

NOTA TÉCNICA N° IDB-TN-03045

# Impacto económico de la transición energética en Perú

Elías Ruiz

Carlos Heros

Daniel De La Torre Ugarte

Banco Interamericano de Desarrollo

Departamento de Países del Grupo Andino

División de Energía



# Impacto económico de la transición energética en Perú

Elías Ruiz

Carlos Heros

Daniel De La Torre Ugarte

Banco Interamericano de Desarrollo

Departamento de Países del Grupo Andino

División de Energía

Catalogación en la fuente proporcionada por la

Biblioteca Felipe Herrera del

Banco Interamericano de Desarrollo

Ruiz, Elías.

Impacto económico de la transición energética en Perú / Elías Ruiz, Carlos Heros, Daniel De La Torre Ugarte.

p. cm. — (Nota técnica del BID ; 3045)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Carbon dioxide mitigation-Economic aspects-Peru. 2. Greenhouse gas mitigation-Economic aspects-Peru. 3. Climate change mitigation-Economic aspects-Peru. 4. Climatic changes-Government policy-Peru. I. Heros, Carlos. II. De La Torre Ugarte, Daniel Gerardo. III. Banco Interamericano de Desarrollo. Departamento de Países del Grupo Andino. IV. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Energía. V. Título. VI. Serie.

IDB-TN-3045

**Palabras clave:** Descarbonización, transición energética, transporte, energías alternativas.

**Códigos JEL:** Q42, Q54, Q58, O13, R41

<http://www.iadb.org>

Copyright © 2024 Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons CC BY 3.0 IGO (<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/igo/legalcode>). Se deberá cumplir los términos y condiciones señalados en el enlace URL y otorgar el respectivo reconocimiento al BID.

En alcance a la sección 8 de la licencia indicada, cualquier mediación relacionada con disputas que surjan bajo esta licencia será llevada a cabo de conformidad con el Reglamento de Mediación de la OMPI. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil (CNUDMI). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones que forman parte integral de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta obra son exclusivamente de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del BID, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



## Impacto económico de la transición energética en Perú

Elías Ruiz, Carlos Heros, Daniel De La Torre Ugarte

### Resumen ejecutivo

Esta nota técnica analiza cuatro escenarios en los que se evalúa diferentes niveles de demandas de energía, penetración de energías renovables y vehículos eléctricos, participación de gas natural, entre otros. El escenario base sigue la tendencia actual de crecimiento, mientras que los escenarios alternativos se evalúan niveles menores de demanda de energía final, mejoras en la eficiencia de las tecnologías de generación eléctrica, penetración de energías renovables y de vehículos eléctricos y, además, disminución de los costos en las tecnologías de generación de energía eólica y solar fotovoltaica. Se realiza un análisis de cada escenario y una comparación entre escenarios. El alcance en el análisis de los costos solo se da a nivel de inversiones (CAPEX).

### Introducción

La transición energética ofrece una oportunidad en la disminución de las externalidades negativas locales y globales asociadas con el uso de los combustibles fósiles. El reemplazo de estos últimos con energías renovables crea nuevas oportunidades de desarrollo, como nueva infraestructura, puestos de trabajos y una matriz energética diversificada y robusta (Quirós-Tortós, y otros, 2021). La adopción de instrumentos económicos, financieros, fiscales y disminución de los precios de las tecnologías renovables son clave en la descarbonización de la economía peruana, permitiendo ser competitivas frente a las tecnologías de combustibles fósiles. Sin estos cambios, en especial la disminución de los costos de capital de las tecnologías de energías renovables, el impacto económico de la transición energética se vería reflejado en el aumento de los precios de los bienes y servicios que consumen los usuarios finales.

