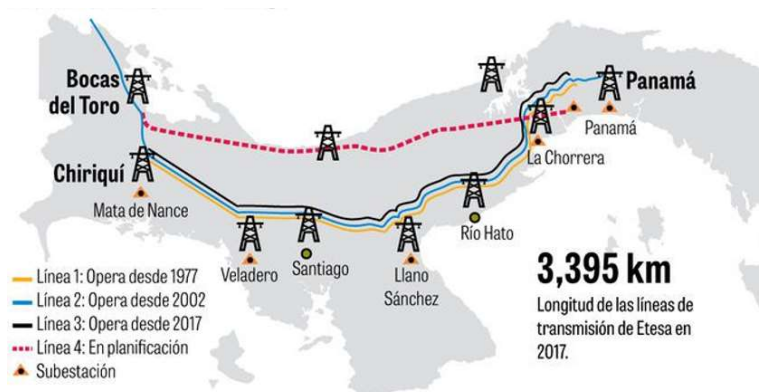
Es por ello, que la actualización de la infraestructura y la digitalización son la piedra angular para sostener la transición hacia un modelo de energía sostenible con bajas emisiones de carbono. El incremento de la demanda de electricidad debería llevar a cabo un cambio de paradigma que permita pasar de un sistema tradicional a un sistema completamente flexible que se adapte al aumento de las energías renovables y la generación descentralizada.

Por este motivo, el gobierno panameño en conjunto con ETESA, planean la construcción de una cuarta línea de transmisión que permita aumentar la capacidad de transmisión de energía de alta tensión, disminuir las pérdidas del sistema, incrementar la seguridad y ofrecer redundancia al sistema interconectado nacional. Dicha línea de transmisión recorrerá las provincias de **Bocas del Toro, Comarca Ngäbe Buglé, Veraguas, Colón, Coclé y Panamá** permitiendo transportar toda la energía renovable generada en el occidente del país hacia los centros de mayor consumo, que se encuentran en el corredor Panamá-Colón, disminuyendo en US\$22 millones aproximadamente las pérdidas anuales de potencia y energía. Esto representaría ahorros directos para el consumidor final, que es quien paga estas pérdidas a través de la tarifa e importar energía más barata desde Centroamérica²⁸.

²⁷Ver Figura 20

²⁸ Fuente: Etesa - <https://www.etsa.com.pa/es/cuarta-linea>

Figura 21: Ruta Propuesta de la Cuarta Línea de Transmisión Chiriquí Grande - Panamá III



Actualmente, la transmisión en el Panamá se realiza a través de la red de transmisión del Sistema Interconectado Nacional (SIN) y está constituida por tres líneas principales de transmisión (Líneas 1, 2 y 3), todas ubicadas a lo largo de la costa del Pacífico. Las tres líneas de transmisión están terminadas, completamente operativas y funcionan a su máxima capacidad.

La longitud de las líneas de transmisión de ETESA equivale a un total de 3.395 km de red, mientras que la extensión de la cuarta línea permitirá llegar a un total aproximado de 3.725 km de línea en todo el Sistema Interconectado Nacional.²⁹

Adicionalmente, la Estrategia Nacional de Innovación del Sistema Interconectado Nacional (SIN), apunta a la modernización del SIN, a fin de la seguridad y confiabilidad en la operación y comercialización del sistema eléctrico; tomando en cuenta la integración de las energías renovables, la incorporación de sistemas inteligentes en el control de las redes eléctricas y la futura entrada de sistemas de almacenamiento de energía, junto al incremento de la demanda eléctrica generada por la movilidad eléctrica³⁰.

La estrategia plantea los siguientes objetivos específicos:

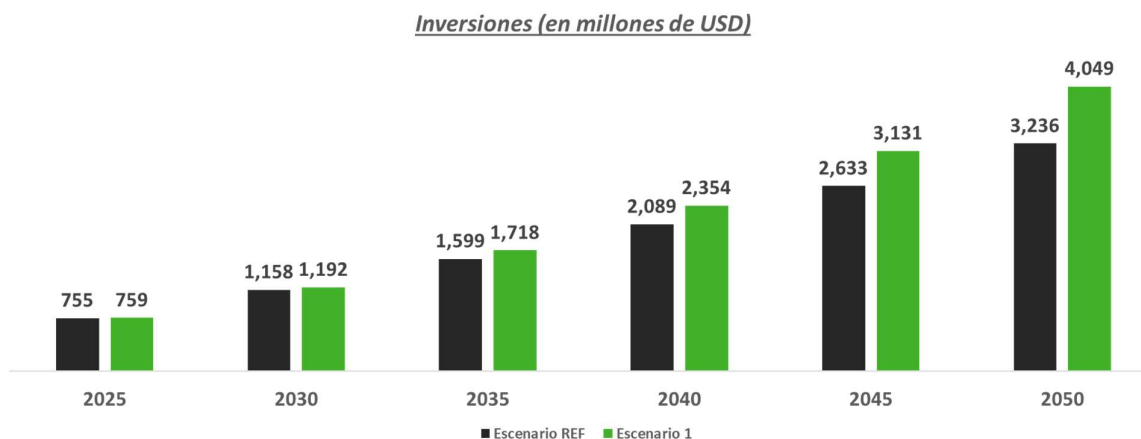
- 1- Mejorar los servicios ofrecidos de energía eléctrica para los usuarios finales;
- 2- Promover la descarbonización de la matriz energética mediante la adopción de tecnologías renovables y la electrificación del consumo final;
- 3- Incentivar la creación de nuevos modelos de negocios sostenibles;
- 4- Fomentar la competitividad en el mercado eléctrico;
- 5- Promover la implementación de nuevas tecnologías y procesos para mantener la seguridad y confiabilidad del SIN.

Para lograr los objetivos de electrificación a 2050 establecidos en el **Escenario 1** de nuestro modelo, será necesario realizar un esfuerzo adicional ya que se expandirá un total de 3,740 km de líneas de transporte eléctrico, que permitirán alcanzar 12 GW de potencia adicional para la descarbonización de Panamá.

²⁹Fuente: Etesa - <https://www.etsa.com.pa/es/preguntas-frecuentes-sobre-la-cuarta-linea#:~:text=La%20l%C3%ADnea%20de%20transmisi%C3%B3n%20tendr%C3%ADa,III%2C%20en%20ciudad%20de%20Panam%C3%A1.>

³⁰Gaceta Oficial Digital - <https://www.energiaestrategica.com/wp-content/uploads/2022/09/Estrategia-Nacional-de-Innovacion-del-Sistema-Interconectado-Nacional-de-Panamá-ENISIN.pdf>

Figura 22: Inversiones en líneas de transmisión eléctrica



Fuente: Análisis Deloitte.

Perspectivas

La actualización de la infraestructura y la digitalización son la piedra angular para sostener la transición hacia un modelo de energía sostenible con bajas emisiones de carbono ³¹. El incremento de la demanda de electricidad debería llevar a cabo un cambio de paradigma que permita pasar de un sistema tradicional a un sistema completamente flexible que se adapte al aumento de las energías renovables y la generación descentralizada.

Las nuevas infraestructuras de red en transporte y distribución son claves para impulsar el crecimiento de las energías renovables. En el horizonte 2030, se reforzarán nuevas inversiones en las redes eléctricas tanto para permitir el acceso a sitios de alto potencial renovable, y para perseguir una red más interconectada que permitan aumentar la confiabilidad del sistema. Para ello, se necesita un mayor número de puntos de conexión disponibles para futuras subastas en programas de desarrollo de energías renovables. Por su parte, en el horizonte de 2050, se espera que la terminación de las redes de las principales áreas urbanas y los nuevos refuerzos en la red aumenten requieran los sitios potenciales de generación distribuida para energía eólica y solar.

Por su parte, la digitalización de la red es el habilitador clave de la transición requerida, que trae beneficios significativos en términos de ahorro en el gasto de energía, eliminación de emisiones de GEI y mejora de la calidad del aire. La transición a 2050 mejorará, entre otras cosas, una inversión en la red eléctrica, tanto en el sector de la transmisión como en el sector de la distribución. Las inversiones requeridas en las redes de distribución permitirán integrar completamente la nueva capacidad renovable, la mayoría de las cuales se conectará a las redes de baja y media tensión, gestionará el desarrollo de la movilidad eléctrica y apoyará la electrificación del consumo en los sectores residenciales y de servicios.

Una red eléctrica moderna traerá diversos beneficios para la población y la economía del país. La digitalización de red permitirá a los clientes de servicios públicos administrar y reducir mejor los costos de electricidad, cortes de energía más cortos y menos frecuentes, mejoras en las condiciones de trabajo y seguridad pública. Al mismo tiempo, reforzará el sistema eléctrico, aumentando así la confiabilidad y la capacidad de recuperación del servicio incluso en el caso de condiciones climáticas severas.

El uso masivo de medidores inteligentes resultó en un retorno positivo tanto para el sistema como para los clientes. Los beneficios incluyen la eficiencia energética y la oportunidad para que los usuarios

³¹El análisis de esta sección se sustentó mayormente en un informe de Deloitte realizado previamente: "Hacia la descarbonización de la economía: la contribución de las redes a la transición energética", 2018. (<https://perspectivas.deloitte.com/contribucion-redes-electricas>)

gestionan su demanda de manera activa y cambien los hábitos y renueven la tecnología, lo que brinda una mejor eficiencia.

Los medidores inteligentes pueden ayudar a crear patrones de demanda activos y un sistema más confiable y predecible. Las tarifas hora por hora deben desarrollarse, si no es en tiempo real, para permitir un efecto de aplanamiento de la demanda. Una curva de carga más aplanada provocó una demanda menor y una demanda menos firme, lo que permitirá una mejor planificación y optimización de la generación. La masificación de los medidores inteligentes será la base para el desarrollo de las redes inteligentes y para la optimización en la planificación de las inversiones en la distribución.

Es recomendable que se otorguen incentivos para las inversiones en la distribución para reconfigurar y modernizar las redes (que son puramente radiales) hacia modelos más resistentes y acordes a la digitalización de esto, que permitan llegar a niveles óptimos de calidad y gestionar de manera eficiente el ingreso de la movilidad eléctrica, la generación distribuida, respuesta a la demanda, optimización de las inversiones, entre otros servicios

3.5. Fomentar la eficiencia energética y electrificación de los usos finales

Fomento de la eficiencia energética

La evolución hacia una matriz energética más limpia en términos de emisiones involucra también la reducción de intensidad energética, que se logra a través de la mejora en eficiencia energética. Todos los sectores de actividad a nivel nacional deberán estar alineados para disminuir el consumo energético del país, y, por ende, las medidas correspondientes han de afectar a cada uno de estos.

La regulación legislativa es una excelente herramienta para lograr impactos fuertes en materia de consumo energético. Hoy el principal instrumento normativo es la **Ley 69 (UREE)** en donde se fortalece los lineamientos generales de la política nacional para el racional y eficiente de la energía en el territorio nacional.

De esta manera, se ha implementado una Estrategia Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía que contempla las siguientes medidas

- 1) Consolidar el papel de la UREE en la política de transición energética del país;
- 2) Reducir la intensidad energética de la economía panameña, tanto de energía primaria como del consumo final de la energía;
- 3) Economizar los gastos del suministro energético de los usuarios, aumentar su calidad de vida, su bienestar y su productividad;
- 4) Aprovechar el potencial de la UREE como pilar de las políticas ambientales y sociales del país;
- 5) Estimular la iniciativa, el poder innovador y la responsabilidad corporativa de los actores para incorporar la UREE en el mercado;
- 6) Emplear la UREE como vector de la integración regional y de la inserción en la nueva economía sostenible en el ámbito internacional.

Además, introducir conceptos de Eficiencia Energética en los planes de estudio de la educación formal, tanto en los niveles primarios y secundarios, así como en ambientes técnicos y universitarios afines, incorporar sistemas de gestión de la energía en empresas, generar regulación específica en construcciones y difundir nuevos procesos industriales, son solo algunas de las cuestiones que deberían tratar la ley, en pos de fomentar un cambio de paradigma en la conducta de la población y las empresas. El desarrollo de actuaciones dirigidas a realizar procesos de forma más eficiente, o simplemente no desperdiciar energía en consumos insuficientes, son maneras mediante las cuales, tanto el usuario con capacidad de gestión como el pequeño usuario, pueden colaborar en el aumento de eficiencia.

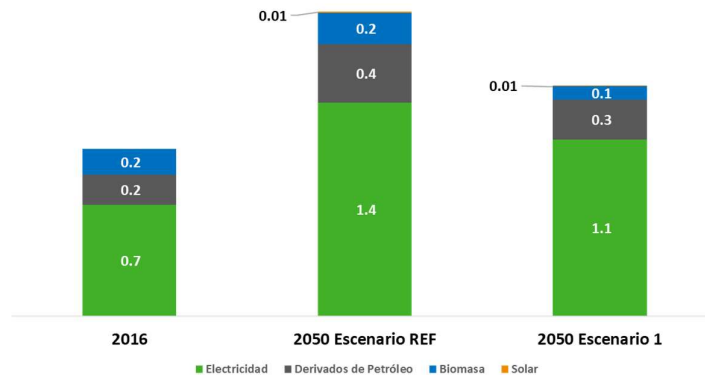
Rumbo a una mayor electrificación en los usos finales

En 2050 sería necesario alcanzar un nivel de electrificación del 45% sobre el consumo total de energía final en el **Escenario 1**. De la misma manera, el consumo de derivados del petróleo debería representar el 41% del total del consumo de energía final, frente a un nivel actual de 70%. Esto representa una reducción del 2.26% anual, como resultado del traspaso de tecnologías convencionales a tecnologías eléctricas.

3.5.1. Electrificación de los sectores residencial, comercial y público

En el año 2017, el sector residencial, comercial y público, fue responsable de la emisión de 0.6 MtCO₂eq. (un 6% de las emisiones totales de Panamá en aquel entonces), explicado principalmente por el consumo de GLP y leña para la cocción de alimentos³². En el **Escenario 1**, el consumo eléctrico en el sector residencial, comercial y de servicios públicos propuesto por el modelo TIMES en consideración del mix de medidas de mitigación propuestas para alcanzar los objetivos de emisiones a 2050, necesitaría aumentar hasta situarse en el 73%.

Figura 23: Consumo energético final – sectores residencial, comercial y público (Miles de TEP)



Fuente: Análisis Deloitte.

Para alcanzar esta penetración desde los valores actuales, el consumidor residencial, así como el estado para sus edificios e instalaciones públicas, deberán invertir en nuevos equipos para usos térmicos, en estufas eléctricas y en artefactos con un mayor nivel de eficiencia que podrían aparecer en el mercado en años vendedores. La adopción de una energía u otra derivará de la competitividad en costos de las distintas soluciones tecnológicas disponibles y de la reglamentación aplicable, incluida la que incentiva unas menores emisiones en estos consumos.

³² Fuente: Elaboración Propia. El modelo para el año base se alimenta de datos del Balance Energético Nacional (BEN).

CUADRO 3. Frigoríficos

Los aparatos de refrigeración y frío son tecnologías maduras cuyo mercado ha alcanzado el nivel de saturación en los países más desarrollados, con tasas de penetración de casi el 100%.³³

El mercado de hoy se caracteriza por una disminución significativa en el tamaño del congelador, con un aumento de refrigeradores combinados. Los dispositivos de refrigeración comercial (gabinetes de servicio y de explosión, cámaras frigoríficas, unidades de condensación empaquetadas, enfriadores de procesos) se utilizan en restaurantes, hoteles, pubs, cafés, supermercados y en procesos industriales. En algunos tipos de edificios comerciales (por ejemplo, supermercados), la refrigeración representa hasta el 50% del consumo de energía del edificio^{34 35}. Todos estos dispositivos incluyen compresores, válvulas de expansión, condensadores y evaporadores, ventiladores de evaporador y fluidos de procesos apropiados. En lo que respecta al fluido del proceso, en las últimas décadas del siglo XX, los gases a base de freón, CFC y HCFC se han utilizado ampliamente porque son eficientes, estables y seguros. Sin embargo, las regulaciones para proteger la capa de ozono atmosférico han llevado a la eliminación gradual de la mayoría de los gases, y se han desarrollado gases de hidrofluorocarbono (HFC) alternativos y se utilizan actualmente. Los fluidos con un potencial de calentamiento global más pequeños están actualmente en desarrollo. La demanda de energía para los aparatos de frío puede reducirse mediante mejoras de eficiencia, como el aislamiento térmico por vacío y las espumas de poliuretano, los descongeladores adaptativos, los intercambiadores de calor, compresores y ventiladores más eficientes y el control electrónico.

En 2016, los refrigeradores en Panamá representaban aproximadamente el 9% del consumo eléctrico total, para fines de 2050 se espera que su participación sobre el consumo eléctrico total del sector alcance el 13% en el **Escenario 1**, lo cual nos indica que, al ser una tecnología madura, su potencial para alcanzar mayor eficiencia es menor que otras tecnologías de uso doméstico.

CUADRO 4. Iluminación

La iluminación representa aproximadamente el 19% de toda la electricidad generada en todo el mundo. El consumo de energía de iluminación puede reducirse mediante mejoras en la eficiencia energética de los sistemas de iluminación, que se componen de lámparas, luminarias y balastos. (Este último para lámparas de descarga). Las mejoras clave de eficiencia están asociadas con la elección de la lámpara. Los principales tipos de lámparas utilizadas a nivel mundial en el sector doméstico incluyen las tradicionales (ineficientes) lámparas incandescentes de filamento de tungsteno (servicio de iluminación general, GLS), lámparas halógenas (HL), las lámparas fluorescentes compactas más eficientes (CFL) y luminarias con tecnología LED.

En línea con el programa de reemplazo de lámparas incandescentes a luminarias LED implementado en Panamá, las medidas propuestas en nuestra Hoja de Ruta de Transición Energética para los sectores residencial, comercial y de servicios públicos, contempla el traspaso del 100% de luminarias convencionales a luminarias LED para 2050. Los principales beneficios de implementar este tipo de tecnologías son:

- **Altos niveles de ahorro de energía:** la tecnología LED se caracteriza por su alta eficiencia energética. Las luces LED consumen entre un 80% y un 90% menos de energía que las luces tradicionales. Si bien la compra de luminarias LED puede suponer un costo más elevado, los efectos de su uso a largo plazo generan importantes beneficios en términos de ahorro en consumo de luz.
- **Mayor vida útil:** los LED tienen una vida útil más larga que las iluminaciones halógenas. La vida útil de la iluminación LED puede oscilar entre las 15,000 y 50,000 horas. Es decir, desde un mínimo de dos años hasta superar los 10 años.

³³AIE, Estadísticas energéticas mundiales clave

³⁴IEA, Cool Appliances: Estrategias de políticas para hogares energéticamente eficientes

³⁵Datos de aparatos de frío, ODYSSEE

CUADRO 5. Estufas

En los países desarrollados, los aparatos de cocción son tecnologías maduras con una penetración de mercado muy alta.

Por su parte, en las economías en desarrollo, la energía para estufas es un uso final más importante en comparación con las economías desarrolladas: en la India, la cocción representa el 90% del consumo doméstico de energía.³⁶

El equipamiento doméstico puede clasificarse mucho en hornos, parrillas, fogones y microondas. Al 2016, el insumo más utilizado en Panamá es la leña, con una participación sobre el consumo energético total del 55.4%, mientras que la participación de las estufas eléctricas es de tan solo el 0.53% (tendencia que se espera que se revierta en el mediano plazo).³⁷

CUADRO 6. Calefacción y refrigeración mediante bombas de calor

Las bombas de calor no son una tecnología nueva y se han utilizado en todo el mundo durante décadas. De hecho, ejemplos de este tipo de tecnología son los aires acondicionados frío-calor. Las bombas de calor proporcionan calefacción y refrigeración de espacios en edificios que utilizan principalmente electricidad como fuente de alimentación principal. El costo de capital de las bombas de calor para la calefacción de espacios podría ser mayor que el costo del equipo de tradicional en algunos casos, sin embargo, el costo de la tecnología está disminuyendo. Si bien las bombas de calor son una tecnología madura, se espera que su eficiencia aumente en 2030 en un 16-17% para la calefacción y refrigeración, y en 2050 en un 38-40%. Se esperan reducciones de costos como consecuencia de las mejoras tecnológicas, la penetración en el mercado y la sinergia con los sistemas de almacenamiento térmico. Los costos de funcionamiento de las bombas de calor son más bajos que el calentamiento del aceite y son comparables al calentamiento por gas, y con la conveniente ventaja de proporcionar también enfriamiento las estaciones más cálidas.