La madurez del sector energía en los países en vías de desarrollo está relacionado con el índice de desarrollo humano y la oferta total de energía primaria y secundaria. En estos países el consumo de fuentes emisoras de gases de efecto invernadero es mayor que en los países desarrollados. Además, el consumo de combustibles fósiles trae consigo otras externalidades negativas para el ambiente, en contraste, las energías renovables ayudan a disminuir las externalidades negativas y pueden mejorar el acceso a la energía proporcionando una menos contaminante, flexible y descentralizada. El incremento en el uso de las energías renovables trae diferentes desafíos y para atenderlos se necesita de una mejora en la infraestructura de transmisión y distribución, nuevos programas, políticas y la implementación de diversos instrumentos.

El análisis de diferentes escenarios con diferentes niveles de políticas es necesario para la evaluación de descarbonización de Perú, con esta finalidad es que

se plantea cuatro escenarios, el escenario base y tres alternativos con diferentes niveles en las políticas.

## 1 Contexto energético nacional

El sector energético peruano es el segundo sector emisor de GEI del país con un total de 63.2 Mt CO<sub>2</sub> equivalentes en 2019, principalmente impulsado por el dominante uso de los combustibles fósiles en la matriz energética. Los gases de efecto invernadero por quema de combustibles y emisiones fugitivas son producidas en su gran mayoría por las actividades de extracción, procesamiento, distribución y uso final de gas natural y derivados de petróleo. Visto que la combustión móvil (transporte), combustión estacionaria (las industrias de generación de energía) y emisiones fugitivas de la extracción y procesamiento de combustibles fósiles conforman 76.7% de las emisiones de GEI reportadas, está claro que la mayoría de los sectores económicos consumen combustibles fósiles (MINEM, 2021).

En 2019, Perú produjo 829.1 PJ de energía primaria correspondientes a petróleo crudo, gas natural y líquidos de gas natural, esto representa 74.4% de la producción interna de energía primaria. Ese mismo año la energía secundaria producida correspondiente a hidrocarburos fue de 942 PJ. El gas natural y los derivados del petróleo conforman un porcentaje importante de las *commodities* consumidas en los diferentes sectores económicos, dejando a las energías renovables un porcentaje menor. Mientras estas últimas tendrán un papel importante en el futuro energético del país, hoy solo tienen una participación de importancia en la industria de generación de energía eléctrica, siendo la energía hidráulica la única con una participación considerable. La biomasa es la segunda fuente de energía renovable en importancia, siendo destinada a la producción de biodiesel, biogás, energía eléctrica, etanol, leña, etc. Los biocombustibles tienen la mayor importancia debido que por ley son combinados en una proporción de 7.8% en volumen de etanol con gasolina para producir gasohol y 5% en volumen de biodiesel con diésel para producir diésel B5. Un papel menos importante en la matriz energética lo tienen las energías eólica y solar, que han tenido un desarrollo lento incentivado principalmente por las subastas de energías renovables no convencionales, pero aún requieren un fomento en su adopción. La energía geotérmica solo ha sido utilizada con fines recreativos y no con fines energéticos (MINEM, 2021).

Como se ha mencionado antes, el sistema energético peruano es dependiente de los combustibles fósiles y es importador de petróleo crudo y sus derivados. Actualmente se está construyendo infraestructura para aprovechar recursos fósiles que hasta el momento no se han logrado explotar por la falta de esta. Para 2023 ha entrado en operación una nueva refinería, la modernización de refinarías existentes, plantas de procesamiento de gas natural (separación de gas natural y líquidos de gas natural), plantas de licuefacción de gas natural y de fraccionamiento de líquidos de gas natural. La producción de gasohol y diésel B5 se realiza en plantas de mezcla de etanol con gasolina y biodiesel con diésel respectivamente.

## 2 Supuestos de modelaje y escenarios

Este trabajo evalúa cuatro escenarios: uno base y tres alternativos. En el escenario base se evalúa el crecimiento tendencial de la demanda de energía con base en las actuales políticas y programas. Cada uno de los escenarios alternativos evalúa diferentes niveles de penetración de renovables, penetración de vehículos eléctricos, eficiencias, etc.

### 2.1 Supuestos de modelaje

#### **Escenario Business As Usual (BaU)**

- Crecimiento sostenido de la demanda de energía con un promedio anual de 2.5%, siguiendo un crecimiento tendencial de la demanda de la energía desde el año 2022 sin una mejora en la eficiencia.
- Se tiene como objetivo Incrementar la penetración de energías renovables no convencionales (biomasa, eólica, geotérmica, hidráulica hasta 20 MW, mareomotriz y solar fotovoltaica) logrando una participación de 15.72% en 2050. Los costos de capital de las tecnologías de energías renovables solar fotovoltaica y eólica disminuyen en 40% y 15.3%, respectivamente al 2050 con respecto del año base.
- No se evalúan las emisiones fugitivas de la industria del gas natural.
- Los vehículos eléctricos logran una participación de 3.46% en el consumo total de energía.

#### **Escenario Políticas Anunciadas (AP, por sus siglas en ingles)**

- El crecimiento de la demanda de energía es de un promedio anual de 1.11% desde el año 2022, esto es debido a que se sigue un crecimiento tendencial de la demanda de la energía con una ligera mejora en la eficiencia.
- Se tiene como objetivo Incrementar la penetración de las energías renovables no convencionales hasta 31.10% en 2050.
- Hay una mayor producción en el procesamiento de gas natural.
- Los costos de capital de las tecnologías de energías renovables solar fotovoltaica y eólica disminuyen en 50% y 14.3%, respectivamente al año 2050 con respecto del año base.
- No se evalúan las emisiones fugitivas de la industria del gas natural.
- Los vehículos eléctricos logran una participación de un 24.16% en el consumo total de energía.

### **Escenario Desarrollo sostenible al 2070 (SD-70)**

- El crecimiento de la demanda de energía es de un promedio anual de 0.70% desde el año 2022 debido a una mejora en la eficiencia.
- Se tiene como objetivo Incrementar la penetración de las energías renovables no convencionales logrando una participación de 36.79% en el año 2050.
- No hay entrada en operación de nueva infraestructura de procesamiento de combustibles fósiles.
- Los costos de capital de las tecnologías de energías renovables solar fotovoltaica y eólica disminuyen en 50% y 14.3%, respectivamente al año 2050 con respecto del año base.
- No se evalúan las emisiones fugitivas de la industria del gas natural.
- Los vehículos eléctricos logran una participación de un 37.11% en el consumo total de energía.

### **Escenario NZE-50 50: Carbono Neutralidad al 2050**

- El crecimiento de la demanda de energía es de un promedio anual de -0.33% desde el año 2022 debido a una mejora en la eficiencia en el consumo de energía eléctrica.
- Se tiene como objetivo Incrementar la penetración de las energías renovables no convencionales logrando una participación de 50.54% en el año 2050.
- No hay entrada en operación de nueva infraestructura de procesamiento de combustibles fósiles.
- Los costos de capital de las tecnologías de energías renovables solar fotovoltaica y eólica disminuyen en un 60% y 14.3%, respectivamente al año 2050 con respecto del año base.
- No se evalúan las emisiones fugitivas de la industria del gas natural.
- Los vehículos eléctricos logran una participación de un 99.83% en el consumo total de energía.