Entre las principales ventajas de las bombas de calor está el hecho de que su principio de funcionamiento les permite usar menos cantidad de energía que el calor que proporciona, lo que les permite alcanzar fácilmente rendimientos estacionales del 200% al 300%, en comparación con un máximo del 100% alcanzable por una Caldera de gas o aceite de primera clase. Las bombas de calor modernas son adecuadas para cualquier condición climática, y esto se ve corroborado por la amplia penetración que tienen las bombas de calor en los mercados del norte y nórdicos. La energía extra recuperada por el proceso sobre la base del 100% cuenta como energía renovable, ya que no se necesita energía primaria adicional para producirla. Con la mezcla eléctrica promedio en América Latina, las bombas de calor emiten menos CO₂ que cualquier otro dispositivo de calefacción. Si las bombas de calor se adoptaran ampliamente para aplicaciones de calefacción de agua y espacios en edificios, podrían reducir las emisiones globales de CO₂ en 1,250 millones de toneladas en 2050, según la Agencia Internacional de Energía.^{38 39}

CUADRO 7. Sistemas para calentar el agua

En los países desarrollados, se han producido modestas mejoras de eficiencia en el calentamiento del agua en los últimos años. El calentamiento de agua suele ser el tercer uso final de energía doméstica más grande después de la calefacción / refrigeración de espacios y la iluminación. Esta demanda puede ser atendida por sistemas de calentamiento de agua dedicados o por sistemas combinados que también desempeñan un papel de calefacción de espacio primario.⁴⁰

Los sistemas dedicados pueden caracterizarse ampliamente como sistemas de almacenamiento, dispositivos instantáneos o sistemas alternativos, incluidas bombas de calor y sistemas solares. Las divisiones de combustible son muy importantes; la mayoría de los países dependen principalmente del gas y la electricidad, aunque el uso de petróleo y biomasa puede ser significativo.

En el sector comercial, el consumo de calefacción de agua contribuye a una menor proporción del consumo total y se concentra en tipos de edificios limitados. El equipo de calentamiento de agua comercial

³⁶DK a. MRSD Pohekar, Diseminación de alternativas energéticas para cocinar en India: una revisión

³⁷Encuesta Nacional de Gastos de los Hogares (ENGHo) - Indec

³⁸ Hoja de ruta de edificios - Agencia Internacional de la Energía

³⁹Perspectivas de la tecnología energética - Agencia Internacional de la Energía

⁴⁰IEA ETSAP - Resumen tecnológico R03

generalmente se amplía en comparación con el equipo doméstico, en términos de potencia y capacidad de almacenamiento o tasa de flujo, con una superposición importante entre los equipos pequeños.

Sector residencial

Según estimaciones en base al último censo publicado por INEC en 2010, en el año 2016 había 1.2 millones de hogares habitados en Panamá, y la proyección de población realizada por el mismo organismo espera unos 5.4 millones para 2050.

Para la construcción de los escenarios se ha considerado el traspaso de tecnologías convencionales a tecnologías eléctricas en los principales rubros de demanda energética del hogar: calefacción, ventilación y aires acondicionados (HVAC por sus siglas en inglés), estufa y otros usos (principalmente, warming del agua). A su vez, se espera que la mayor eficiencia de las nuevas tecnologías lleve a un menor consumo energético por dispositivo (mayor en términos absolutos respecto del año base).

Sector comercial

En 2016 se registraron 1.8 millones de comercios en Panamá. Si tomamos para la proyección la tasa de crecimiento del PBI⁴¹, en 2050 la cantidad de comercio debería ascender a aproximadamente 5.5 millones.

De la misma manera que en el sector residencial, se espera que los nuevos locales construidos estén adaptados para la utilización de artefactos eléctricos. A su vez, se estima un traspaso gradual de tecnologías convencionales a tecnologías eléctricas a medida que estas últimas consigan mayores niveles de eficiencia.

Sector público

Se espera que, con el transcurso de los años, los edificios (tales como colegios y hospitales) de carácter público que se inauguran se encuentren adaptados para la utilización de artefactos eléctricos. A su vez, los establecimientos públicos existentes reemplazarán paulatinamente los artefactos no eléctricos por eléctricos conforme estos últimos se volverán más eficientes.

En este sentido, la Secretaría Nacional de Energía (SNE) de Panamá y ONU han lanzado una estrategia de sensibilización para promover el uso de la energía solar térmica en el sector público. A partir de esta campaña, se espera un aumento en la implementación de calentadores solares de agua ⁴².

A modo resumen podemos enumerar las siguientes medidas para el rubro de servicios públicos:

- En lo que respecta a luminarias, el traspaso del 100% de luminarias convencionales a luminarias LED para 2050.
- Electrificación de artefactos para el calentamiento del agua.
- Electrificación de estufas en comedores públicos.

⁴¹Estimaciones propias en función de proyecciones realizadas por "The Economist Intelligent Unit"

⁴²ONU - <https://www.unep.org/es/events/evento-de-onu-medio-ambiente/panama-lanza-plan-de-sensibilizacion-para-promover-el-uso-de-la>

Figura 24: Emisiones directas – sectores Residencial, Comercial y de Servicios Públicos (MtCO2 eq.)

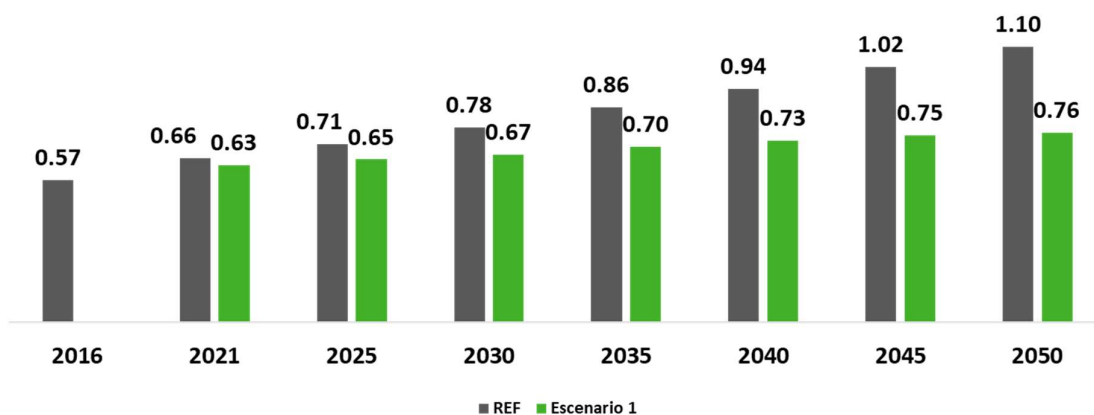


Figura 25: Consumo energético final – sectores Residencial, Comercial y de Servicios Públicos (millones de TEP)



Fuente: Análisis Deloitte.

3.5.2. Electrificación del sector agricultura

En los próximos 10 años se espera que se produzca una migración tecnológica en la maquinaria agrícola global que provoque cambios de paradigmas productivos, comparables a lo que produjo la irrupción del tractor diésel en las décadas del 50/60 del siglo pasado.⁴³ Por ello, si bien en Sudamérica el desarrollo de “robots” y/o maquinarias que utilizan baterías de recarga eléctrica o solar (ya disponibles en algunos países de Europa) aún se encuentra en etapa de desarrollo y diseño de prototipos, la construcción del **Escenario 1** contempla la irrupción de este tipo de tecnologías de forma paulatina para el período 2016-2050.

En términos de eficiencia energética, se espera que la electrificación de maquinarias agrícolas genere una reducción del 93% en el consumo energético respecto del escenario de referencia a 2050.

⁴³ Fuente: “La maquinaria agrícola, innovaciones y tendencias al 2030” - INTA

3.5.3. Sustitución de combustibles en el sector industrial

El recambio de motores y luminarias, la penetración del hidrógeno verde como vector de descarbonización y el cambio en los métodos de producción, permite importantes posibilidades de reducción de emisiones GEI para los horizontes 2030/2050 a partir de la sustitución de combustibles. Una mayor utilización de desechos industriales para generación eléctrica a partir de biomasa, uso de hidrógeno verde en la sustitución de procesos industriales o una mayor electrificación de los procesos a base de generación libre de emisiones, son todas alternativas de fuentes limpias de energía que la industria puede explotar y así disminuir la intensidad de las emisiones generadas por su consumo energético.

La implementación de medidas que tiendan a mejorar la eficiencia energética en la industria permitiría reducir costos sustanciales a las empresas, logrando una optimización de la energía y al mismo tiempo, contribuyendo a la lucha contra el cambio climático. El recambio tecnológico a equipos más eficientes también permitiría lograr avances significativos en materia de intensidad energética y emisiones.

Un exitoso proceso de descarbonización del sector industrial que logró estabilizar las emisiones a medida que la industrialización avanza requiere la adaptación gradual de los procesos industriales locales a la vanguardia tecnológica a nivel mundial, sobre todo en sectores intensivos en emisiones de GEI. La reconversión tecnológica (incluye sustitución de materia prima) a los nuevos estándares internacionales que incorporan una visión ambiental, permitiría no sólo reducir la intensidad de las emisiones sino estabilizarlas en términos absolutos.

La implementación de las medidas identificadas para la industria permitiría lograr una reducción de las emisiones totales – por consumo energético y procesos - del 39% en el Escenario 1 a 2050 con respecto al escenario de referencia. Al mismo tiempo se avanzaría en una industrialización sustentable y achicaría la brecha existente en la intensidad energética de nuestro país con relación a la de los países industrializados.

Figura 26: Consumo energético final – sector Industria (millones de TEP)

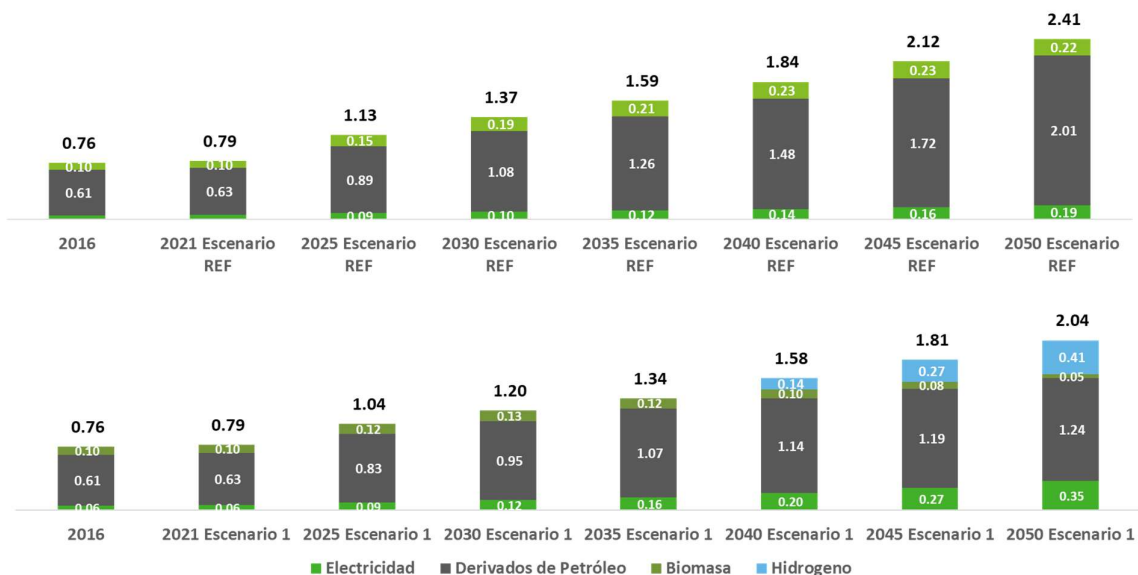
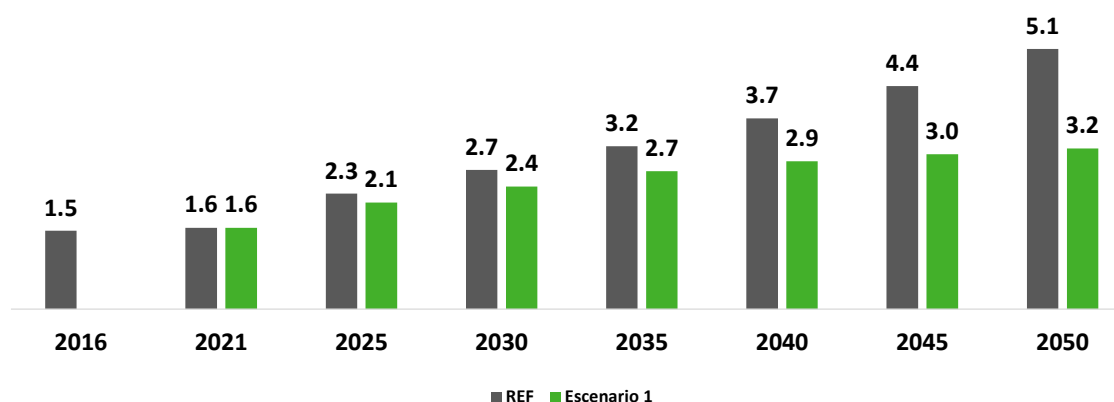


Figura 27: Emisiones directas – sector industria (MtCO₂ eq.)



Fuente: Análisis Deloitte.

3.5.4. Sustitución de combustibles en el sector transporte

Las emisiones de GEI del sector transporte crecen, a nivel internacional, a la mayor tasa desde 1970.⁴⁴ Entre las razones se destaca el incremento de la motorización a medida que crece el PBI per cápita. Para reducir las emisiones potenciales del sector, cuatro líneas de acción son identificadas. En primer lugar, las políticas tendientes a reducir la intensidad energética de los vehículos, y en conjunto con estas, medidas que tiendan a reducir la intensidad de carbón por combustible. Una mayor eficiencia, de todas maneras, será insuficiente, por lo que se requiere avanzar a modos de movilización libres de emisiones, como son los vehículos eléctricos y el cambio modal al tren, especialmente para el transporte de carga. Por último, existen importantes oportunidades para incrementar el uso del transporte público, compartir el uso del vehículo o disminuir la necesidad de movilizarse, como puede ser el trabajo remoto.

El desarrollo del Vehículo Eléctrico a Batería (VEB) es la apuesta más importante para descarbonizar el sector transporte. Habiendo alcanzado ventas a nivel global de 3 millones de unidades, como IEA señala en su informe "Global EV Outlook 2022", el objetivo propuesto por varios países es alcanzar una penetración del 30% para 2030, y de 60% para 2050. El uso de una estrategia de alta penetración del VEB cambios sustanciales en la infraestructura necesaria para su uso.

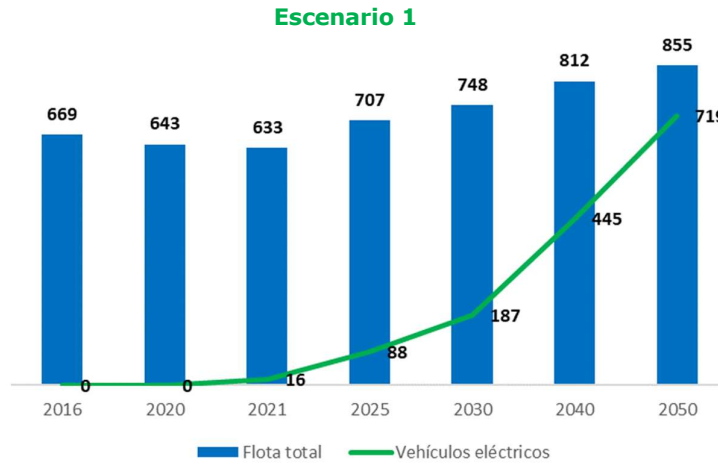
Para lograr una acelerada curva de adopción del VEB debería seguirse una política de promoción del vehículo eléctrico, con incentivos para adoptar la tecnología y controlar la circulación de autos a combustión interna, y en particular promover la electromovilidad en el transporte público de pasajeros, así como el uso de vehículos no motorizados.

En este sentido, Panamá está implementando una estrategia agresiva nacional de ampliación de las líneas 1,2 y 3 del Metro, con el objetivo de atender al aumento de la demanda en el transporte mitigando los efectos en emisiones.

Como consecuencia, en el **Escenario 1** se logra una curva acelerada de penetración de mercado alcanzando un 25% de participación de mercado al 2030 y una participación del 84% al 2050. Un mecanismo de súper créditos que vincule a los productores de automóviles a una determinada cuota de créditos de vehículos cero emisiones, como los adoptados en China, California y Canadá podría resultar muy efectivo para el incremento de la movilidad sostenible. Otras posibilidades incluyen la introducción de requisitos de instalación de puntos de recarga en edificios nuevos y existentes. La tasa de penetración en las nuevas ventas del EV privado se muestra a continuación:

⁴⁴Fuente: IPCC - https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_chapter8.pdf

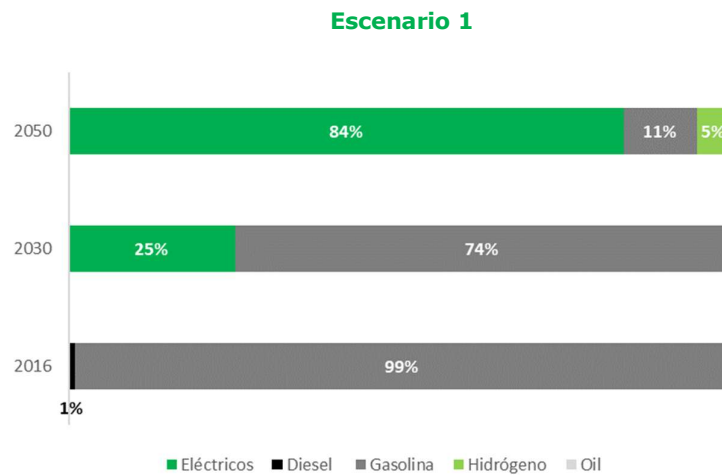
Figura 28: Electrificación de los vehículos privados (en miles)



Fuente: Análisis Deloitte

Si se analizan las tendencias en el costo nivelado de la energía y en el precio de las baterías, podrán concluir que, en un futuro cercano, la posibilidad de introducir una nueva tecnología como el VEB en el parque automotor de Panamá sería económicamente factible, lo cual permitiría la reconversión de los consumidores frente a una tecnología más competitiva.

Figura 29: Vehículos privados (% pasajeros – km.)

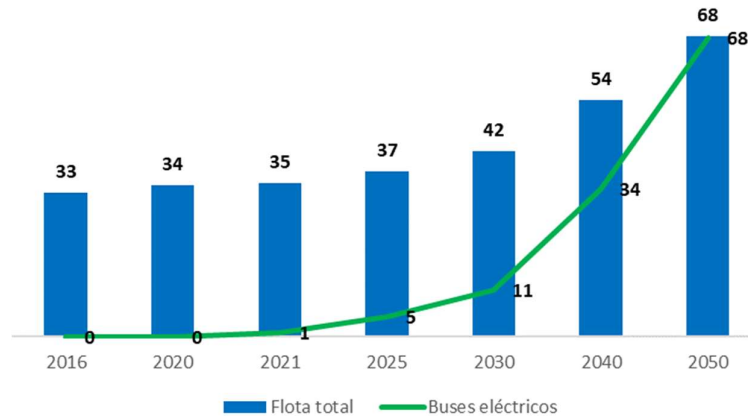


Fuente: Análisis Deloitte.

En el **Escenario 1**, la tasa de penetración de los buses eléctricos a 2030 es del 25%, mientras que a 2050 se estima una tasa de penetración para los buses eléctricos del 99%.

Figura 30: Electrificación de los buses (en miles)

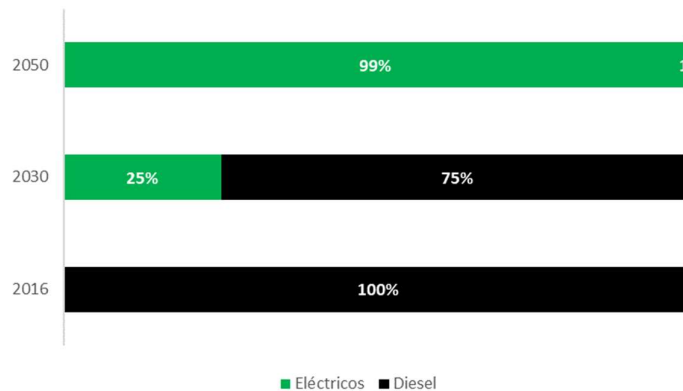
Escenario 1



Fuente: Análisis Deloitte

Figura 31: Buses (% Passenger - Km.)