## 2.2 Descripción de los escenarios evaluados

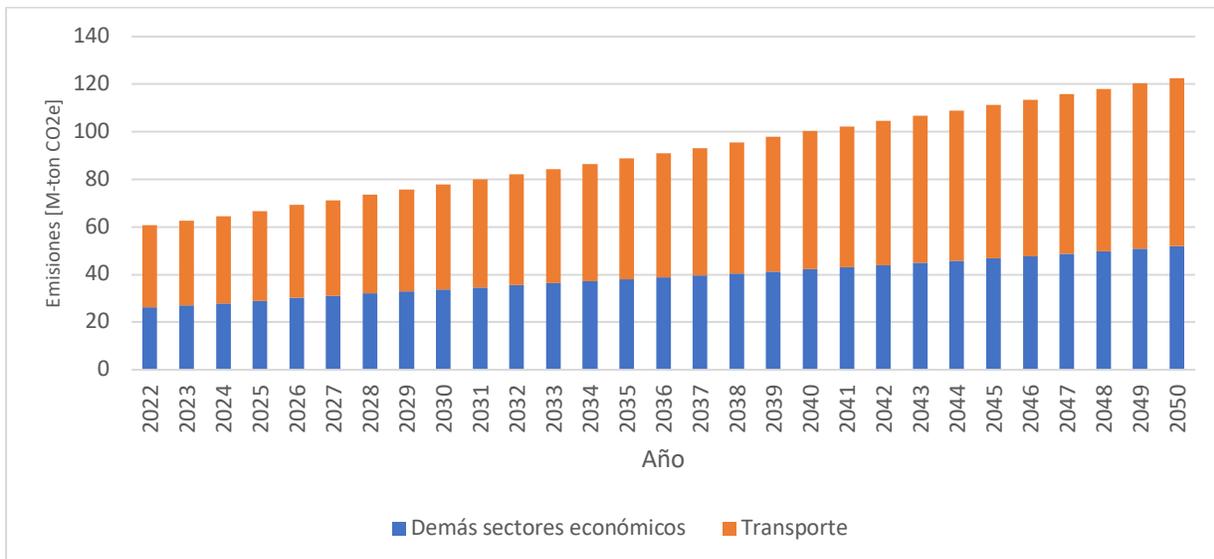
### Escenario BAU

#### **Emisiones de CO2 equivalentes**

En el escenario BAU las emisiones de gases de efecto invernadero reportadas en CO2 equivalente aumentan hacia el 2050 en todos los sectores económicos. El sector transporte es el sector que más CO2eq emite, como se puede ver en el gráfico 1, que muestra la evolución de las emisiones de CO2eq. Las emisiones en el sector transporte se componen de las emisiones generadas por buses, taxis, motos, vehículos privados y de carga liviana, mediana y pesada; estos son los medios de transporte más representativas del sector. Todos estos medios de transporte aumentan sus emisiones en este escenario. Los medios de transporte con mayor inserción son las tecnologías de combustión interna. Las emisiones de CO2 equivalente en los otros sectores productivos se componen principalmente por la demanda final de energéticos y la producción de energía eléctrica. Tasa de crecimiento de emisiones de CO2 está entre 2.21 y 3.34%. El consumo final de energéticos representa entre el 60 y 70 % de las emisiones totales de estos sectores. La generación de electricidad representa otra parte importante de las emisiones con un porcentaje entre 20 y 32 %, entre las cuales destaca la generación eléctrica que utiliza como combustible gas natural, ya sea en ciclo simple y ciclo combinado.

#### **Gráfico 1**

*Emisiones de gases de efecto invernadero reportadas como CO2 equivalente para el sector transporte y demás sectores económicos.*