Escenario 1



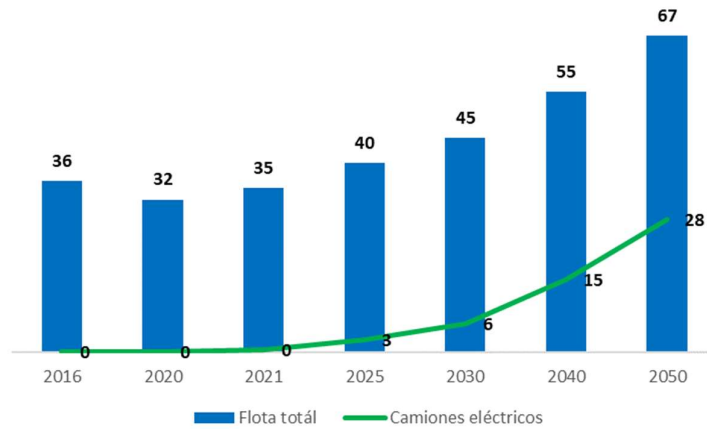
Fuente: Análisis Deloitte

En lo que respecta al transporte de cargas, las medidas apuntan a promover la participación de los camiones eléctricos para el transporte de carga liviana y reducir el uso del diésel como combustible, por su parte, para el transporte de carga pesada, se incluye el uso del hidrógeno verde como vector de descarbonización. De esta manera, se alcanza una tasa de penetración de los camiones eléctricos a 2050 del 42%.

Mediante la electrificación de los vehículos de carga y la adopción de nuevas normas con los mayores estándares de emisiones de CO₂, Panamá obtendrá un impacto sustancial en las emisiones de GEI y una reducción significativa en la flota a combustible.

Figura 32: Electrificación de los camiones (en miles)

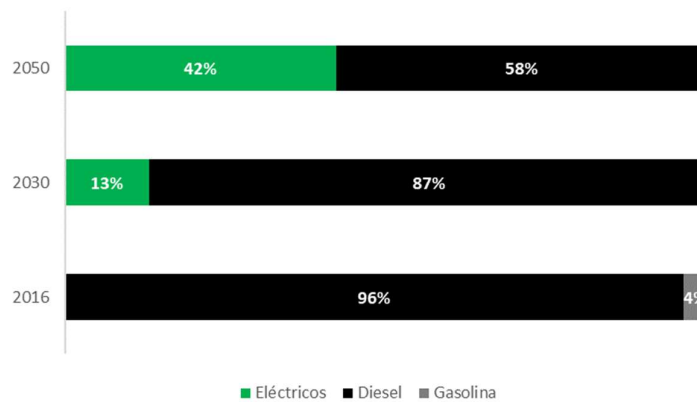
Escenario 1



Fuente: Análisis Deloitte

Figura 33: Transporte de carga (% Passenger - Km.)

Escenarios 1



Fuente: Análisis Deloitte

Para el sector de transporte de pasajeros y de carga (terrestre, aéreo y naval), las medidas de mitigación están enfocadas a la eficientización de tecnologías existentes con el fin de lograr una reducción en el consumo de combustibles fósiles.

En suma, todas estas medidas nos permiten reducir la demanda energética en un 20% en el **Escenario 1** para el año 2050 con respecto al escenario de referencia.

Con respecto a las emisiones de gases, se espera una reducción directa de 3.5 MtCO₂eq. en el **Escenario 1** con respecto a los valores proyectados en el escenario de referencia a 2050.

Figura 34: Consumo energético final – sector transporte (millones de TEP)

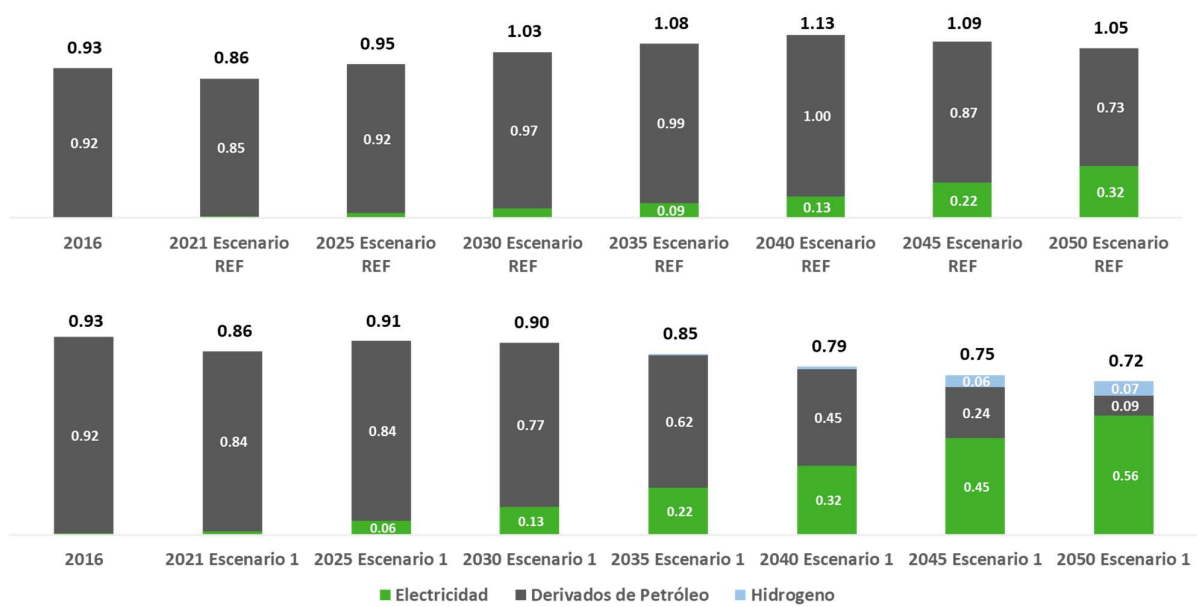
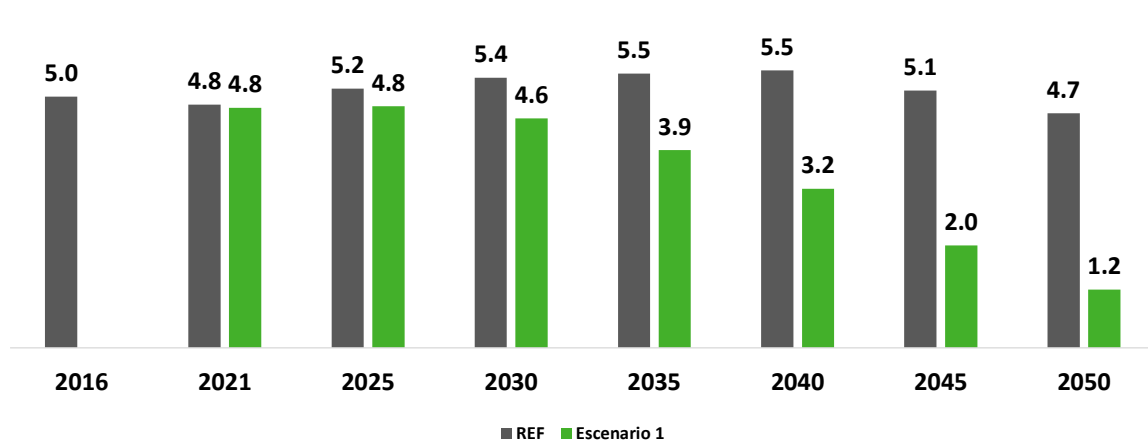


Figura 35: Emisiones directas – sector Transporte (MtCO2 eq.)



Fuente: Análisis Deloitte

3.6. El rol del hidrógeno verde en la descarbonización de Panamá

Introducción del hidrógeno verde como fuente de energía limpia

El Hidrógeno verde es la mayor reserva de combustible no contaminante del mundo. Este gas se puede generar a partir de fuentes renovables, almacenarse y ser utilizado, a través de pilas de combustible, para generar electricidad sin contaminar.

El hidrógeno verde permite una verdadera integración de las energías renovables en todos los sectores: energía eléctrica, transporte, gas, industrias pesadas estratégicas como minería, fertilizantes verdes, refinerías, etc.; y una descarbonización de **sectores donde no es viable la electrificación.**

Se espera que el hidrógeno verde alcance la paridad económica en 2030: el costo nivelado estimado para el hidrógeno azul es de 1.4 a 1.8 USD/kg mientras que, para el hidrógeno verde, este valor podría estar entre los 1,5 USD /kg para los proyectos off-grid del orden de 1 GW de potencia eólica y de entre 1.6 y 2.7 USD/kg para proyectos on-grid de hasta un orden de 100 MW. Esto facilitaría la adopción de tecnologías de hidrógeno y su masificación, sobre todo para la industria y la movilidad.

El rol que asume el hidrógeno verde como vector de descarbonización en la presente actualización de Hoja de Ruta de Transición Energética para Panamá a 2050

Una de las principales novedades que trae el presente estudio es la profundización que se le ha dado al análisis del hidrógeno verde como vector de descarbonización. En este sentido, hemos incorporado este insumo como una realidad que se materializa en el **Escenario 1**, dado que las tendencias actuales del mercado empiezan a mirar con mayor optimismo la factibilidad para el desarrollo de esta fuente de energía.

Considerando las proyecciones de costos de este insumo y las restricciones propias del modelo que resulta de un nivel de ambición compatible con el logro del objetivo de optimizar los resultados de reducciones a 2050, **el hidrógeno verde se presenta como una solución costo eficiente para aquellos sectores denominados difíciles de descarbonizar** (principalmente, los referidos a industria y transporte de carga pesada).

De esta manera, el modelo nos arroja como resultado para el **Escenario 1**, una producción total a 2050 de 0.82 millones de TEP.

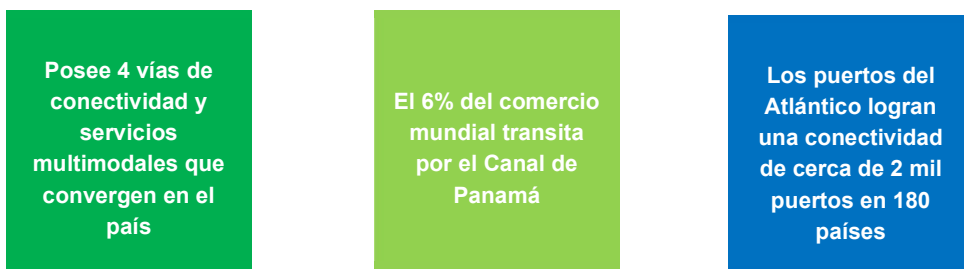
En cuanto a la utilización del hidrógeno verde como vector de descarbonización, el mismo se emplea en el sector industrial (0.41 millones de TEP a 2050) y el sector de transporte de carga pesada (0.07 millones de TEP a 2050).

Además, el modelo contempla el potencial de Panamá para ser un **país exportador de hidrógeno verde**. Según el **Escenario 1**, 0.34 millones de TEP a 2050 se destinarán a la exportación.

En este sentido, es importante mencionar que **el país cuenta con un gran potencial para convertirse en un concentrador de hidrógeno verde a nivel mundial**. La posición geográfica del país se presta para servir de conexión entre los centros de producción de hidrógeno y los consumidores de mayor demanda.

Por otro lado, el Canal de Panamá, por su rol clave en la descarbonización, evitó en 2020 que se emitieran alrededor de 13 millones de toneladas de CO₂ a la atmósfera, por ser la ruta más corta para los usuarios del canal ⁴⁵.

A continuación, se mencionan algunas características de Panamá en su rol como **Hub marítimo, portuario y logístico**:



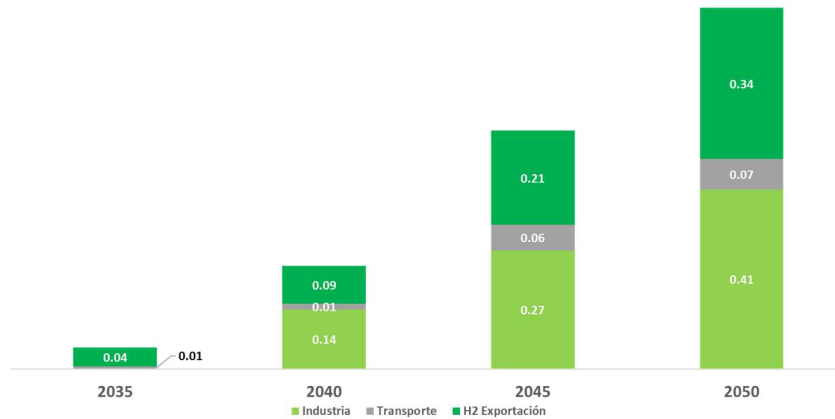
La creación del Hub de Hidrógeno Verde permitiría la incorporación de sectores de "blending" para el GNL, refinería de combustibles como Diesel y plantas de amoníaco para uso en buques ⁴⁶. Todos estos submercados del hidrógeno verde permitirían abastecer a la aviación con combustible sintético con hidrógeno, transporte marítimo internacional con amoníaco y al transporte terrestre con combustibles de menor contenido de azufre. Siendo un hub geográfico, estos subproductos del hidrógeno se distribuirían a la región.

Actualmente, existe un compromiso por parte de las autoridades del canal de Panamá de ir hacia la descarbonización. En este sentido, se ha analizado la incorporación de una ley de incentivos para el sector industrial y agroindustrial (**Ley 25**).

⁴⁵Gobierno de Panamá - Secretaría Nacional de Energía (SNE) -

⁴⁶<https://elfarodelcanal.com/panama-como-hub-de-hidrogeno-verde-y-el-papel-del-canal/>

Figura 36: Consumo interno + Exportaciones de Hidrógeno verde
(Millones de TEP)



Fuente: Análisis Deloitte

3.7. Incentivo a modelos de producción sustentable – sector no energético

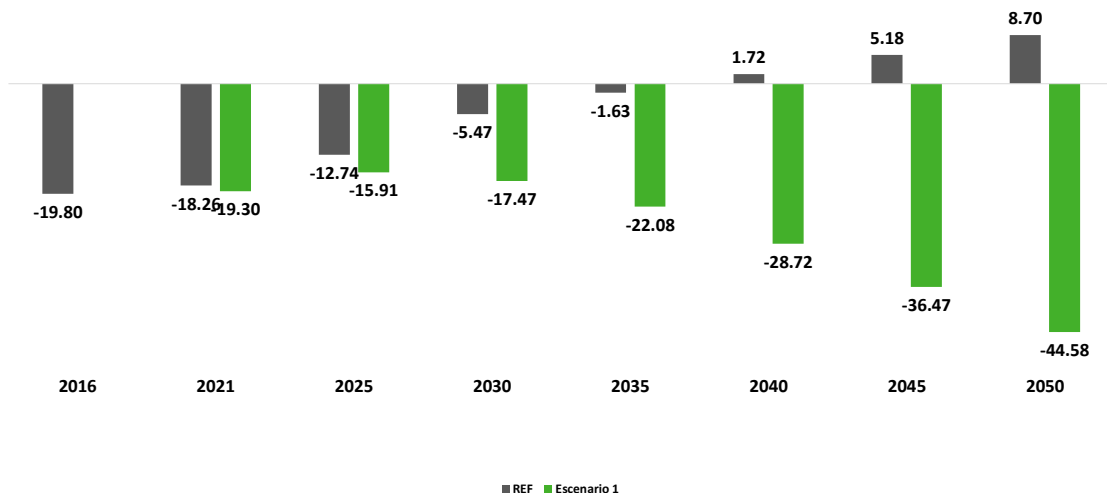
El sector “no energético” comprende las siguientes ramas:

- Ganadería, silvicultura y otros usos de los suelos;
- Tratamiento de residuos;
- Emisiones fugitivas.

Dado su potencial de captura, el sector no energético permite compensar las emisiones generadas por el resto de los sectores. Dado que en el escenario de referencia no hay un cuidado de los recursos ni implementación de mejores prácticas que permitan incrementar los sumideros de carbono, las emisiones se incrementarán llegando a 8.70 MtCO₂eq. a 2050 y perdiendo la negatividad del carbono.

Por su parte, en el **Escenario 1** a partir de la incorporación de medidas disruptivas (restauración de bosques nativos, prácticas ganaderas sustentables, rotación de cultivos, etc.) se incrementa la captura, logra una reducción de 53.28 MtCO₂eq. con respecto a los niveles de emisiones del escenario de referencia a 2050.

Figura 37: Emisiones – sector no energético (MtCO₂ eq.)



Fuente: Análisis Deloitte.

3.6.1. Sector AFOLU

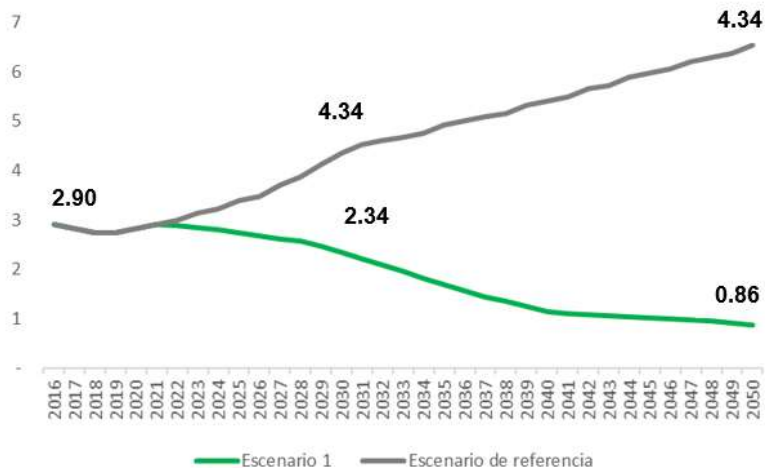
Ganadería

En el año 2016, el sector ganadero fue responsable de la emisión de 2.90 MtCO₂eq. Si estos niveles continuaran con la misma tendencia creciente, proyectando hacia 2030 y 2050, los niveles de emisiones se hallarían en torno a los 4.36 y 6.53 MtCO₂eq. respectivamente.

Los escenarios proponen mejoras en esta tendencia de aumento del nivel de emisiones, de distinto grado, pero con esfuerzos en distintas palancas a través de diversas medidas en lo que respeta al manejo de la ganadería, que ayudan a lograr resultados más favorables. El **Escenario 1** muestra reducciones por el 46% y el 87% en 2030 y 2050 respectivamente, con respecto a los niveles del escenario de referencia.

Estas reducciones se lograron, como se remarcó anteriormente, mediante la implementación de medidas de mitigación de carácter sistémico, ambiciosas y estratégicas, que abarcan al subsector entero. La promoción de buenas prácticas y la mejora de procesos mediante el desarrollo de planes y programas públicos de extensionismo rural es fundamental para lograr estas metas.

Figura 38: Emisiones - subsector ganadería (MtCO₂ eq.)



Fuente: Análisis Deloitte.

Usos de los suelos

El sector Uso de Suelos, Cambio de Uso de Suelos y Silvicultura (USCUSS) contribuye a la descarbonización con un total de emisiones de 27.64 MtCO₂eq. en 2016.

En caso de no aplicar medidas que logren aumentar el potencial de descarbonización, el subsector perdería una capacidad de captura de 9.67 MtCO₂eq. a 2030 y 15.77 MtCO₂eq. un 2050.

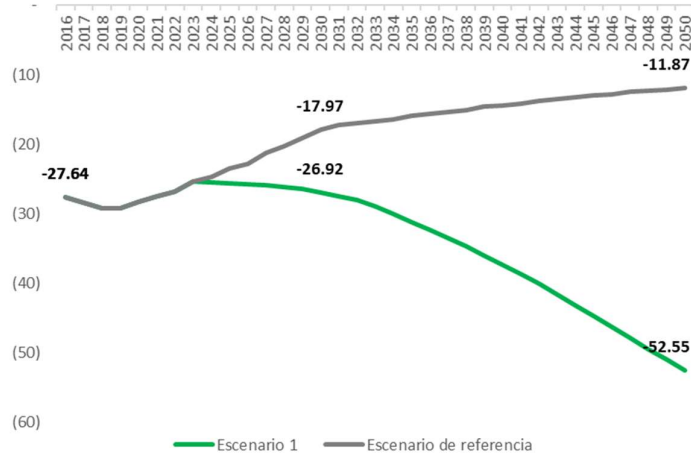
Por su parte, en el **Escenario 1** se proponen medidas en torno a la forestación, mejora en pastizales y el mejor uso de tierra para cultivo que buscan incrementar el nivel de captura, contribuyendo a la descarbonización con un total de emisiones de 52.55 MtCO₂eq. en 2050 y logrando absorber las emisiones remanentes del sector.

La reducción de la deforestación y la promoción del aumento de la superficie de las plantaciones forestales es fundamental para que logren las metas.

A continuación, se muestran las medidas a implementar en el sector mediante la reducción y absorción de las emisiones de GEI:

- **Manejo de cultivos:** restauración de tierras, manejo silvopastoril, reconversión de cultivos de arroz por cultivos permanentes y asociados, sistemas de secas intermitentes (SICA) en el cultivo de arroz para la disminución de GEI, manejo sostenible de los cultivos permanentes para la disminución de GEI.
- **Manejo forestal sostenible:** mecanismos de conservación de bosques en comunidades nativas, conservación de derechos de tierras no categorizadas y desarrollo de programas de reforestación y agroforestería.
- **Mejora en pastizales.**

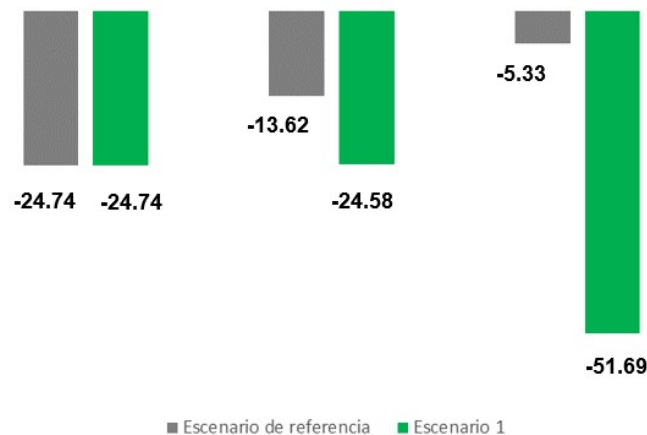
Figura 39: Emisiones - subsector otros usos de los suelos (MtCO2 eq.)



Fuente: Análisis Deloitte.

La ganadería y el uso de suelos, en conjunto con otras actividades relacionadas a la agricultura, componen la totalidad del sector que denominamos AFOLU, que alcanzó un total de emisiones de 24.74 MtCO2eq. en 2016. Mientras que en el escenario de referencia dichas emisiones se logró absorber un total de 5.33 MtCO2eq. a 2050, el **Escenario 1** propone una reducción significativa, alcanzando una absorción total de 24.58 MtCO2eq. para 2030 y 51,69 MtCO2eq. para 2050.

Figura 40: Emisiones - AFOLU (MtCO2 eq.)



Fuente: Análisis Deloitte.

3.7.2. Residuos Sólidos

Las emisiones de GEI del sector residuos ascendieron en 2016 a 1.46 MtCO₂eq., compuesto casi en su totalidad de emisiones de metano.

Las medidas de mitigación consideradas en el Escenario 1 podrían evitar el aumento acelerado de las emisiones del sector del 69% hacia 2050 con respecto al año base. Las mismas se centran en lo siguiente:

- Recuperación y valorización material y energética de los residuos a través de reutilización, reciclaje, compostaje, coprocesamiento. Disposición final de los residuos en la infraestructura respectiva a través de la implementación de tecnologías que permiten la reducción de GEI.
 - Construcción de rellenos sanitarios con tecnología semi aerobia y con captura y quema centralizada de biogás.
 - Segregación de residuos sólidos orgánicos para su valorización material en plantas de compostaje.
 - Aprovechamiento del biogás generado en rellenos sanitarios para su valorización energética.
- Aumento de la cobertura actual de los servicios de saneamiento, considerando tecnologías que permiten la reducción de emisiones de GEI en las PTAR tales como otros sistemas de coberturas, sistemas de instalación de geomembranas tuberías de recolección de gas, digestores para el tratamiento de lodos, quemadores u otras tecnologías.
 - Mejorar el tratamiento de aguas residuales y control de presiones en los servicios de agua potable.
 - Construcción de nuevas Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) para el cierre de brechas del sector de saneamiento.
 - Cobertura de lagunas anaerobias y quema de metano, e instalación de digestores anaerobios de lodos de PTAR para la captura y quema de metano.
 - Aprovechamiento de aguas residuales tratadas y biosólidos

Por otra parte, se pretende establecer una política de reciclado que permita disminuir la cantidad de residuos anuales por habitante a través de una economía circular, aumentando el esfuerzo de reciclaje a lo largo de toda la cadena económica. **Esto permitiría llevar a cabo las emisiones a un mínimo, y alcanzar emisiones de 1.74 MtCO₂eq. a 2030 y 1.87 MtCO₂eq. a 2050.**

3.7.3. Emisiones fugitivas y procesos industriales

Las Emisiones Fugitivas y procesos industriales ascendieron en 2016 a 3.48 MtCO₂eq. Es importante mencionar que, en caso de no aplicar ningún tipo de medida de mitigación, el total de emisiones a 2050 ascenderían a 11.57 MtCO₂eq.

Dentro de las principales medidas de mitigación se consideran las siguientes:

- Sustitución de Clinker para disminuir la relación Clinker/cemento produciendo cementos adicionados.
- Actualización o modificación de los equipos existentes.
- Cambios en prácticas operativas, incluyendo inspección directa y mantenimiento.
- Instalación de nuevo equipamiento.

En el **Escenario 1** la implementación de las medidas antes descriptas, en conjunto con la incorporación de normas de terminación de posos, lograron atenuar el crecimiento de las emisiones en un 55%. Las emisiones del sector aumentaron a 5.36 MtCO₂eq. a 2030 y 5.24 MtCO₂eq. un 2050.

3.8. Análisis de inversiones y costos en el sistema

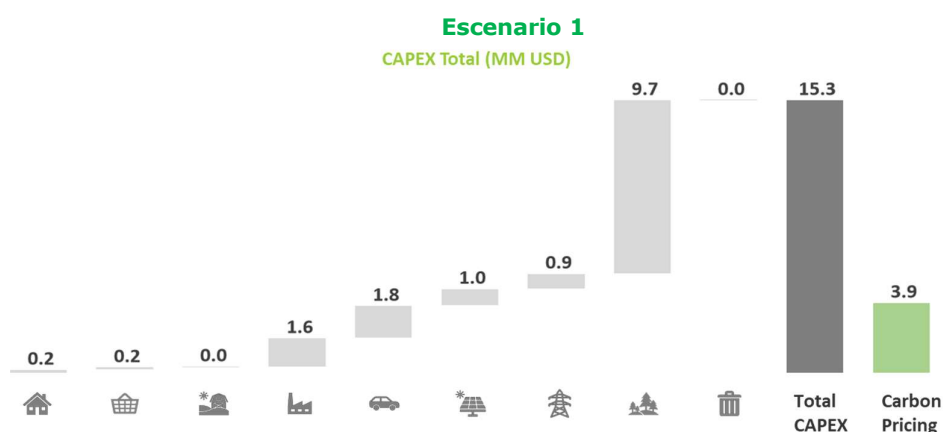
Inversiones necesarias durante el periodo 2016-2050

Los cambios planteados en los escenarios persistirán de inversiones incrementales con relación al escenario de referencia, que a valor presente alcanzarán USD 15.3 MM⁴⁷. Las inversiones abarcan todos los sectores económicos, especialmente la transformación de la matriz eléctrica y los cambios del sector transporte, incluyendo los cambios modales que desarrollan una mayor penetración del tren. Este último junto con el sector industria y AFOLU, representan los sectores más significativos en términos de inversiones.

La literatura reciente producida desde distintas organizaciones para la lucha contra el cambio climático observa en la fijación de precios del carbono, o en los llamados esquemas *Carbon Pricing* que penalizan las emisiones, una poderosa palanca política para apoyar la descarbonización y financiar las inversiones necesarias en la transición, al tiempo que estimulan la competitividad, la creación de empleos y la innovación.⁴⁸ En la actualidad, alrededor de 40 gobiernos nacionales y 23 Gobiernos subnacionales han implementado mecanismos de fijación del precio del carbono, con lo que se cubre el 12 % de las emisiones mundiales ⁴⁹.

De las inversiones totales del **Escenario 1**, una parte se logra financiar mediante *Carbon Pricing*. A valores de 2016, hemos estimado que este mecanismo permitiría obtener un fondeo por un total de USD 3.9 MM. De esta manera, las inversiones netas fueron de USD 11.4 MM, lo que nos permite concluir que **un 26% del total de inversión podrá ser financiado por carbono fijación de precios**

Figura 41: CAPEX total (miles de millones de USD)⁽¹⁾



Fuente: Análisis Deloitte.

Cuando realizamos un análisis del costo-beneficio por medida de mitigación incluyendo, por un lado, el costo de implementación de los paquetes de medidas y, por otro, el beneficio generado en concepto de costo social de carbono ⁵⁰, arribamos que **el beneficio medio por tonelada de CO₂ eq. es de USD 13**. En este análisis, también se tiene en cuenta que el ahorro en costos operativos, logrados por una mayor eficiencia, deriva en un menor consumo de energía.

⁴⁷Todos los valores se encuentran descontados a 2016, a la tasa utilizada por los organismos internacionales para países emergentes del 10%.

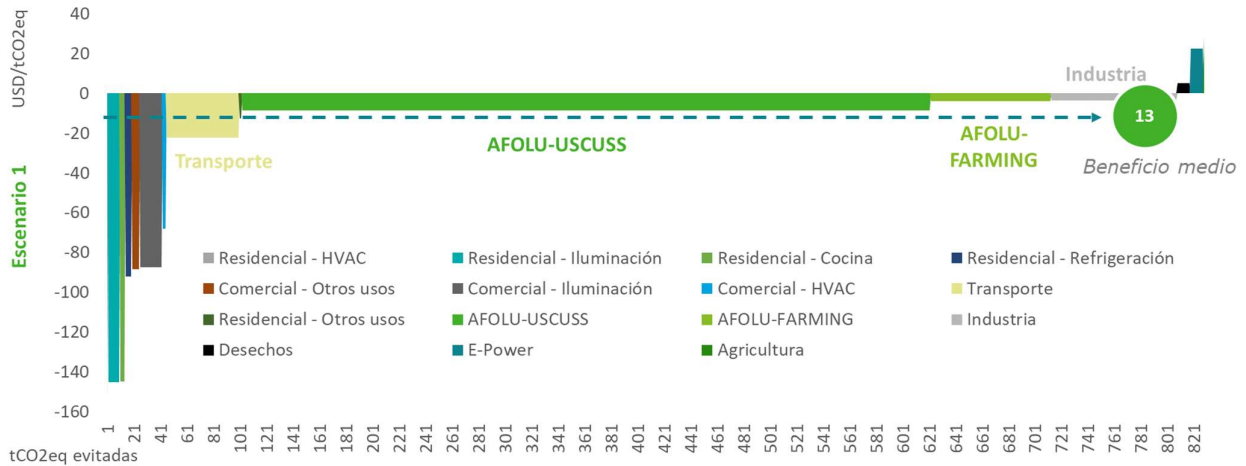
⁴⁸Fuente: Coalición de Liderazgo para la Fijación del Precio del Carbono (CPLC, por sus siglas en inglés), una alianza mundial puesta en marcha durante las negociaciones sobre el clima en París, con el objetivo de reunir el apoyo público y privado para la fijación del precio del carbono en todo el mundo.

⁴⁹Fuente: CPLC, Año 2016 (<https://www.cdp.net/CDPResults/carbon-pricing-in-the-corporate-world.pdf>)

⁵⁰Por costo social de carbono se entiende el valor económico por la tonelada CO₂ eq. emisiones adicionales evitadas.

Escenario 1

Figura 42: Curva de Costo – Beneficio (en signo negativo) Medio por Medida/Sector (USD/tCO2eq. y en millones de tCO2eq.) ⁽¹⁾



Fuente: Análisis Deloitte

3.9. Beneficios de la descarbonización

Las inversiones incrementales necesarias para alcanzar estos escenarios son más que compensadas por los ahorros logrados por la descarbonización. En el **Escenario 1**, el beneficio neto social para la economía en el período 2016-2050 es de USD 0.4 MM de dólares a 2016. En primer lugar, existe una marcada reducción del costo del consumo de las fuentes primarias de energía. Esto es, el ahorro por el menor consumo de combustibles fósiles es mayor que las inversiones en generación eléctrica, transporte y el costo de suministro necesario para su reemplazo. En segundo lugar, siguen los ahorros por la mayor eficiencia energética de los sectores residenciales, comerciales y de servicios. En cambio, en los sectores productivos, salvo en la industria, existe un costo neto, aunque como se muestra, inferior a los beneficios esperados de implementar los vectores de descarbonización.

Como resultado podemos concluir que un mayor esfuerzo económico permite a su vez alcanzar mayores beneficios netos totales.

Figura 43: Valor presente neto (miles de millones de USD)

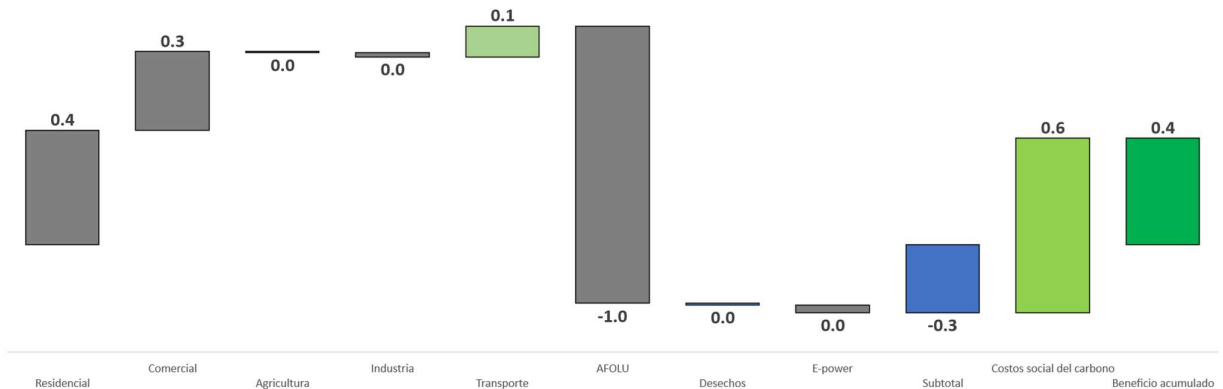


Figura 44: tCO2eq. evitadas



- (1) Los valores positivos indican beneficios netos y los negativos costos netos resultantes de las medidas por sector, a valor presente neto descontado a una tasa del 10%.
- (2) No considera el uso de redes inteligentes que permitan reducir el pico de demanda.
- (3) Por costo social de carbono se entiende al valor económico por la tonelada CO2eq. adicional de emisiones evitada. Calculado a USD 44 la tCO2eq.

Fuente: Análisis Deloitte

El camino hacia una transición justa

En el Acuerdo de París se reconoce la necesidad de que la transición sea rápida y equitativa para los trabajadores y para la comunidad. La transición la prosperidad y puede ser un motor clave en la creación de empleo. Implica tanto al Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) N°8 de la ONU que busca promover el crecimiento económico inclusivo y sostenible, el empleo el trabajo decente para todos, como al ODS N°13 centrado en adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.

Alcanzar el Objetivo N°8 implica la creación de +600 millones de nuevos empleos para 2030, siguiendo el ritmo de crecimiento de la población mundial en edad de trabajar. El cambio climático incontrolado podría revertir los logros en prosperidad económica, progreso social y reducción de la pobreza.

La reducción de emisiones de GEI implica cambios dentro y entre sectores económicos, así como cambios entre las diferentes regiones a nivel global. Una transición mundial hacia una economía sostenible y con bajas emisiones de carbono tiene efectos positivos y negativos en el empleo. A nivel general, en las industrias y servicios descarbonizadas la producción y el empleo crecerán, mientras que los sectores intensivos en energía y recursos probablemente se estancarán o contraerán. Esto resultará en:

- **Creación de empleos** dada por la expansión de productos, servicios e infraestructura de bajo consumo de carbono
- **Sustitución de empleos** como resultado de cambios en la economía en cuanto a eficiencia, menor contaminación en procesos de producción y descarbonización.
- **Eliminación de empleos** cuando las actividades económicas contaminantes y de uso intensivo de energía y materiales se reducen o se eliminan por completo.
- **Transformación y redefinición de empleos** cuando se respeten las prácticas laborales cotidianas, los conjuntos de habilidades, los métodos de trabajo y los perfiles laborales.

Otra dimensión que es importante tener en cuenta junto con el cambio en el número de puestos de trabajo es la calidad del empleo. Los empleos creados en la transición deben ser “decentes”, es decir que deben proporcionar ingresos adecuados y protección social, condiciones de trabajo seguras, respeto de los derechos en el trabajo y diálogo social. Además, los derechos de los trabajadores deben garantizar que tanto hombres como mujeres tengan igualdad de oportunidades, estén protegidos contra la discriminación, y tengan acceso a la política de licencias de maternidad y paternidad.

La escala y el alcance de estos cambios dependen de la velocidad y amplitud de los cambios tecnológicos y de mercado en la transformación verde. Tales impactos deben ser suavizados a través de la creación de políticas de transición justa para trabajadores afectados y su comunidad⁵¹.

En América Latina la descarbonización puede generar 15 millones de puestos de trabajo netos en la región para 2030: resultado de 22.5 millones de puestos de trabajo creados y 7.5 millones de empleos eliminados⁵².

⁵¹“Transición Justa de la Fuerza Laboral, y la Creación de Trabajo Decente y Empleos de Calidad”, Documento Técnico, Naciones Unidas.

⁵²“El empleo en un futuro de cero emisiones netas en América Latina y el Caribe”, Organización Internacional del Trabajo

La transición energética de Panamá generará 77,000 puestos de trabajo netos provenientes de la creación de 116,000 nuevos puestos de trabajo para el 2030 de los cuales 81,000 pertenecerán al sector de la construcción, 17,000 al de minería de cobre, otros 12,000 estarán relacionados a las energías renovables y los 6,000 restantes pertenecerán a la fabricación de insumos eléctricos. Por otro lado, 39,000 puestos de trabajo, relacionados especialmente a la cadena de valor ligada al petróleo y combustibles fósiles (33,000 puestos) ya la minería y generación de electricidad por carbón (6,000), se verán amenazados⁵³.

En el camino hacia una transición justa se deben identificar las mejores prácticas impuestas a nivel global. Se debe abordar el problema de la competitividad internacional a través de los precios del carbono y los ajustes fiscales en la frontera.

Cuatro recomendaciones que llevan a una transición energética justa para todos⁵⁴:

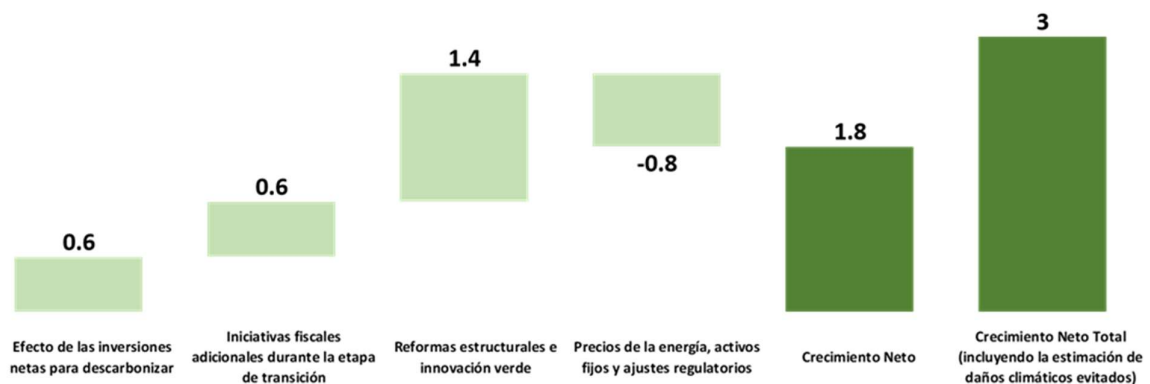
1. **Apoyar la intromisión de tecnologías eléctricas** a través de Bonos de Inversión de Transición Energética, Clusters Energéticos Nacionales sobre tecnologías de electrificación, Esquemas financieros innovadores para tecnologías maduras, Concientización.
2. **Gestionar el empleo y las oportunidades** a través de medidas sociales para los trabajadores (ej.: jubilación anticipada), nuevos programas educativos (ej.: economía circular) y el desarrollo e implementación de programas de capacitación.
3. **Abordar la pobreza energética** mediante la creación de un índice para medir la pobreza energética, la creación de subsidios/planes de protección social para hogares de bajos ingresos y/o la introducción progresiva de reformas de precios.
4. **Promover una redistribución justa de los costos de transición**, revisando los componentes de costos dentro de la factura de electricidad y/o eliminando impuestos/gravámenes indebidos de la factura de electricidad.