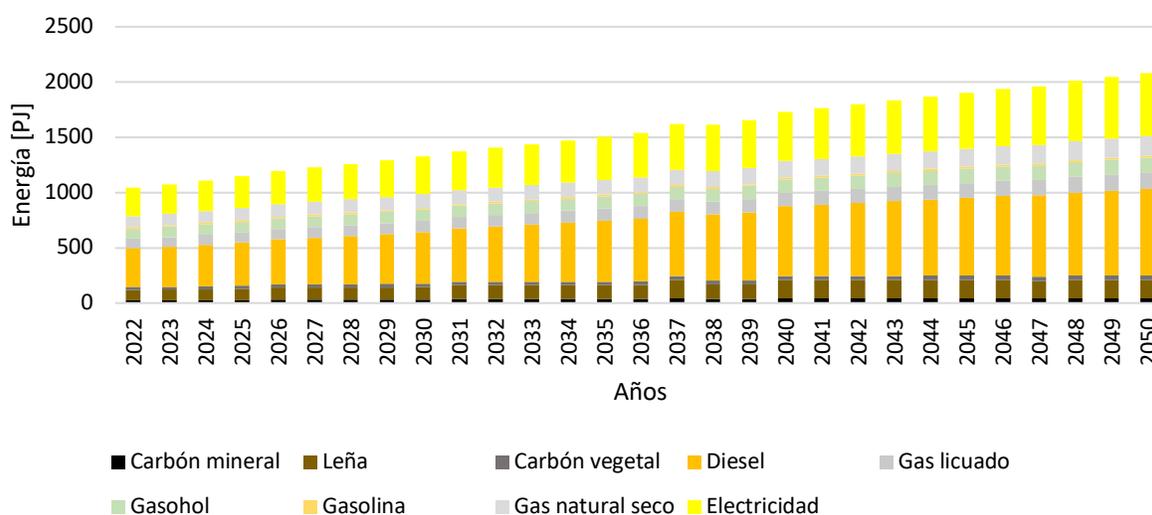


## Consumo de energía

En este escenario, el consumo de combustibles fósiles aumenta, en especial el diesel y gasolina, además, de otros bienes energéticos como la leña, carbón mineral, carbón vegetal y electricidad. En este escenario no se observa un cambio importante en el uso de los energéticos, en otras palabras, se observa un comportamiento tendencial. En el gráfico 2 se muestra la evolución del consumo de los bienes energéticos hasta el año 2050.

### Gráfico 2

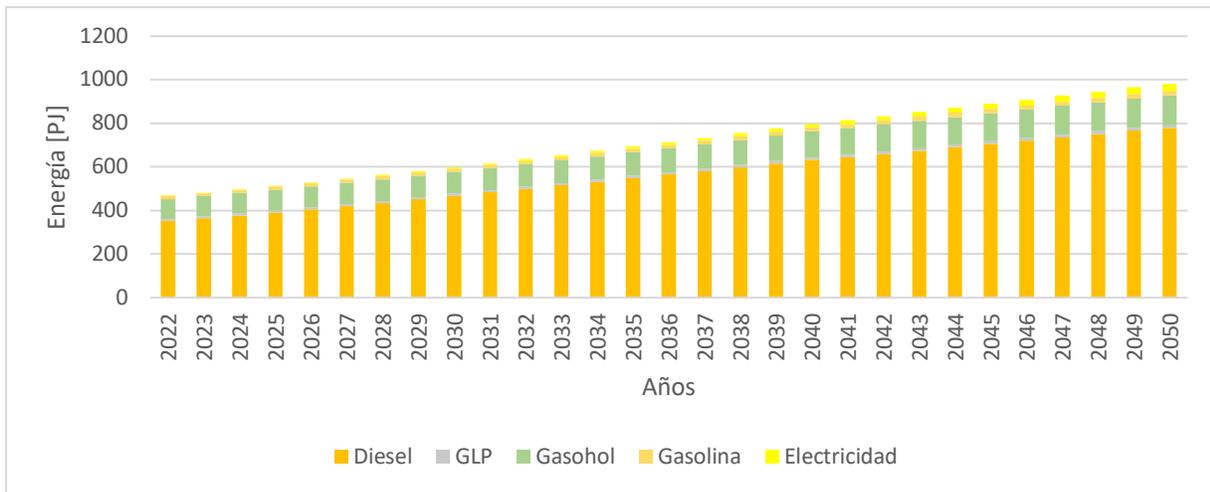
*Demanda final de energía por bien energético [PJ].*



El sector transporte consume una parte importante de energía a nivel nacional. El transporte de carga es el más intensivo en el consumo. El combustible que destaca por encima de los otros es el diesel que compone entre el 75 y 80 % de total de energía consumida por el sector. En segundo lugar, tenemos al gasohol que es consumido en los vehículos de transporte de pasajeros. La gasolina y el gas licuado de petróleo constituyen otra parte importante del abanico de combustibles del sector transporte. La electricidad tiene una muy pequeña participación en los primeros años de inserción de esta tecnología, su participación aumenta hasta un 3.46% en el año 2050. En el gráfico 3 se muestra la evolución de la energía consumida por tipo de combustibles.