Una transición justa hace hincapié en un enfoque participativo de la sostenibilidad ambiental y social. El diálogo social que da voz a las preocupaciones y necesidades de trabajadores, empleadores y comunidades, afectados por la transición hacia cero emisiones netas, ayuda a crear confianza y forja el consenso.

Impacto en el PBI de las medidas de mitigación

La combinación de reformas económicas con políticas ambiciosas sobre el clima puede estimular el crecimiento económico al tiempo que moviliza la inversión necesaria para lograr objetivos climáticos a largo plazo. **Los resultados sugieren que una "transición decisiva" colectivamente puede propiciar un crecimiento económico de hasta un 3% si se considera el impacto de los daños climáticos evitados.**

Figura 45: Efectos positivos sobre el PBI en Panamá a 2050 (diferencia vs. BAU)



Fuente: Análisis Deloitte en base a Organización Internacional del Trabajo - "El empleo en un futuro de cero emisiones netas en América Latina y el Caribe", OECD "Investing in Climate, Investing in Growth" y "Just E-volution 2030" Study; Enel, Enel Foundation, The European House - Ambrosetti, 2019

⁵³Un análisis de Deloitte en base a lo publicado por la Organización Internacional del Trabajo en su artículo "El empleo en un futuro de cero emisiones netas en América Latina y el Caribe"

⁵⁴Análisis Deloitte en base "Estudio Just E-volution 2030"; Enel, Fundación Enel, La Casa Europea - Ambrosetti, 2019

El NDC de Panamá, estimula la reducción de GEI por parte del sector público y privado, además de brindar flexibilidad e incentivos para promover la transición hacia una economía de baja en carbono. Se requiere apoyo financiero para caminar al país a un desarrollo resiliente al cambio climático y bajo en emisiones.

Conclusiones



4. Conclusiones

Medidas NDC actualizadas vs resultados del modelo TIMES

Energía

En relación con la contribución en términos de emisión de GEI, para el 2050, Panamá reducirá sus emisiones en 24% y al menos 11.5% para 2030 en comparación con el BAU, que representa una reducción de alrededor de 60 millones de toneladas de CO₂e entre 2022-2050 y hasta 10 millones de toneladas de CO₂e entre 2022-2030.

Según los resultados del modelo TIMES, para el 2050 Panamá reducirá sus emisiones en 67% y al menos 21% para 2030 en comparación con el escenario de referencia, que representa una reducción de alrededor de 139 millones de toneladas de CO₂e entre 2022-2050 y hasta 14 millones de toneladas de CO₂e entre 2022-2030.

Sector no energético

En relación con la contribución en términos de emisiones GEI, se llevará a cabo la restauración forestal de 50.000 hectáreas, contribuyendo con aproximadamente 2.6 millones de toneladas de CO₂eq absorbido en 2050 en comparación al nivel de emisiones previstas para el escenario de referencia.

En cuanto al conjunto de medidas del sector USCUSS, se producirá un incremento en la capacidad de absorción de Carbono en un 40.68 MtCO₂eq. con respecto al Escenario de Referencia al 2050.

Cuando a este potencial de captura se le incorporan las emisiones del sector ganadero, de la generación de residuos y de los procesos industriales (no energéticos), llegamos a que el sector en su conjunto tiene un potencial de absorción de 44.58 MtCO₂eq., permitiéndole a Panamá compensando las emisiones del sector energético, manteniendo su carbono negatividad a 2050.

Resultados de la transición energética

Incrementar la capacidad de absorción de emisiones a 2050 le permitirá a Panamá alcanzar un beneficio total de USD 0.4 millones a valor presente, especialmente por los costos evitados de cada tonelada de CO₂eq. que se hubiera publicado.

Asimismo, esta transición representa una oportunidad para el mercado laboral, ya que permite generar de manera neta más de 76,881 puestos de trabajo a 2050, logrando a su vez un mayor grado de inclusión laboral para el segmento femenino en la industria ligada al desarrollo de las energías renovables.

Por último, ofrece al país la capacidad de crecer un 3% adicional en términos de generación del PBI, cuando se consideran las inversiones que se mantendrán para materializar esta transición y los daños climáticos evitados.

Comparativa con las NDC nacionales

Las NDC de Panamá, estimulan la reducción de GEI por parte del sector público y privado, además de brindar flexibilidad e incentivos para promover la transición hacia una economía baja en carbono. Para lograr este objetivo, se mantendrá el apoyo financiero para caminar al país a un desarrollo resiliente al cambio climático y bajo en emisiones.

A través de su NDC, Panamá se compromete a reducir sus emisiones al menos en un 11.5% a 2030 y en un 24% en 2050 en comparación con el escenario tendencial, lo cual representa una reducción de hasta 10 MtCO₂eq. entre 2022-2030 y alrededor de 60 MtCO₂eq. entre 2022-2050. Por su parte, el resultado del presente estudio se deriva que **una mayor ambición en términos de reducción de emisiones es posible.**

En tal sentido, al implementar las medidas de mitigación contempladas en la modelización del **Escenario 1**, Panamá podrá reducir sus emisiones en al menos 21% para 2030 y en un 67% a 2050 en comparación con el escenario de referencia. Esto representa una reducción de hasta 14 MtCO₂eq. entre 2022-2030 y alrededor de 139 MtCO₂eq. entre 2022-2050.

Recomendaciones de política energética para una descarbonización sostenible

5. Recomendaciones de política energética para una descarbonización sostenible

A partir del análisis de la visión a largo plazo del modelo energético panameño a 2050 y del período de transición, se plantean un conjunto de políticas a priori para direccionar a Panamá hacia una descarbonización eficiente.

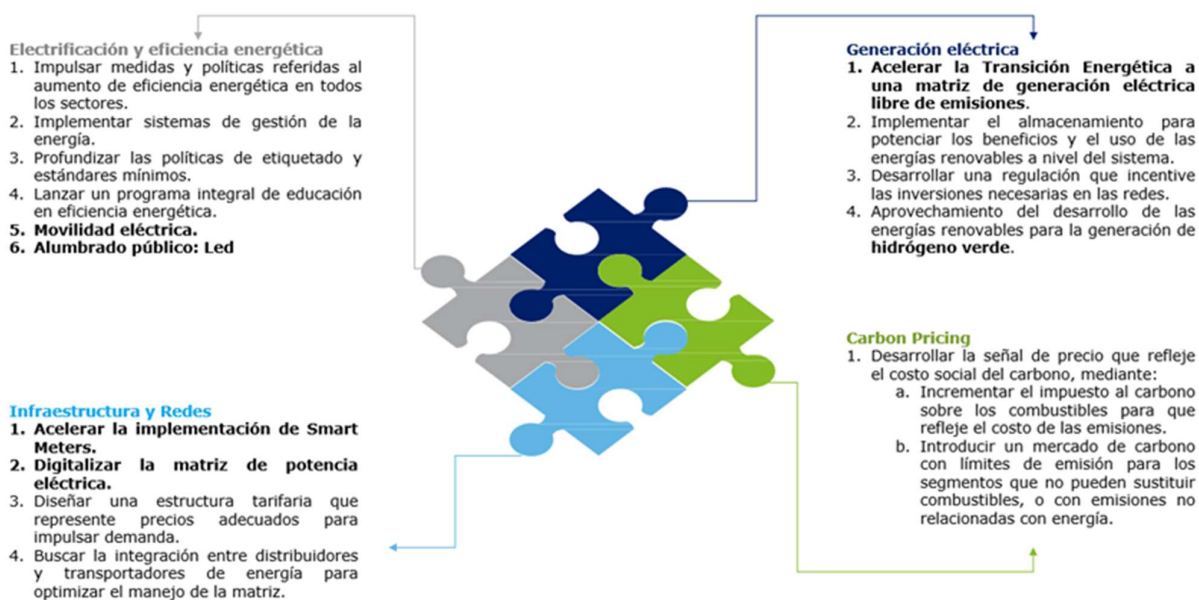
En primer lugar, se propone determinar los objetivos vinculantes de descarbonización de cara a 2030 y 2050 en todas las áreas que impactan en los niveles de demanda energética, las industrias relacionadas con la generación y transformación de energía, y sobre lo que respeta al sector no energético. Dentro de cada categoría, se debería apuntar a nivel de cada subsector con políticas concretas que modifiquen y alteren las condiciones, funcionamiento y niveles de eficiencia, entre otras cuestiones, para lograr los objetivos planteados en el marco de reducción de gases de efecto invernadero (GEI).

“Se propone determinar objetivos vinculantes de descarbonización de cara a 2030 y a 2050”

Se espera que estos objetivos y las políticas relacionadas sirvan de guía para entidades reguladoras con el fin de incentivar la descarbonización a nivel nacional, contando con el aporte de los distintos agentes económicos y los consumidores de energía.

A continuación, se puede observar un resumen de las recomendaciones incluidas en la presente sección.

Figura 46: Recomendaciones de política energética para direccionar nuestro modelo energético hacia la descarbonización



Fuente: Análisis Deloitte

5.1. Recomendaciones para la generación eléctrica a partir de una matriz verde

En el marco del Acuerdo de París, se propone una mayor utilización de la energía eléctrica como fuente de energía, dado el potencial que Panamá tiene para el desarrollo de dicho recurso. De hecho, cuenta con las condiciones necesarias para convertirse en uno de los mercados de energías renovables más atractivos de América Latina. La amplia variedad y disponibilidad de recursos naturales y la amplitud del territorio proporciona una diversidad de características geográficas y microclimas que pueden favorecer el desarrollo de distintos tipos de tecnologías.

El cumplimiento de los objetivos planteados en el **Escenario 1** para el año 2050 (mayor ambición en cuanto a la generación de potencial de captura de carbono) representa un esfuerzo en términos de reconversión de la matriz, respaldando la generación requerida para satisfacer las nuevas demandas (sean las mismas producto del crecimiento demográfico, del mayor nivel de actividad económica o de una mayor participación de la energía eléctrica en el consumo energético total) con el desarrollo, en especial, de las energías renovables no convencionales.

En materia de transformación de la matriz energética, el objetivo al que debe apuntar Panamá para propuestas en el **Escenario 1** es lograr una **penetración de las energías renovables tal que permita sustentar un 85% de la generación de energía eléctrica a 2030, y un 100% a 2050, apalancado principalmente por el desarrollo de energías renovables no convencionales, cuya participación debería alcanzar al 76% de la generación a 2050.**

A su vez, al considerar un diseño de matriz costo-eficiente que logre dar respuesta a la demanda de energía eléctrica, el resultado del ejercicio de modelización sugiere la necesidad de **desarrollar el potencial de generación distribuida, llegando a una potencia instalada total de 0.2 GW.**

Todas estas medidas, se darían en un marco de incremento de la demanda energética, donde **la electrificación de usos finales debería alcanzar una participación del 45% del consumo final de la energía**, pasando de un consumo total de 0.78 millones de toneladas equivalentes de petróleo en el año base a 2.07 millones en 2050.

A su vez, este crecimiento en los niveles de demanda energética, sumado a la necesidad de interconexión de las nuevas plantas de energía eólica y solar, **aumento de una inversión total de USD 4 MM, lo cual podrá expandir la red en un total de 3,743 kilómetros**

En definitiva, para poder llevar adelante todas estas transformaciones, se recomienda trabajar sobre los siguientes pilares:

Recomendación 1: Acelerar la Transición Energética a una matriz de generación eléctrica libre de emisiones.

La Ley N°69 de uso racional y eficiencia de la energía (UREE) es el puntapié inicial para establecer el diseño de la matriz eléctrica del futuro. A partir de los escenarios de planificación, se deben establecer las políticas e incentivos para satisfacer la nueva demanda de cara a 2050, nuevos proyectos y en qué fecha se espera incorporar el potencial hídrico relevado, cuál es la penetración de la generación renovable variable considerando la introducción de almacenamiento, el respaldo térmico compatible con el escenario planteado y el retiro de activos de generación térmica de baja eficiencia.

Esta planificación deberá considerar el costo mínimo para el usuario, tomando en cuenta además el costo social de la emisión de carbono. Para esto resultará necesario monitorear y actualizar periódicamente el plan elaborado en base a la evolución de los costos de las tecnologías.

La configuración esperada de la matriz debe dar lugar a una reforma del mercado eléctrico mayorista para que remunere de forma competitiva la generación de energía como el respaldo de potencia, diseñando un mercado de capacidad compatible con la alta penetración esperada de energía renovable variable. Entre las reformas se debe analizar si el costo marginal de corto plazo sigue demostrando una señal de precio eficiente no solo para el despacho de la generación a mínimo costo, sino para expandir la oferta, e introducir nuevos mercados de negociación o licitación de energía acorde a los cambios en el funcionamiento del mercado mayorista.

Recomendación 2: Impulsar el desarrollo de técnicas de almacenamiento de energía como soporte del desarrollo de las energías renovables, la mejora de la calidad de servicio y reducción de costos.

Los avances en la reducción del costo de almacenamiento con baterías han sido importantes en los últimos años y se espera que a partir de 2030 sean competitivos, o antes dependiendo del precio de los combustibles fósiles. Se debe considerar su utilización junto con la generación solar como capacidad firme para la satisfacción del pico de demanda anual.

El uso de este tipo de baterías, muchos de ellos modulares y portátiles, debe impulsarse para lo siguiente:

- En centrales del tipo renovable, para reducir los efectos de la adquisición de los recursos solares y eólicos sobre la variación de producción de este tipo de centrales (mitigando por lo tanto los efectos de la alternancia sobre la calidad de servicio eléctrico y la necesidad de utilización de reserva rotante de origen fósil como alternativa). Para este efecto, se debe destacar también los avances en electrónica de potencia que permiten resolver desbalances de suministro prácticamente en tiempo real (de manera automática). Esta práctica permitirá a este tipo de centrales ofrecer mayor firmeza en su producción, favoreciendo temas contractuales e incrementando fuertemente el factor de uso de estas.
- En la Transmisión, remplazando el uso de generación forzada ineficiente debido a restricciones en las redes de AT, por la disponibilidad de energía equivalente y de rápida respuesta dado el uso de la electrónica de poder.
- En la distribución, remplazando unidades de generación móvil (UGEMs) que consumen combustible fósil por baterías de última generación, las que no requieren logística de combustible para su operación y las que pueden operar de manera remota y automática tiempos de interrupción. Adicionalmente esta tecnología permitirá que el distribuidor incremente su participación en los servicios de "respuesta de demanda"
- En la demanda final, permitiendo al usuario hacer uso de la energía almacenada ante variaciones en la red y poder participar de servicio de "**respuesta de demanda**" (ver más adelante). En este sector, se recomienda que la legislación contemple que los **vehículos eléctricos puedan devolver energía a la red** en el momento que el sistema lo requiera (o en horarios preestablecidos) con una tarifa diferencial por bandas horarias y/o emergencia. Será necesario el impulso de medición inteligente y de sistemas electrónicos que permitan esta operación.

Estas prácticas tienden a reducir los costos operativos generales del sistema, pero se deberá tener en cuenta que:

- La autonomía del uso de baterías es limitada, por lo que la regulación deberá impulsar la reducción de los tiempos de interrupción y fomentar la eliminación de las restricciones de transporte, mediante políticas tarifarias que apunten en ese sentido, de otra manera el rendimiento técnico/económico analizado en base a estas prácticas no se alcanzará.
- Para que estas prácticas sean sustentables, se debe impulsar el objetivo de lograr una matriz energética la más descarbonizada posible, dado que en los momentos de "carga" de los recursos de almacenamiento, esto no se realizará en base al uso de carbón o equivalente fósil.

Por lo tanto, deberá impulsarse una regulación que no contempla solamente disponer de un nivel de remuneración para aquel usuario que disponga de sistemas de almacenamiento que permitan el desarrollo, si no también, que analice la evolución del sistema y su inserción.

Se deberá hacer foco en el desarrollo de estudios técnicos y económicos de los sistemas de almacenamiento para la definición de los mejores módulos de almacenamiento y tecnologías y su coordinación con el desarrollo de la matriz de generación.

De acuerdo con los resultados de nuestro estudio, el uso de baterías lleva una capacidad instalada de 0.2 GW a 2040, con un mayor grado de penetración en el largo plazo, alcanzando una capacidad instalada de 1.4 GW a 2050.

Recomendación 3: Impulsar técnicas de Gestión de Demanda (Respuesta de Demanda o *Demand Response*) y otros programas relacionados actualizando los valores de remuneración de estos servicios.

La "Respuesta de demanda", forma parte de la gestión de energía denominada "*Demand Response*" y en términos simplificado representa las acciones que un usuario del sistema eléctrico puede realizar en beneficio del sistema de abastecimiento en su conjunto, históricamente la primera acción a tener en cuenta es la de autocortar su propia demanda para evitar colapsos mayores en el sistema. Por esta acción el usuario debería recibir un beneficio económico.

El desarrollo de los sistemas de almacenamiento (incluido un nivel de usuario final) permite hoy día que la gestión de demanda pueda participar adicionalmente aportando energía a la red (es decir, no solo participar reduciendo demanda cuando se necesite, sino también aportando al sistema cuando este lo requiere).

Esta capacidad permitiría al agente (pudiendo este ser un Transportista, un Distribuidor o un usuario final, si la futura regulación lo permite, cosa que debería impulsarse) participar de otros servicios (Regulación primaria y secundaria de frecuencia, recorte de punta de carga, generación forzada y en definitiva los servicios equivalentes de un generador).

Estos servicios mejorarán de una remuneración acorde al nivel de inversión necesaria, teniendo en cuenta que no solamente deberán disponer de un sistema de almacenamiento, sino también, de sistemas de comunicaciones acordes a la operación, equipo electrónico de potencia que permita dicha operación, etc.)

Será necesario, por lo tanto, una revisión de los valores de remuneración, por ejemplo, de regulación primaria, secundaria, y los correspondientes a la gestión de reservas operativas (incluido arranque y parada) dado que la gestión de demanda podría tomar estos valores como referencia.

Además, la incorporación del almacenamiento en batería en temas técnicos como la regulación de frecuencia y reservas operativas debe contemplar marcos normativos que incentivan la contratación de servicios eficientes de flexibilidad para el parque térmico.

Recomendación 4: Propender a la integración energética con los países limítrofes.

La mayor cantidad de generación renovable no convencional (eólica y solar) requiere una mayor integración regional para gestionar los excedentes o déficits de generación local. Se requiere coordinar los sistemas de transmisión a nivel país con el objetivo de minimizar la reducción forzada de generación (curtailment) a nivel regional, permitiendo mayores intercambios. No obstante, es importante comprender que no solo alcanza con coordinar los sistemas de transmisión (parte técnica), dado que ya existen interconexiones, pero con bajo factor de uso como consecuencia de cuestiones políticas o criterios de seguridad del automóvil del país. Un ejemplo de ello es el Sistema de Interconexión Eléctrica para Países de América Central (SIEPAC), cuya red incluye una línea de transmisión a lo largo de 1,790 kilómetros con una tensión de 230 mil voltios y una capacidad de transmisión de 300 megavatios desde Guatemala hasta Panamá, un total de 15 estaciones de transmisión.⁵⁵ En este sentido, la interconexión eléctrica entre Colombia y Panamá es un complemento fundamental para la consolidación de la visión de integración regional. Construir dicha interconexión, y eventualmente de SIEPAC con el SINEA, permitirá a los países aprovechar la complementariedad de los recursos renovables que existen entre estas dos regiones, con el consiguiente beneficio en términos de ahorro de combustible, reducción de emisiones y aumento de la confiabilidad y seguridad de los sistemas ⁵⁶.

Recomendación 5: Priorizar el desarrollo de una regulación que incentive las inversiones necesarias en las redes como urgencia en el corto plazo.