### Gráfico 3

Evolución de energéticos consumidos por el sector transporte.

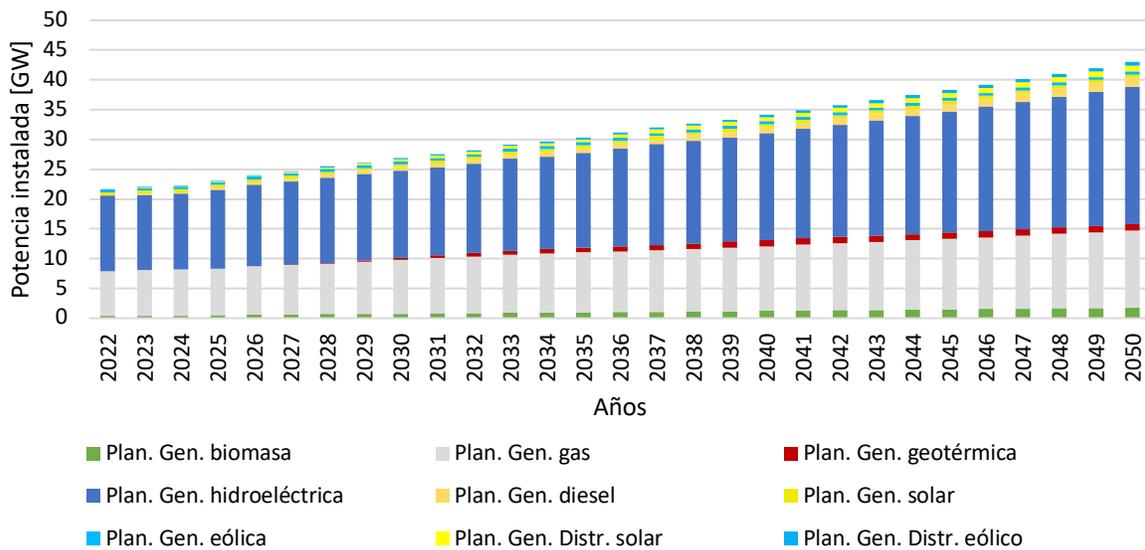


### Centros y tecnologías de transformación

La matriz eléctrica se compone principalmente de tecnología de generación hidráulica y termoeléctrica a gas natural con poca inserción de energía renovable no convencional. En el gráfico 4 se muestra la evolución de la matriz eléctrica en el escenario BAU. Las tecnologías renovables no convencionales distribuidas tienen en un inicio una alta tasa de inserción y disminuye conforme se avanza en el periodo de análisis. Otros centros de transformación como las refinerías y centros de procesamiento de gas natural aumentan su actividad.

### Gráfico 4

Matriz de generación eléctrica [GW].



Perú cuenta con un potencial hidroeléctrico aprovechable de 70 GW (OSINERGMIN, 2019).

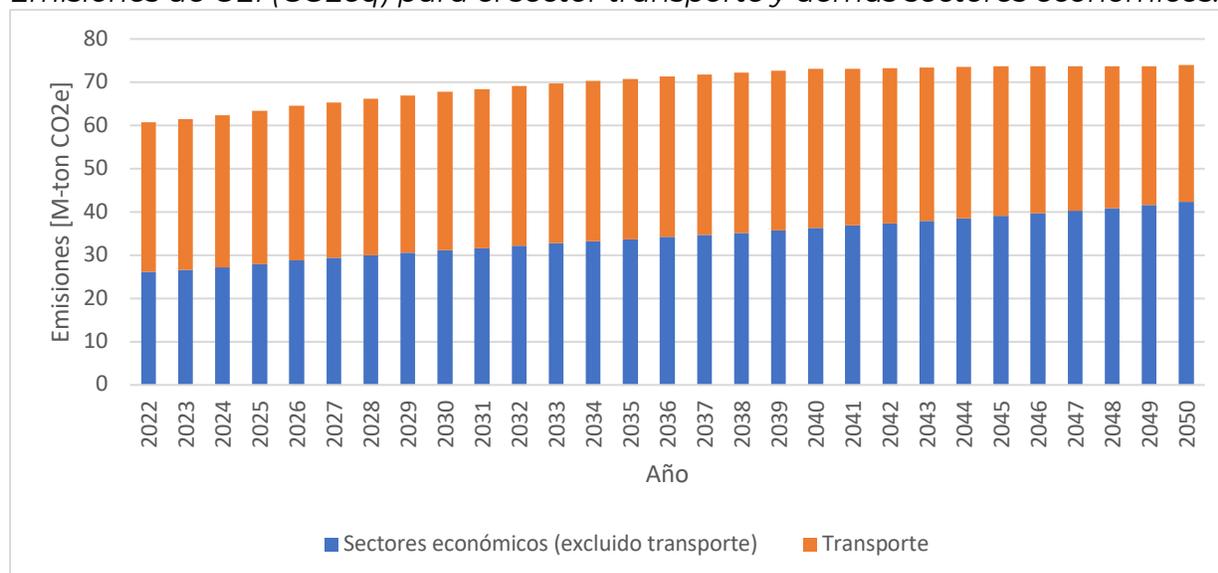
## Escenario AP: Políticas Anunciadas

### Emisiones de CO2 equivalentes

Las emisiones de CO<sub>2</sub>eq en el escenario de AP aumenta hasta el final del periodo de análisis, pero en menor proporción comparado con el escenario BAU. Se promueve el gas natural, las energías renovables también, pero tienen una menor penetración en la matriz energética que los escenarios de SD-70 y NZE-50. Hay una mejora en la eficiencia energética con respecto al escenario BAU lo cual disminuye las emisiones de sector transporte y la demanda de los sectores productivos. En el gráfico 5 se muestra la evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub>eq para el escenario de PA. En este escenario de AP las emisiones disminuyen en comparación con el escenario base.

### Gráfico 5

Emisiones de GEI (CO<sub>2</sub>eq) para el sector transporte y demás sectores económicos.