Varios corredores del país se encuentran saturados, son insuficientes, y no garantizan el nivel de confiabilidad y por lo tanto son una limitación gravitante para el desarrollo económico del país. Además, se debe considerar que el sistema de transporte define la máxima calidad a ser percibida por los usuarios. Es decir, las distribuidoras no pueden "mejorar" la calidad recibida del transporte. El desarrollo de las nuevas centrales de generación requiere de infraestructura de transporte que deberá ser acompañado por un nuevo marco regulatorio. Pero no debe olvidarse que el objetivo último es atender el crecimiento de la demanda de potencia en los centros de consumo. La expansión del sistema de transmisión debe planificarse de modo tal que permita atender el pico de demanda del sistema y la integración regional. Esta inversión debe analizarse considerando los beneficios incrementales de todo el transporte energético.

⁵⁵<http://crie.org.gt/wp/siepac/>

⁵⁶EPR - <https://www.eprsiepac.com/contenido/interconexion-panama-colombia/>

La situación en las redes de distribución es similar con zonas que se encuentran saturadas y necesidades de inversión. A su vez se requieren inversiones adicionales para sanear algunos pasivos ambientales relacionados con materiales y equipo de AT que debido a su tecnología deben ser mejorados.

Este desarrollo en las redes de MT (sumando a la red de BT), llevará a que mejoren los índices de calidad juntamente con la reducción de la necesidad de generación forzada con combustible fósil haciendo que los tiempos de falla sean compatibles con la autonomía de sistemas de almacenamiento eficiente.

Propuesta regulatoria:

Para la planificación de la expansión de la red se deben considerar los nuevos desafíos que plantean una matriz diversificada y el crecimiento de las fuentes de generación renovable. Un diseño que tenga como objetivo prioritario eliminar o reducir la congestión que puede resultar en una extensión excesiva o innecesaria, producto de un bajo nivel de utilización. La red y su diseño deben considerar dónde se encuentra el mejor recurso disponible, pero también, cómo se optimiza la utilización de todos los recursos. El ejemplo tradicional es la complementariedad del recurso eólico con el respaldo hidroeléctrico, o la generación centralizada solar con respaldo de baterías. Pero, en última instancia, su diseño debe prever también una mayor descentralización, que, si significa un recurso algo menos eficiente, es ampliamente compensado por el ahorro en los costos de expansión del sistema interconectado.

Para la ejecución de las obras de infraestructura de líneas de transporte eléctrico de Alta Tensión se sugiere sea a través de licitaciones mediante un sistema de construcción-operación-transferencia (BOT, por sus siglas en inglés) a 20 años con la aplicación de beneficios impositivos tales como amortizaciones fiscales, exenciones de IVA para importaciones de Bienes de capital y reintegro anticipado de los créditos fiscales. El pago de la obra debería realizarse 50% por la Demanda y 50% por la generación. También se sugiere la Instalación de Baterías a lo largo de la Red de Transporte eléctrico para mejorar el factor de uso de capacidad de transporte en el que el arbitraje precios es decidido por el Organismo Encargado de Despacho.

Las inversiones en redes se requieren para poder garantizar un mayor nivel de electrificación de usos finales y el crecimiento de la matriz eléctrica, interconectando los nuevos proyectos eólicos, solares e hidroeléctricos para poder abastecer las nuevas demandas.

En comparativa de las inversiones requeridas en redes con respecto a un potencial desarrollo del gas natural, cabe aclarar que en el presente estudio se opta por efectivizar la inversión en redes dado que:

- 1. Según el Balance Energético Nacional de 2016 el consumo de gas natural es cero** (no forma parte de la matriz energética).
- 2. La presente Hoja de Ruta de Transición Energética propone en su Escenario 1 optimizar la capacidad de captura de carbono** (lo cual requiere entre otros factores, que se reduzcan al mínimo posible las emisiones del sector energético)
- 3. El modelo contempla soluciones costo-eficientes priorizando inversiones en tecnologías que se adecúen a la propuesta de transición.**

La herramienta TIMES concluye que el gas natural no forma parte de la estrategia a largo plazo que debe adoptar Panamá.

Recomendación 6: Potenciar los beneficios de la energía distribuida logrando la instrumentación completa de los beneficios de la ley de promoción de la energía distribuida, la adhesión de todas las regiones y una normalización de los precios de energía.

La regulación debería generar las condiciones necesarias para poder incentivar la conversión de usuarios a usuarios-generadores logrando así beneficios no solo para ellos mismos sino también para las empresas distribuidoras y el mercado eléctrico en general dado que el ingreso de generación distribuida operando en horas de punta de demanda descarga la subtransmisión y la distribución, permitiendo mayor flexibilidad de las redes eléctricas en conjunto con la mayor penetración de energías renovables.

Actualmente, el país cuenta con una Estrategia Nacional de Generación Distribuida (ENGED), elaborada con apoyo del BID, la cual se enmarca en los Lineamientos de la Agenda de Transición Energética 2030 y cuyo fin es el desarrollo del autoconsumo con fuentes nuevas, renovables y limpias. Además, contempla distintas acciones a partir de la generación distribuida como medida para incentivar la competitividad, promover la

creación de la figura del prosumidor, lograr metas climáticas, y como parte del plan de reactivación económica. En dicha estrategia, se estima que la generación distribuida podría lograr 1.7 GW a 2030⁵⁷

En línea con lo recomendado en el mediano plazo en la Estrategia Nacional de Generación Distribuida (ENGED) y extrapolándolo a 2050, la capacidad instalada de generación distribuida debería alcanzar 2.35 en el sector industrial, apalancado principalmente por fuentes de energía solar. En este sentido, se deberá incrementar las inversiones con el objetivo de generar un esfuerzo adicional de cara al cumplimiento de los objetivos fijados en nuestra Hoja de Ruta de Transición Energética.

Recomendación 7: Desarrollo del Canal de Panamá como oportunidad para contribuir a la descarbonización de las economías regionales y mundiales.

La transición energética en Panamá representará oportunidades y desafíos para el desarrollo del Canal de Panamá, así como la generación de capacidades y tecnologías que permitirán el aprovechamiento de los recursos naturales de una manera sustentable.

Si bien la actividad del Canal en 2021 contribuyó a reducir las emisiones de CO₂ a la atmósfera en 16 millones de toneladas, al ofrecer la ruta más corta para los barcos en comparación con las demás alternativas posibles, deberá continuar avanzando en su estrategia medioambiental con el objetivo:

- **Convertirse en carbono neutral en el año 2030:** en línea con el Plan de Descarbonización, el cual contempla medidas para reducir su impacto ambiental y, de esta forma, lograr desarrollar su actividad de manera más responsable y sostenible a largo plazo, se deberá llevar a cabo a cabo la incorporación de automóviles eléctricos con el fin de sustituir la flota actual de vehículos que utilizan combustibles fósiles, el reemplazo de fuentes de energía tradicionales por otras renovables (solar e hidráulica), y la implementación de acciones de conservación de agua y optimización del tránsito para, así, maximizar la eficiencia operativa y ambiental del Canal. Además, se deberán implementar nuevos programas de incentivos económicos que permitan proteger la cuenca hidrográfica a partir de nuevas soluciones.
- **Posicionarse como Hub de hidrógeno verde contribuyendo a la descarbonización de toda la región:** dado que los costos del hidrógeno verde variarán con el potencial de las energías renovables, es decir que un mayor potencial representará un costo menor, Panamá podría obtener una ventaja competitiva con respecto al resto de los países de la región. De esta manera, a partir de una industria ampliada y una normativa apropiada podrían producir hidrógeno verde a un bajo costo. Estos precios harían al hidrógeno altamente competitivo en comparación con cualquier proyección de costos de combustibles fósiles. De esta manera, se podría abastecer a la aviación con combustible sintético con hidrógeno, transporte marítimo internacional con amoníaco y al transporte terrestre con combustibles de menor contenido de azufre. Además, los subproductos del hidrógeno se distribuirían a la región.

De acuerdo con esta serie de medidas y en base a los resultados de nuestro estudio, el consumo de hidrógeno verde para el transporte marítimo debería ser de 0.05 millones de TEP a 2050, utilizados principalmente para el transporte de carga y de pasajeros.

Recomendación 8: Acelerar la implementación de medidores inteligentes acompañado de un plan de comunicación por parte del gobierno sobre los beneficios de la tecnología

La red eléctrica es una infraestructura clave en toda sociedad, y lo será aún más en la transición energética. Una red moderna e inteligente que incorpore las tecnologías de información y la internet de las cosas permitirá obtener mayores beneficios. Los medidores inteligentes son el corazón de las redes inteligentes que permiten la medición del flujo bidireccional de la energía y son condición habilitante de la energía distribuida, el manejo eficiente de la demanda y de los servicios que brinde la electromovilidad mediante cargadores bidireccionales a la red. Modernizar la red para hacer la más "inteligente" y más resiliente mediante el uso de tecnologías, equipos y controles de vanguardia que se comuniquen y trabajen en conjunto para suministrar electricidad de manera más confiable y eficiente redundando en mejores servicios a los usuarios, entre otros reducir en gran medida la frecuencia y duración de los cortes de energía, y restaurar el servicio más rápido cuando ocurran interrupciones.

⁵⁷BID - <https://blogs.iadb.org/energia/es/panama-trazos-de-transicion/#:~:text=La%20Estrategia%20Nacional%20de%20Generaci%C3%B3n,contaminaci%C3%B3n%20local%2C%20sino%20tambi%C3%A9n%20econ%C3%B3micos.>

El consumo de energía no es homogéneo a lo largo del tiempo. La red de distribución debe expandirse atendiendo a la demanda máxima que se espera en el futuro. Este diseño tradicionalmente se ha realizado en base a la experiencia pasada de consumo. No obstante, a futuro se esperan cambios sustanciales en el perfil de consumo de los usuarios, que resulta fundamental poder anticipar para optimizar las inversiones. La implementación inmediata de un plan de introducción de medidores inteligentes tiene como objetivo proporcionar esa información.

Los medidores inteligentes además permiten obtener beneficios inmediatos. Entre ellos se destacan minimizar las pérdidas de la red y la reducción del costo operativo de los servicios públicos (costo de lectura del medidor). Los consumidores podrán administrar mejor sus propios costos y consumo de energía porque tienen un acceso más fácil a sus propios datos, con un acceso a la información de consumo en tiempo real y nuevas herramientas para auto gestión del consumo, permitiendo la mejora en los hábitos de consumo. Las empresas de servicios también se benefician de una red modernizada, que incluye seguridad mejorada, cargas máximas reducidas, mayor integración de las energías renovables y menores costos operacionales. La implementación de los medidores inteligentes permitirá la implementación de tarifas horarias/diferenciadas, adicionalmente permitirá a las distribuidoras, mejorar la calidad del servicio, disminuir tiempos de atención de reclamos (servicio y comerciales), agilizar la atención de solicitudes (corte y reconexión), realizar medición remota, detectar oportunamente fraudes; y realizar servicios de gestión de la demanda. Una implementación masiva permitirá la incorporación de los beneficios relevantes de la tecnología y el desarrollo de nuevos perfiles y competencias en los proveedores de servicio, para la instalación, configuración y mantenimiento de los equipos y finalmente crearía la necesidad para realizar la producción de equipos en el País. Además, se mejorará la calidad de servicio ya que las empresas distribuidoras podrán acceder a diferentes estrategias para limitar la potencia consumida por cada cliente conectado a un CT que en ese momento se encuentre saturado. De esa forma se evitará la salida de servicio de un CT por sobrecarga.

Propuesta regulatoria:

- Se propone el reemplazo masivo de los medidores tradicionales existentes por medidores inteligentes en un período de 8-10 años financiado a través de un cargo específico a la demanda.
- Para los nuevos edificios se propone que se instalen únicamente indicadores inteligentes en las unidades funcionales pagando el costo de conexión equivalente al "costo de conexión especial" que podrá ser financiado en cuotas por el distribuidor.
- Se debe dar la posibilidad al usuario de optar por la instalación de medidores prepago y así lograr autorregular su consumo e iniciar la práctica de nuevos hábitos de eficiencia energética en sus hogares.

Actualmente, Panamá aplica el costo de la implementación de esta tecnología a la tarifa cobrada a los usuarios.

Recomendación 9: Digitalizar la matriz de potencia eléctrica reconociendo el rol que cumple en la transición energética

La transformación digital, junto con la electrificación, favorece la transición de todo el sector de la energía, desde la gestión de las centrales de generación eléctrica hasta los nuevos servicios para los consumidores, pasando por las redes inteligentes.

Uno de los aspectos más importantes, junto a la descarbonización de la matriz de generación eléctrica, es la digitalización, que debería transformar los procesos de producción, distribución y consumo de energía. La digitalización de la matriz eléctrica debe ser impulsada con prioridad, manteniendo al día el uso de las nuevas tecnologías.

La digitalización apunta principalmente a mejorar la calidad de servicio del sistema de abastecimiento en su totalidad, reducir tiempos de desabastecimiento y costos operativos y lograr satisfacer los crecimientos de demanda de manera ordenada y previsible y la mejor utilización de los nuevos recursos de suministro.

La transición energética es un fenómeno que va más allá de la simple generación de electricidad limpia ya través de la digitalización, interesa a todos, tanto productores como consumidores.

La digitalización de la energía debería impulsarse en:

- Centrales de generación no solamente en renovables, sino también en convencionales, impulsando en aquellos que todavía no lo tienen y hasta donde la tecnología lo permita, la operación automatizada. Difundir el uso de softwares innovadores que permitan observar eventuales datos anómalos y por lo tanto detectar un riesgo potencial. Maximizar el mantenimiento predictivo e identificar en tiempo real acciones que permitan mejorar la eficiencia de las centrales. Los programas para impulsar

podrían basarse en algoritmos de aprendizaje automático e inteligencia artificial.

- **Redes de Transmisión:** En las redes de EAT y AT las primeras soluciones utilizadas hoy día son los equipamientos de telecontrol, que permiten la operación a distancia de los mismos en condiciones normales o ante una falla, y la automatización de algunas acciones basadas en sistemas inteligentes (Sistemas de DAG, DAD, RAG o RAD, muy difundidos en nuestra red de 500kV y 132kV) adicionalmente muchas estaciones transformadoras en esos niveles de tensión hoy son totalmente automatizadas y operadas a distancia.
Se deberá recomendar el avance en el uso de sistemas de inteligencia artificial para la operación y mantenimiento de estas redes, uso de realidad virtual y simulación 3D para la operación y control en tiempo real.
- **Redes de distribución:** impulsar iniciativas que generan un alto impacto en el incremento de la resiliencia de la red frente a las consecuencias de eventos climáticos; el telemando en redes de MT y BT, mejoran de forma significativa a la calidad del servicio prestado a los clientes; el empleo de drones para la inspección de las redes, la aplicación de realidad aumentada en tareas presenciales, la elaboración de los gemelos digitales de la red (réplica digital 3D), que entre otras ayudas contribuyen a la aceleración de los tiempos a la hora de realizando y planificando tareas de reparación, ampliación y renovación dentro de las mismas, aportando al mismo tiempo de relevancia a la seguridad de los trabajadores en la ejecución de dichas actividades.
- **Consumidor:** La digitalización a nivel de usuario favoreciendo el proceso de transición energética. Los beneficios que la digitalización brindará a los clientes serán las interfaces digitales gracias a las cuales los nuevos indicadores inteligentes facilitarán información casi en tiempo real sobre consumo y producción y habilitarán los nuevos servicios escucharán como la respuesta a la demanda además de proporcionar soluciones inteligentes a distancia para gestionar sistemas de seguridad, uso de electrodomésticos, regulación de temperatura, etc.
Los clientes pasarán de ser usuarios pasivos e inconscientes a protagonistas activos y exigentes del sistema eléctrico, aumentando su propia conciencia energética.
Para los prosumidores, o sea los clientes que son al mismo tiempo productores y consumidores de energía, gracias a la digitalización ellos también contribuyen a su vez a crear una matriz eléctrica con menos emisiones.

A través de la incorporación de tecnología y soluciones digitales innovadoras se logrará un sistema de abastecimiento resiliente, participativo y sustentable.

- a) **Resiliente** para que la red sea capaz de soportar los efectos que ya vivimos del cambio climático garantizando un servicio esencial que cada vez será más relevante con la electrificación;
- b) **Participativo** dado que el cliente jugará un rol activo y central. En este nuevo esquema de interacción, los usuarios pasan a convertirse en un componente activo en la que no solo demandan energía procedente de las redes, sino que también evolucionan para convertirse en protagonistas que aportan al equilibrio consumo-producción, incorporándose como un agente que es capaz de suministrar energía al sistema cada vez que tiene la posibilidad de realizarlo. Mas allá de lo anterior, los usuarios ya no solo demandarán energía eléctrica, sino que al mismo tiempo transitarán hacia requieren nuevos servicios, orientados especialmente hacia la gestión de sus consumos y más importante aún, a la adquisición de datos para la toma de decisiones. Es en este escenario que los DSO se vuelven actores fundamentales para afrontar los nuevos requisitos de los usuarios.
- c) **Sustentable** aumentando los esfuerzos para garantizar el 100% de acceso a la energía en condiciones de calidad y seguridad, ya su vez apareciendo condiciones de generación de empleo, desarrollo socio económico y mejorando su calidad y aplicando un enfoque industrial circular.
Las actualizaciones de la matriz también permitirán un uso mayor y más eficiente de los recursos, reducirán la pérdida de electricidad debido a la transmisión a largas distancias y excluirán el uso localizado de nuevos tipos de generación y almacenamiento de electricidad. En general, la creación de una matriz eléctrica más inteligentes da como resultado un mejor sistema eléctrico.

Recomendación 10: Diseñar una estructura tarifaria que represente precios adecuados para impulsar una respuesta activa por parte de la demanda

- Deben establecerse medidas específicas que garanticen la disponibilidad de redes de telecomunicaciones de alto rendimiento a un precio adecuado para permitir completamente redes eléctricas inteligentes. Un requisito previo es tener una amplia disponibilidad en el territorio, a costos adecuados, de redes de telecomunicaciones con características de baja latencia y omnipresencia. Deben promoverse los servicios de conexión ad hoc a precios "atractivos" por parte de las empresas de telecomunicaciones.

- Deberían requerir procedimientos basados en incentivos y simplificados para la adopción de tecnologías inteligentes por parte de los consumidores a fin de involucrarlos activamente en el sector de la energía. A través de tales tecnologías, los consumidores podrán leer fácilmente los datos e información sobre el consumo y tomar sus decisiones de consumo en consecuencia. La adopción tecnológica debe incentivarse al menos en las primeras etapas de implementación de *Smart Grids*. El procedimiento para vincular dispositivos inteligentes y dispositivos con indicadores inteligentes debe ser simple y no discriminatorio para los consumidores. Una toma más rápida de electrodomésticos inteligentes por parte de los consumidores debería ser impulsada por medidas destinadas a superar barreras no económicas. Las iniciativas de financiación (por ejemplo, distribución de riesgos y líneas de crédito dedicadas), respaldadas efectivamente por campañas de información podrían, permitir a los operadores promover tecnologías inteligentes y que los consumidores las utilicen para responder a la demanda.
- La estructura tarifaria debe diseñarse de modo que envíe señales de precios adecuados que puedan impulsar *Demand Response* y los comportamientos energéticos eficientes. Deben promoverse tarifas dinámicas y tarifas de tiempo de uso para dar la señal de precio correcto a los consumidores, pasando el costo real de la energía del mercado mayorista al minorista. Con respecto a las tarifas de red, considerando que los costos subyacentes asumidos por los operadores de red están relacionados con la capacidad, debería existir una mayor proporción de componentes relacionados con la capacidad. Además, los costos que no están directamente relacionados con el costo industrial de servir, como los costos de la política energética, impuestos y gravámenes, deben eliminarse de las facturas de electricidad para evitar la introducción de sesgos tecnológicos.

Recomendación 11: Buscar la integración entre los distribuidores y la empresa de transmisión de energía para optimizar el manejo de la matriz

Una regulación que aproveche el rol de los distribuidores y promueva una interacción bien diseñada entre estos y la empresa de transmisión (ETESA) es fundamental para optimizar la piedra angular de los recursos en las comunidades locales. Los municipios, las empresas proveedoras de servicios públicos y los distribuidores pueden cooperar para optimizar el desarrollo de la infraestructura mientras se aprovechan las posibles sinergias y se evitan las duplicaciones. Esto incluye, por ejemplo, sinergias entre los sectores energéticos, como la medición múltiple, el transporte o las sinergias entre la electricidad y las infraestructuras de Telco (por ejemplo, alojamiento/alquiler). Con el objetivo de reducir los costos generales para los clientes finales y evitar pérdidas de energía, las intervenciones de los distribuidores deben permitirse e incentivarse económicamente. Además, como actores regulados encargados del mantenimiento de la infraestructura energética, las distribuidoras podrían desempeñar un papel para acelerar el despegue de una infraestructura de recarga interoperable para la movilidad eléctrica en espacios públicos, en particular desarrollando un nivel óptimo de puntos de recarga, accesibles a terceros sobre una base no discriminatoria.

Recomendación 12: Establecer a la Eficiencia Energética como política de Estado, para lo cual se promueve el desarrollo de una Ley de Eficiencia Energética más ambiciosa

Si bien Panamá cuenta con la Ley 69 de Uso Racional y Eficiencia de la Energía (UREE), la cuál propone las medidas necesarias para reducir el gasto en energía y con ello mejorar los niveles de competitividad dentro de los sectores industrial, comercial y la sociedad en general, al igual que disminuir la dependencia de los combustibles fósiles tradicionales y sus derivados, será necesario realizar una profundización en los siguientes aspectos:

- Impulsar medidas y políticas más ambiciosas referidas al aumento de eficiencia energética en todos los sectores, reducir el impacto sobre el medio ambiente y asegurar el suministro de energía para el país.
- Implementar nuevos sistemas de gestión de la energía.
- Crear la figura del usuario con capacidad de gestión: la gestión energética debería ser llevada a cabo por el propio usuario, en el caso de que se trate de grandes usuarios, o por el distribuidor, para el caso de usuarios chicos como residencias.
- Implementar y promover el etiquetado y los estándares mínimos (para establecer niveles máximos de consumo energético y mínimos de eficiencia energética de todo equipo consumidor).

- Desarrollar una regulación específica para construcciones, aplicada tanto a nuevas como existentes, que establezca estándares de cumplimiento mínimo y obligatorio en eficiencia energética, referidos particularmente a la construcción (aislamiento térmico y climatización mediante aberturas y cerramientos, iluminación natural, etc.).
- Lanzar un programa de educación en eficiencia energética, dirigido a los niveles escolares y superiores, y que involucre cursos, seminarios, capacitaciones y autodiagnósticos.
- Fomentar la investigación y desarrollo (I&D) en eficiencia energética, brindando incentivos fiscales a las empresas que invierten en I&D en Eficiencia Energética (Internet de las Cosas y la investigación en Ciudades inteligentes).

Recomendación 13: Satisfacer la creciente demanda de energía, abordando el cambio climático y los impactos sociales y de género

En el Acuerdo de París se reconoce la necesidad de que la transición sea rápida y equitativa para los trabajadores y para la comunidad. La transición y la prosperidad pueden ser un motor clave en la creación de empleo.

En este sentido, se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones para lograr que los beneficios lleguen a los más necesarios y se materialicen en la generación de empleo:

- Apoyar la intromisión de tecnologías eléctricas;
- Gestionar el empleo y las oportunidades utilizando técnicas de *upskilling* (enseñar a un trabajador nuevas competencias para optimizar su desempeño con mayor especialización) y *reskilling* o reciclaje profesional (formar a un empleado para adaptarlo a un nuevo puesto con mayor versatilidad);
- Abordar la pobreza energética;
- Promover una redistribución justa de los costos de transición.

Por su lado, el Ministerio de Ambiente de Panamá ha desarrollado el Programa Nacional "Reduce tu Huella", dirigido a todas las organizaciones que tengan interés en la gestión de su huella de carbono e hídrica. De esta manera, se implementará el Manual de la Declaratoria "Las 50 Primeras Organizaciones Carbono-Neutro", dirigido a organizaciones interesadas en aumentar su competitividad y establecer un compromiso de neutralidad de carbono al 2050, en línea con el objetivo a largo plazo del Acuerdo de París y la acción climática a nivel nacional. Dicha declaración fue establecida por medio de la Resolución Ministerial DM-0358-2020, la cual fue modificada por la Resolución Ministerial DM-0382-2021. En este sentido, el sello de "Las 50 Primeras" es un reconocimiento por la actuación temprana de cincuenta (50) organizaciones establecidas en Panamá que definan un compromiso voluntario de neutralidad de carbono al 2050, en línea con el objetivo a largo plazo del Acuerdo de París de limitar el aumento de la temperatura media global en 1.5 grados centígrados. **El programa "Reduce tu Huella" ha permitido contribuir a la generación de puestos de trabajo ya la creación de nuevas empresas en el sector de la economía circular.**

Este programa deberá estar acompañado de programas de capacitación que generen un cambio en los patrones de conducta en la sociedad civil corporativa y que permitan reconocer la responsabilidad social, individual y colectiva hacia la implementación de nuevas prácticas sustentables.

5.2. Recomendaciones dirigidas a la reducción de emisiones en los sectores residencial, comercial y de servicios públicos

Las medidas de mitigación relacionadas a los sectores residencial, comercial y de servicio público se refieren a la necesidad de adoptar el cambio tecnológico para lograr un uso más eficiente de la energía. Asimismo, se busca el reemplazo de tecnologías generadoras de emisiones de gases de efecto invernadero por tecnologías eléctricas (de cero emisiones directas), de acuerdo con las metas fijadas en términos de electrificación de usos finales.

Implementar estos medios por supuesto, que se definan códigos de edificación que sean consistentes con la introducción de estas nuevas tecnologías y que se lean las edificaciones existentes con el mismo fin.

En este sentido, el gobierno de Panamá ha desarrollado la Guía de Construcción Sostenible⁵⁸ del 24 de noviembre de 2016, la cual permite generar un ahorro de energía en edificaciones e implementar medidas para el uso racional y eficiente de la energía. Su principal objetivo es analizar prácticas sostenibles para mitigar el impacto del sector de la construcción, desarrollar un marco regulatorio para reducir el consumo de energía en las edificaciones nuevas y fijar los objetivos ambientales de disminución del consumo de energía y los potenciales niveles de ahorro que se generarían a partir de la implementación de prácticas y tecnologías costo-eficientes.

En dicha guía se desarrollan las medidas pasivas, a incorporar en el diseño arquitectónico de la edificación para reducir el consumo de energía y medidas activas, relativas a los sistemas mecánicos y eléctricos, que tienen como fin reducir el consumo de energía en los equipos. Estas últimas son aquellas que se incorporan en el diseño arquitectónico de las edificaciones y propenden por el aprovechamiento de las condiciones ambientales del entorno, maximizando las fuentes de control térmico, ventilación y reducción energética para crear condiciones de confort para sus ocupantes. Por su parte, las medidas activas comprenden el uso de sistemas mecánicos y/o eléctricos para crear condiciones de confort al interior de las edificaciones, tales como calderas y aire acondicionado, ventilación mecánica, eliminación eléctrica, entre otras.

Es necesario continuar promoviendo este tipo de programas con el objetivo de generar un máximo aprovechamiento de las condiciones ambientales del entorno, maximizar las fuentes de control térmico, ventilación y reducción de energía.

De esta manera, **la introducción de tecnologías más eficientes, permitirán reducir el consumo energético en un 25% a 2050 con respecto a los valores proyectados en el escenario tendencial, permitiendo una reducción del nivel de emisiones del 28% en el mismo año.**

A efectos de lograr estos impactos positivos se propone:

Recomendación 14: Promover la reducción de emisiones de los sectores residencial y comercial.

- Lanzar campañas de información que remarquen las ventajas de la electrificación en materia de reducción de emisiones y que propongan medidas para lograrla, y promover la adhesión a este programa de cambio con incentivos económicos y financiamiento. Se busca de esta manera:
 - **Reemplazo de estufas a GLP por estufas eléctricas:** analizando las proyecciones en términos de costo nivelado de la energía y la estructura de la matriz definida en la presente Hoja de Ruta de Transición Energética, el de la electricidad tendería a reducir el precio volviéndose las tecnologías eléctricas más competitivo y, por lo tanto, propiciando el recambio tecnológico por parte del consumidor para ahorrar costos. Por otro lado, **se deberá revisar el actual sistema de subsidios al GLP con el objetivo de brindar señales de precios correctos y fomentar el uso de energías limpias.**
 - **Reemplazar tecnologías existentes por eficientes en el rubro "refrigeración":** incrementar la adopción de políticas que acompañan la utilización de equipos y técnicas de alta eficiencia energética. En este sentido, **Panamá deberá alcanzar un 100% de adopción de las técnicas y tecnologías mencionadas en su Guía de Eficiencia Energética⁵⁹.**
 - **Reemplazar luminarias tradicionales por luminarias LED,** siguiendo las tendencias del mercado que apuntan a que se dejen de comercializar las lámparas halógenas. **Para lograr los resultados de reducción de emisiones a 2050, se deberá alcanzar un 100% de adopción de luminarias LED en el sector.**

A partir de estas medidas, se espera que haya una reducción de los costos de la energía eléctrica derivada de los costos nivelados de energía renovable.

- Asegurar que la tarifa eléctrica sea una señal de precio que recoja los costes reales del suministro, eliminando aquellos sobrecostos derivados de políticas que distorsionen la señal de precio.

⁵⁸ Gobierno de la República de Panamá - https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/28165/GacetaNo_28165_20161124.pdf

⁵⁹ Secretaría Nacional de Energía - <https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/29285/84966.pdf>

- Desarrollar campañas de concientización sobre emisiones en edificios y equipamiento.
- En lo que respecta al sector comercial, se deben establecer obligaciones, sujetas a revisión e inspección, de realizar inversiones en eficiencia energética, al mismo tiempo en que se crean incentivos (beneficios fiscales, por ejemplo) y se facilita el acceso al financiamiento para que se desarrollan proyectos atractivos.

Recomendación 15: Promover la reducción de emisiones del sector público.

- Definir un plan de adaptación de los edificios públicos que se vayan inaugurando a futuro (tales como colegios y hospitales), para que se encuentren aptos para la utilización de artefactos eléctricos.
- Reemplazar paulatinamente los artefactos no eléctricos por eléctricos en los establecimientos públicos existentes.
- Incorporar un plan de traspaso de luminarias tradicionales a tecnología LED a través de programas de licitación pública para efectuar dichos reemplazos.

5.3. Recomendaciones dirigidas a la reducción de emisiones en el sector transporte

El desarrollo del Vehículo Eléctrico a Batería (VEB) es la apuesta más importante para descarbonizar el sector transporte. Para lograr una acelerada curvada de adopción del VEB debería seguirse una política de promoción del vehículo eléctrico, con incentivos para adoptar la tecnología y controlar la circulación de autos a combustión interna, y en particular promover la electromovilidad en el transporte público de pasajeros, así como el uso de vehículos no motorizados. **En este sentido, a partir del 1 de enero de 2023, entrará en vigor la Ley N°295 del 25 de abril de 2022⁶⁰, que incentiva la movilidad eléctrica en el transporte terrestre y cuyo propósito es “reducir la emisión de gases de efecto invernadero aumentar el uso de energías renovables”.** Esta ley establece la incorporación de nuevos incentivos fiscales aprobados por el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), así como también la implementación de medidas e incentivos no fiscales en los sectores público, privado y académico tales como:

- **Exoneración del impuesto selectivo al consumo:** los vehículos eléctricos estarán exentos del pago del impuesto selectivo al consumo (ISC) en su totalidad (actualmente es del 5%) hasta el 31 de diciembre de 2030, y será del 5 % a partir del 1 de enero de 2031. Sin embargo, la importación de dichos vehículos estará sujeta al pago del 7% del impuesto de transferencia de bienes corporales muebles y la prestación de servicios (ITBMS).
- **Exoneración del pago de placa:** los vehículos eléctricos nuevos y los ya existentes serán beneficiados con la exoneración del pago de trámite de placa de circulación vehicular por un período de cinco años. Los municipios gestionarán la exoneración del pago desde la fecha de compra de vehículos eléctricos nuevos, ya partir de la fecha de promulgación de la ley para vehículos eléctricos adquiridos con anterioridad.
- **Estacionamientos preferenciales:** las instituciones públicas, centros comerciales y proyectos inmobiliarios habilitarán estacionamientos preferenciales para vehículos eléctricos, los cuales tendrán distintivos y señales de color verde. La disponibilidad de estos estacionamientos deberá ser dimensionada para suministro, por lo menos, el 15% de los estacionamientos individuales de cada espacio.
- **Estaciones de carga:** los proyectos inmobiliarios, residenciales y comerciales podrán establecer las condiciones y especificaciones para habilitar salidas de cableado eléctrico, viabilizando la instalación de estaciones de carga. En el caso de nuevos proyectos, debe incluir en sus planos de construcción como mínimo una estación de carga de vehículos eléctricos. Además, las estaciones de carga del vehículo deben incluir un medidor para cada punto de carga que permita diferenciar y medir la energía consumida (kWh) únicamente por el eléctrico. También se autoriza a instalar plantas de generación de energías renovables, como alternativa energética para las estaciones de carga de vehículos eléctricos.

⁶⁰Gaceta Oficial - https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/29523_A/GacetaNo_29523a_20220425.pdf

- **Generación de energía:** esta ley permitirá al ciudadano revender energía para cargar los vehículos eléctricos y lo relativo a la comercialización del servicio de carga, autoriza a crear modelos de negocio libre a personas naturales y jurídicas cumpliendo con todas las disposiciones y fiscales legales a nivel nacional. Además, este documento, en su nuevo artículo 16, indica que las empresas distribuidoras podrán establecer estaciones de carga dentro de su zona de concesión y brindar el servicio de carga de vehículos eléctricos, lo cual no estará subsidiado por el Fondo de Estabilización Tarifaria.
- **Movilidad Eléctrica:** las instituciones públicas del Gobierno Nacional, autónomas y semiautónomas deben reemplazar de manera progresiva su flota de vehículos que utilizan combustible, por autos eléctricos. **El artículo 4 indica que hacia 2025 un 10% de vehículos de entidades públicas y del transporte colectivo y selectivo, deben ser eléctricos; en 2027 ese porcentaje aumenta un 25% y en 2030 será de un 40% de autos eléctricos.** El incumplimiento provocará la cancelación del certificado de operación.

Como consecuencia, en el **Escenario 1** se logra una curva acelerada de penetración de mercado alcanzando un **25% de participación de mercado al 2030 y una participación del 84% al 2050.**

Recomendación 16: Fomentar la movilidad sostenible en el transporte ligero

- Acelerar el cronograma de introducción de normativas que limitan la contaminación ambiental y de consumo de combustible procedente de automotores con motores de combustión interna. Panamá, en línea con los cambios internacionales que se producen en el sector, debe avanzar rápidamente a la convergencia de las normas internacionales más exigentes, presentar plazos claros y perentorios para su cumplimiento.
- Introducir en el marco de las normas antes mencionadas, un objetivo de emisión de dióxido de carbono a nivel de flotación por fabricante o importador, con límites crecientes a la emisión de GEI y/o mecanismos tipo súper-créditos. Incluir una meta mínima a 2030 y 2050 de participación en las ventas al mercado interno de vehículos híbridos o eléctricos a batería, tendrá suficientes incentivos necesarios para alcanzar las metas establecidas.
- Las metas e instrumentos deben ser planificadas con suficiente tiempo de antelación y discusión para que sea la futura base de la configuración de la industria automotriz.
- El desincentivo a la compra del auto a combustión interna deberá lograrse a través de mayores impuestos tanto a su compra como en el uso de este, incluyendo los impuestos en el combustible.
- Complementar los objetivos de penetración de vehículos eléctricos impuestos con incentivos a su adquisición o reemplazo de vehículos a combustión con alta antigüedad, incluyendo exención a internos y montos mayores en la desgravación en el impuesto general a las ventas (IGV) y el impuesto a la renta. **Los resultados del estudio nos muestran que, para lograr la descarbonización del sector transporte, se requerirá que a 2030, el 25% de la flota de automóviles sea eléctrica, mientras que para el 2050, esta participación deberá llegar al 84% de la flota**
- Establecer medidas que reduzcan el tráfico de vehículos convencionales, restringiendo su circulación, especialmente en los centros urbanos, promocionando el auto eléctrico otorgando beneficios en el estacionamiento en la vía pública, o fomentando los esquemas de movilidad alternativa al vehículo, como bicicleta y transporte público.
- Incentivar la electrificación del total del transporte público urbano. La primera medida es completar la electrificación de los buses que circulan a Diésel. **En un escenario que apunte a optimizar los resultados en términos de potencial de captura de carbono, se requerirá que a 2030 el 25% de la flota de buses sea eléctrica, mientras que para el 2050, esta participación deberá llegar al 99% de la flota.**
- Acelerar el recambio de la flota eléctrica y la culminación de las obras de expansión de las líneas 1.2 y 3 del metro.
- Desarrollar la infraestructura de recarga en las zonas urbanas de forma coordinada entre los sectores públicos y privados para cubrir progresivamente de manera eficiente y completa la disponibilidad suficiente de puntos de recarga, por ejemplo, incluyendo requisitos de puntos de recarga en nueva construcción y edificaciones existentes. Esta planificación deberá considerar también la infraestructura mínima necesaria en las rutas nacionales. **Se estima que para el tamaño proyectado de la flota eléctrica a 2050, se mantendrán 58 mil puntos de recarga pública en Panamá.**
- Resulta necesario establecer un marco normativo específico a esta nueva realidad, demostrar claramente los roles entre las distribuidoras de electricidad, agentes de recarga, y usuarios que incentivan la inversión privada en la infraestructura de recarga. Algunos aspectos normativos/regulatorios a definir son:

- El Ente Regulador, deberá establecer tarifas horarias específicas para la recarga (valle, pico, resto) para brindar señales de precio que promuevan la eficiencia.
- Se deberá asegurar un uso de indicadores inteligentes dado que son necesarios para recopilar la información y medir la energía hacia los vehículos eléctricos y desde los vehículos eléctricos al hogar o la red; resultando así la incorporación de tarifas horarias o específicas para este sector para incentivar al usuario la recarga eficiente a través de señales de precio.
- Definición de normas-estandarización de conectores, niveles de tensión en base al tipo de recarga, protocolos de comunicación y demás parámetros para permitir la interoperabilidad y maximizar los beneficios de la electromovilidad.

5.4. Recomendaciones dirigidas a la reducción de emisiones en el sector agricultura

Si bien las emisiones reportadas en el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) vinculadas al uso de la energía para la actividad agrícola no resultante relevante, entendemos que la transición energética constituye un esfuerzo que debemos realizar entre todos y que abarca a su vez a todas las cadenas de valor.

Es por ello que las recomendaciones ligadas al sector energético del rubro “agricultura”, se refieren principalmente a la renovación de tecnología y electrificación de usos finales. De este modo, de acuerdo con los resultados arrojados por el modelo, vemos que **existe un potencial de mejora en términos de eficiencia energética, que permitiría reducir en un 50% el consumo energético final a 2050 con respecto al escenario tendencial y, al contar con una mayor tasa de penetración de las tecnologías eléctricas, el nivel de emisiones logra reducirse hasta un 88% con respecto al escenario de referencia.**

Recomendación 17: Promover la reducción de emisiones del sector agricultura.

- Crear un programa de incentivos económicos para el desarrollo, promoción e implementación de maquinarias eléctricas:
 - Programas de financiamiento a través de líneas de crédito que el gobierno otorgue específicamente para estas multas.
 - Otorgamiento de garantías que permiten a las compañías del rubro obtener financiamiento a un costo más bajo.
- Promover buenas prácticas como promoción de rotaciones equilibradas de cultivos de arroz, maíz, caña y café. Promoción del uso del polímero inhibidor de la acción de la ureasa NBPT, el cual disminuye 10 veces la volatilización de la urea aplicada superficialmente. Promoción del uso de fijadores biológicos, libres y simbióticos, de nitrógeno atmosférico en los cultivos de trigo y maíz y en praderas consociadas. La opción genera un impacto sobre las emisiones de GEI a través del reemplazo relativo de fertilizantes sintéticos, incrementando la productividad. Promoción de estrategias de fertilización variable para ajuste de dosis de N. Prevenir la quema de caña de azúcar mediante el uso de la cosecha integral de caña en verde y aprovechar el potencial de cogeneración de energía utilizando los residuos de cosecha (RAC) y molienda (bagazo) de la caña.
- Promover la incorporación de generación renovable distribuida que permita la expansión del riego, y de esta forma mejorar los rendimientos de los cultivos, permitirá tanto incrementar la producción como la frontera agrícola sin incrementar las emisiones. Conjuntamente con el aprovechamiento energético de las importantes cantidades de biomasa producidas por dichas actividades.

5.5. Recomendaciones sobre sectores no energéticos

Dado su potencial de captura, el sector no energético permite compensar las emisiones generadas por el resto de los sectores. Tal como se apareció en el capítulo anterior, en el **Escenario 1** a partir de la incorporación de medidas disruptivas se puede incrementar el potencial de captura de carbono, logrando una reducción de 53.28 MtCO₂eq. con respecto a los niveles de emisiones del escenario de referencia a 2050.

Recomendación 18: Promover la reducción de emisiones de uso de los sectores ganadería, silvicultura, y en lo que respeta a otros de los suelos.

- Desarrollar buenas prácticas en el desarrollo y manejo del ganado:
 - Promoción de campañas de vacunación para el ganado contra bacterias metanogénicas a fin de reducir las emisiones de gas metano.
 - Campañas para la promoción de buenas prácticas en el manejo de ganado en lo que respeta a alimentos y suplementos dietarios para ganado.
 - Implementación de prácticas de ganadería sustentable ligadas a mecanismos de pastoreo de corta duración y alta densidad, que permitan una regeneración óptima de pastizales (que funcionen como sumideros de carbono y permitan compensar las emisiones de gas metano).

En nuestro estudio se estima un 80% del porcentaje de adopción de estas prácticas, logrando una reducción total de 5.67 MtCO₂eq. a 2050 con respecto al escenario de referencia.

- Reducir las emisiones causadas por el uso indebido e irresponsable de la tierra.
 - Impulsar medidas que prevengan la deforestación como, por ejemplo:
 - ✓ Ofrecer incentivos a los propietarios de tierras forestales para facilitar la conservación de los bosques y la adopción de actividades de bajo impacto.
 - ✓ Fomentar el uso responsable de la pulpa de madera.
 - Incentivar la aforestación de pastizales, incorporando de esta manera sumideros de carbono forestal que sirven para la captación de dióxido de carbono. Determinar con antelación la existencia y disponibilidad de los terrenos a aforestar, que surgió de la necesidad de suministro de alimentos para la población creciente.
 - Desarrollar un plan de reforestación de tierras degradadas.
- Definir un plan para incentivar y desarrollar el manejo eficiente y consciente de pastizales, cultivos y ganado, e impulsar la restauración de la tierra.
 - Aumentar la productividad de pastizales, implementar sistemas de riego eficientes y aumentar la intensidad de pastoreo.
 - Promoción de mejores prácticas agronómicas, rotando cultivos, aplicando sistemas de cultivo menos intensivos y mejorando el manejo de nutrientes.
 - Desarrollo de planes de revegetación y la conservación de agua con el fin de lograr la restauración de tierras.

A partir de la implementación de este paquete de medidas, se espera incrementar el potencial de captura de carbono en 24.91 MtCO₂eq. con respecto a los registros de año base.

Recomendación 19: Promover la reducción de emisiones del sector residuos y promover la economía circular en todos los sectores como acelerador transversal.

- Acelerar la transición mediante la inclusión de esta temática en la Agenda Política construida colectivamente y la adopción de modelos de economía circular en todos los sectores y hacia modelos de urbanización circular, en todos los sectores involucrados en el desarrollo sostenible de las ciudades, promoviendo la competitividad económica, la innovación tecnológica, la sostenibilidad ambiental y la inclusión social.
- Implementación de mecanismos compensatorios a través de beneficios fiscales que promueven el cambio hacia un modelo de economía circular y la adopción de mecanismos punitivos a través de multas que penalizar incumplimientos de metas/objetivos constituidos.
- Implementación de leyes de REP (responsabilidad extendida del productor), más allá de los envases

fitosanitarios y las pilas. Contar con una normativa de REP permitiría que todos los actores involucrados comenzaran a trabajar de manera conjunta para que el sistema de gestión de envases funcione. Esto se debe a que las legislaciones de este tipo pueden abarcar a toda la cadena de manera diferenciada: productores, autoridades, recuperadores, recicladores y consumidores.

Mejorar la calidad y eficiencia de la Estrategia Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos a partir de las siguientes medidas:

- **Residuos Sólidos Urbanos (RSU):** Construcción de rellenos sanitarios con captura de gas de rellenos sanitarios (GRS), generación de energía eléctrica a partir de la captura de biogás de relleno sanitario (GRS), generación de energía térmica a partir de la captura de biogás de relleno sanitario (GRS), promover entre los generadores la separación de los RSU (la separación puede ser sólo entre residuos reciclables y no reciclables y/o involucrar la separación de los residuos reciclables por categorías preseleccionadas (vidrio, envases, diarios, cartón y plásticos, entre otros).
 - **Aguas Residuales Domésticas/Comerciales (ARD):** Construcción y puesta en funcionamiento de plantas de tratamiento de efluentes domésticos con captura de biogás.
 - **Aguas Residuales Industriales (ARI):** Construcción y puesta en funcionamiento de plantas de tratamiento de aguas residuales industriales con captura de biogás.
- Incorporar los conceptos de economía circular en el proceso de abastecimiento.

El crecimiento de las tecnologías de energías renovables presenta grandes desafíos en términos de abastecimiento de los materiales, producción y gestión de fin de vida. Si no son abarcados desde la perspectiva de economía circular, podrían crearse nuevos problemas ambientales en el futuro.

Por ejemplo, el crecimiento de residuos de paneles fotovoltaicos -cuya vida útil media es de unos 30 años- implica un nuevo desafío ambiental a nivel global, pero a la vez presenta oportunidades para crear valor y promover nuevas actividades económicas relacionadas a la recuperación de materiales de los paneles y el desarrollo de nuevas industrias de reciclaje. Los principales componentes de los paneles de silicio, incluyendo vidrio, aluminio y cobre, pueden ser recuperados a porcentajes mayores al 85%. La gestión de la cadena de suministro de paneles solares desde una perspectiva circular requiere un enfoque de dos partes. En primer lugar, es necesario asegurarse de que los paneles actualmente instalados se recuperan al final de su ciclo de vida de una manera que maximice el valor recuperado y, en segundo lugar, es necesario aplicar el concepto circular desde el inicio de la fase de diseño para el nuevo.

En el caso de la energía eólica la mayoría de los componentes de un aerogenerador -que tiene una vida útil media de unos 20 años- también son reciclables, ya que está compuesto por piezas metálicas; sin embargo, las palas representan los componentes más difíciles de recuperar por los materiales compuestos con los que están hechos, principalmente, resinas reforzadas con fibra de vidrio y, en los parques eólicos más recientes, con fibra de carbono. En este sentido, en los países con un estado de implementación de la tecnología más madura, se están estudiando alternativas de reutilización y reciclaje de las palas. Se han realizado pruebas demostrando que, al sinterizar y extruir los materiales de las palas de la turbina, se pueden producir ladrillos para su uso en el sector de la construcción, también se están evaluando posibles soluciones de economía circular para incorporar pellets de fibra de vidrio provenientes de palas en desuso en la producción de otros productos reciclados para el sector de la construcción.

Este reto también se dará con la penetración del auto eléctrico y el reciclaje de su batería.

Para hacer frente al desafío del reciclaje se requiere un enfoque multidisciplinario y multisectorial que integre la innovación tecnológica y la creación de modelos de negocio con el desarrollo de un marco regulatorio y la definición de nuevos estándares.

Asimismo, entre los materiales de los componentes para las energías renovables y almacenamiento hay muchas sustancias incluidas en la lista de materias primas críticas de la Unión Europea. Es necesaria una visión amplia y estratégica, compatible con la conservación de los recursos, vinculada a la economía circular y la responsabilidad social de los países que permita dar respuesta a la demanda creciente que estos minerales experimentarán en los próximos años. Todo esto plantea un escenario donde el reciclaje y la correcta gestión de residuos pueden permitir un ahorro económico y ambiental, reducir el consumo de materias primas escasas.

A partir de la implementación de este paquete de medidas, se espera reducir el nivel de emisiones en lo que respecta a una generación y tratamiento de residuos en 0.6 MtCO₂eq. a 2050 con respecto al volumen de emisiones del escenario tendencial.

5.6. Recomendaciones sobre instrumentos económicos y políticos de carbón fijación de precios

Recomendación 20: Introducir una regulación específica para desarrollar una señal de precio efectivo del coste de las emisiones.

- A Nivel internacional y de acuerdo con el Banco Mundial, existen 68 iniciativas de precio de carbón que cubren el 23% de las emisiones de GEI. Ante el menor avance al esperado, ciertos países o regiones, como Europa, tienen previsto incorporar un impuesto de igualación en frontera, en el cual las importaciones deberán pagar en función de su nivel de emisión y los impuestos equivalentes que existen en su país.
- La recomendación internacional es avanzar en la incorporación de señales de precio para incentivar la transición energética, si bien se reconoce que cada país debe adoptar su propia política, sin que exista un criterio de homogenización.
- La introducción de señales de precio efectivo en el país debe hacerse con atención a los avances internacionales y en los sectores que tienen mayor probabilidad de estar sujetos a igual precio en los mercados de exportación.
- Los dos instrumentos más utilizados son un impuesto aplicado sobre la emisión de CO₂ (impuesto al carbono) y un mercado de negociación de certificados de emisiones. Una desventaja del impuesto al carbono es que el mismo se traslada a todos los consumidores en un precio que causa una pérdida del poder adquisitivo con mayor impacto a aquellos más vulnerables. Sugerimos que se desarrollen medidas que permitan reducir el impacto en tarifas a partir de la incorporación de subsidios de acuerdo con el nivel de ingresos de sus consumidores.
- Promover el mercado de carbono sectores, comenzando con aquellas industrias o que más se pueden ver afectados por los impuestos de igualación de fronteras establecidos por Europa y otros países que se implementan. El objetivo es internalizar en el país los recursos que de otra manera serían capturados por los consumidores de los países importadores.
- Realice un estudio que pueda cuantificar el costo social del carbono en Panamá. Esto es, los impactos derivados de la emisión de GEI en términos de actividad, salud y daño al medio ambiente, como criterio general para ser incluido en los análisis de costo beneficio de las inversiones públicas y valor objetivo de las señales de precio necesario para incentivar la transición energética.

En este sentido, Panamá deberá continuar trabajando en el desarrollo de políticas en línea con el Decreto Ejecutivo No. 142⁶¹ del 9 de diciembre de 2021, el cual establece de forma progresiva y gradual el Mercado Nacional de Carbono de Panamá a través de los siguientes componentes:

1. **Registro de Emisiones:** conformado por el Programa RTH Corporativo-Carbono (actualmente se encuentra en funcionamiento, y es de carácter voluntario).
2. **Sistema Nacional de Compensación:** si bien se cuenta con un Registro Nacional de Acciones de Mitigación (ReNAM), que busca ser el repositorio de las acciones de mitigación a nivel nacional, se está desarrollando el registro de Proyectos de Compensación para el Sistema Nacional de Compensación;
3. **Bolsa Panameña del Carbono** (actualmente en estructuración): muy importante poder contar con un sistema de comercio mediante el cual se pueden comprar o vender créditos de carbono de manera de avanzar en el cumplimiento de los objetivos de límites nacionales de emisiones.

En este sentido, será necesaria la implementación de la Ley Marco del Cambio Climático, para establecer la reglamentación y requisitos para participar del Mercado de Carbono Nacional y para la transacción de instrumentos financieros climáticos negociables.

⁶¹ Ministerio de ambiente - <https://www.miambiente.gob.pa/interesados-en-creditos-de-carbono-consulte-primero-al-ministerio-de-ambiente/>
Un modelo energético sostenible para Panamá

Estas medidas resultan ser de gran importancia dado que los mercados de carbono ayudan a movilizar recursos y reducen los costos a fin de facilitar una transición energética costo-eficiente. Actualmente, más de dos tercios de los países planean usar los mercados de carbono para cumplir con sus contribuciones determinadas a nivel nacional (CDN) estipuladas en el Acuerdo de París ⁶².

La utilización de un mercado de carbono le permitiría a Panamá poder financiar el 26% de las inversiones necesarias para llevar a cabo la transición, lo que equivale a un monto total de USD 3.9 MM.

5.7. Introducción del hidrógeno verde como vector de descarbonización de los segmentos denominados "difíciles de descarbonizar"

Recomendación 21: Avanzar en la promoción del desarrollo de hidrógeno verde para acelerar la transición energética.

El hidrógeno verde representa una oportunidad para acelerar la transición energética y posicionar al país como líder regional.

Panamá ha avanzado en la emisión de la Resolución No. MIPRE-2022-00002354 del 24 de enero de 2022, en la que adopta la fase 1 de la Hoja de Ruta de Hidrogeno Verde en la República de Panamá, además crear el Comité de Alto Nivel de Hidrógeno Verde y el Comité Técnico de Hidrógeno Verde.

A partir de esto, se han identificado varias oportunidades para la implementación del Hidrógeno verde que podrían ser aprovechadas a nivel local como lo son:

Hidrógeno verde en la industria:

- 1. Hidrógeno verde en la industria alimentaria:** el hidrógeno verde se puede utilizar en la industria alimentaria como agente hidrogenante, particularmente para aumentar el nivel de saturación de grasas y aceites insaturados (como la margarina) y en la producción de metanol.
- 2. Hidrógeno verde en la industria del cemento:** el CO₂ se puede capturar y procesar con hidrógeno en combustibles sintéticos, plásticos u otros productos químicos. Además, el hidrógeno verde se puede utilizar como un sustituto parcial del gas natural en el sistema de combustión del horno.
- 3. Hidrógeno verde en la industria de la pulpa y el papel:** controlando los procesos que demandan energía e introduciendo nuevos procesos de electro combustible y, por ejemplo, electrólisis, los beneficios de la capacidad de producción disponible en las plantas se pueden maximizar simultáneamente a medida que las energías renovables se producen integradas en una economía circular.
- 4. Hidrógeno verde en el sector de la refrigeración:** Debido a su alta conductividad térmica y térmica específica, el hidrógeno se utiliza como medio de refrigeración en centrales eléctricas y plantas industriales. En particular, se utiliza donde la refrigeración líquida puede ser problemática o donde el gas no puede circular o puede circular solo lentamente. Una aplicación muy común es la refrigeración de turbinas termoeléctricas.
- 5. Hidrógeno verde en la industria del vidrio:** el hidrógeno se utiliza como gas absorbente para evitar la oxidación sobre los baños de estaño utilizados en el proceso de fabricación de vidrio flotado y así, el vidrio formado se realiza sin defectos. Se puede utilizar también en las necesidades de formación y procesamiento de vidrio para aumentar el brillo de la superficie del vidrio eliminando costuras y bordes y para curar microgrietas y fallas.

Hidrógeno verde en el transporte:

- 1. Introducción de hidrógeno verde en el transporte de carga y pasajeros:** Tanto el sector

⁶² Banco Mundial - <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2022/05/24/countries-on-the-cusp-of-carbon-markets#:~:text=Los%20mercados%20de%20carbono%20ayudan,niveles%20de%20emisi%C3%B3n%20de%20carbono.>

transporte de carga como de pasajeros representa alrededor del 45% del consumo total de energía final de Panamá. El gobierno podría implementar objetivos de cero emisiones para el transporte y dar incentivos para la sustitución de la flota. Los camiones de servicio pesado con cero emisiones que cruzan las fronteras de Panamá podrían tener incentivos fiscales/económicos.

2. **Conversión del tren Panamá-Colón de diésel a celdas de hidrógeno:** como parte del proceso de avance de la transición energética y de convertir al país en un modelo de tecnologías y herramientas de política pública para la energía, se explorará la posibilidad de contar con un ferrocarril movido por celdas de combustible de hidrógeno, y se espera analizar las ventajas comparativas de construir un ducto para el transporte de Hidrógeno Verde y/o demás energéticos basados en este entre el Atlántico y Pacífico.
3. **Combustibles sintéticos para buques que cruzan el Canal de Panamá:** los barcos pueden ser alimentados en el Canal de Panamá con *e-fuels* e hidrógeno verde alineados con las regulaciones de la Unión Europea para descarbonización del sector marítimo.

De esta manera, para poder fomentar el crecimiento y el desarrollo productivo del país y el aprovechamiento de las capacidades y recursos nacionales, se debe poner énfasis en la implementación de las siguientes medidas:

- Llevar a cabo una planificación energética para la formulación de políticas públicas acertadas. Se deben emprender estudios, análisis y consultas para poder recabar evidencia empírica sólida y con ella formular las correspondientes políticas públicas. Estas comprenden las proyecciones nacionales, las diversas tecnologías disponibles y necesarias para la producción, el almacenamiento, la conversión y el transporte del hidrógeno. También el análisis de los costos, tanto de producción como de logística, y los posibles precios que se van a suscitar fruto de la demanda esperada; Fomentar la producción local a través de un marco regulador que contribuya a apoyar a las industrias y sectores intensivos de hidrógeno, los cuales serán los actores catalizadores en esta transición.
- Se debe construir estrategias con objetivos de descarbonización específicos por sector para migrar a un hidrógeno verde con un marco regulatorio robusto, con reglas claras y de largo plazo, junto a un financiamiento competitivo.
- Se deben realizar esfuerzos para posicionar a Panamá como país de relevancia para el desarrollo del Hidrógeno Verde promoviendo la demanda local y global. Además, para exportar hidrógeno atendiendo la demanda de los países del mundo que tienen objetivos de hidrógeno verde y derivados. Los principales usos del hidrógeno verde son: Refinado, Amoníaco para fertilizantes metanol, hierro (Hierro de Reducción Directa), entre otros. Los *e-fuels* deben promoverse por su relevancia en la descarbonización del sector transporte (mediante la captura del CO₂ de la atmósfera + hidrógeno verde produciendo metanol) y porque alcanzarán en poco tiempo niveles competitivos.
- Hasta que el precio del hidrógeno verde (que depende en gran medida del costo de la energía renovable y el costo de los electrolizadores) no sea competitivo, se seguirán incentivos (temporales) por parte de los gobiernos para promover la demanda y así dar señales que Permitir aumentar la capacidad de fabricación y cadena de suministro.
- Los requisitos progresivos serán necesarios para que la industria se mueva en esa dirección y - para que sea económicamente viable el hidrógeno verde -de esa manera todos los sectores a través de señales e incentivos harán que avance la industria del hidrógeno verde. Un mecanismo que puede ser aplicado es el crédito fiscal a la producción por producción de hidrógeno verde en base al nivel "verde". Asimismo, la economía de escala mejorará aún más si se dan e incentivos en cuanto a estándares de combustibles bajos en carbono.

Parte de una política de promoción para el desarrollo, producción y uso de una industria del H₂V implica estructurar sistemas de incentivos tributarios, arancelarios, financieros y de fomento de la demanda; así como la adopción de una ley de promoción del H₂V.

Se espera que a partir del año 2031 Panamá ya cuente con la capacidad de generar hidrógeno, en primera instancia, para autoconsumo en el sector transporte, empleándose a partir de 2036 también en procesos industriales. **Hacia 2050, se espera que el país cuente con una capacidad de generación de 0.8**

millones de toneladas equivalentes de petróleo (TEPs), de las cuales, 0.4 millones de TEPs estarán destinados al uso en transporte de cargas pesadas, 0.1 millones de TEPs irán dirigidos a la descarbonización del sector industrial, y los 0.3 millones de TEPs restantes serán exportados generándole a Panamá un ingreso de divisas producto de esta actividad.

Contactos



Contactos



Cristian Serricchio

Socio de Finanzas Sostenibles, FA
Deloitte Español Latinoamérica
cserricchio@deloitte.com



Damián Grignaffini

Gerente de Finanzas Sostenibles, FA
Deloitte Español Latinoamérica
dgrignaffini@deloitte.com



Tomás Cardozo Etcheverry

Senior de Finanzas Sostenibles, FA
Deloitte Español Latinoamérica
tcardozoetcheverry@deloitte.com



Sebastian Yopez

Senior de Finanzas Sostenibles, FA
Deloitte Español Latinoamérica
syopez@deloitte.com



Clara Mackey

Senior de Finanzas Sostenibles, FA
Deloitte Español Latinoamérica
cmackey@deloitte.com



Deloitte.

Deloitte se refiere a una o más de las firmas miembros de Deloitte Touche Tohmatsu Limited, una compañía privada del Reino Unido limitada por garantía, y su red de firmas miembros, cada una como una entidad única e independiente y legalmente separada. Una descripción detallada de la estructura legal de Deloitte Touche Tohmatsu Limited y sus firmas miembros pueden verse en el sitio web www.deloitte.com/about