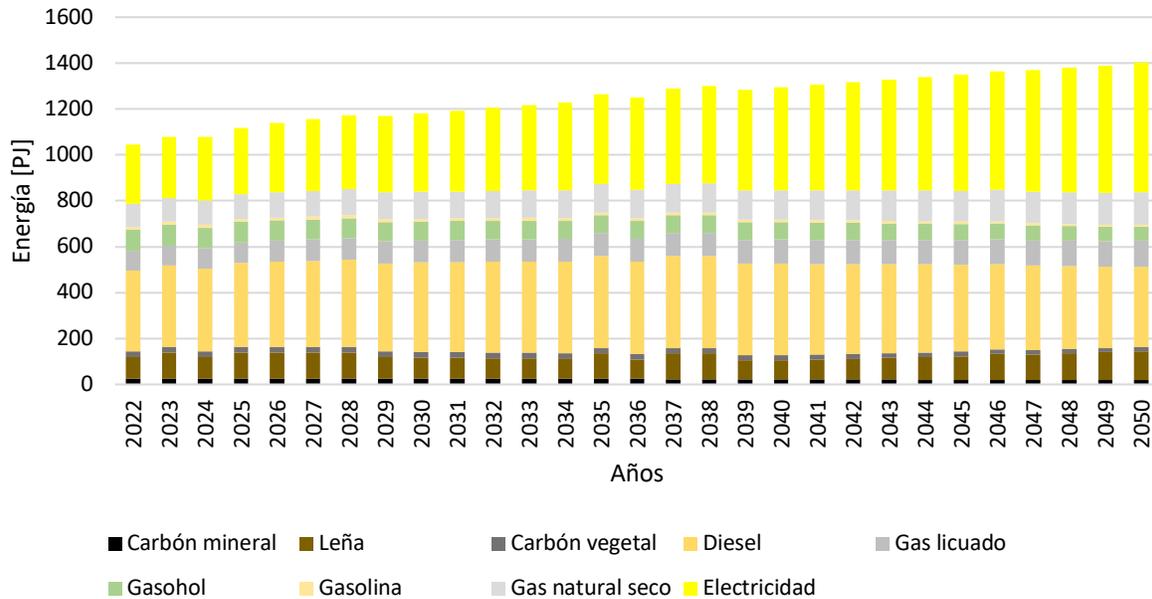


### Consumo de energía

En el escenario de AP la demanda de energía por vector energético aumenta, aunque a un nivel menor que el escenario BAU y el consumo final de combustibles fósiles se mantiene constante con excepción de gas natural que se utiliza en mayor grado en la generación termoeléctricas y de uso final en los sectores productivos. El consumo de electricidad también aumenta al 2050, posicionándose como el vector energético de mayor demanda. El diésel es el segundo energético con mayor uso, pero como ya se ha mencionado antes su consumo se mantiene casi constante a lo largo del periodo de análisis. En el gráfico 6 se muestra la evolución del consumo final de energéticos para el escenario AP.

## Gráfico 6

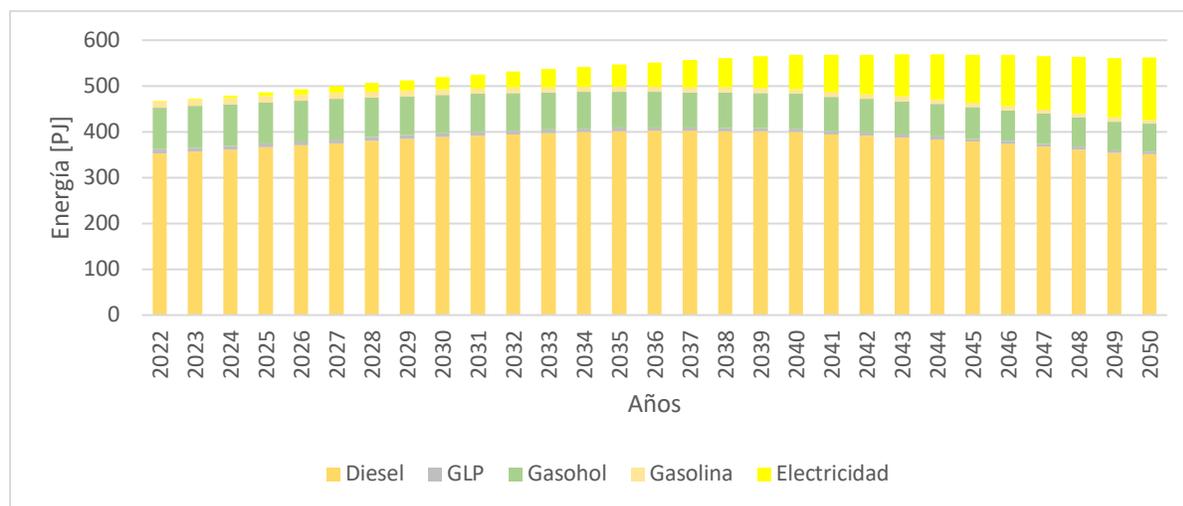
*Demanda final de energía por bien energético [PJ].*



Los bienes energéticos consumidos en el sector transporte son en su mayoría hidrocarburos, la excepción es la energía eléctrica que se comienza a usar en vehículos eléctricos y logran una participación importante para el 2050. Los hidrocarburos tienen un crecimiento logrando un máximo en la mitad del periodo de análisis, luego disminuyendo su consumo hasta un nivel cercano al año base. En el gráfico 7 se muestra el consumo por energético del sector transporte durante el periodo de análisis. La tasa de crecimiento de los hidrocarburos utilizados en el sector transporte disminuye conforme se alcanza el final del periodo de análisis. El diesel tiene una tasa decreciente siendo negativa desde el año 2038 en adelante. Los hidrocarburos como GLP, gasohol y gasolina en todo momento tienen una tasa negativa de crecimiento.

## Gráfico 7

Commodities energéticas utilizadas en el sector transporte.

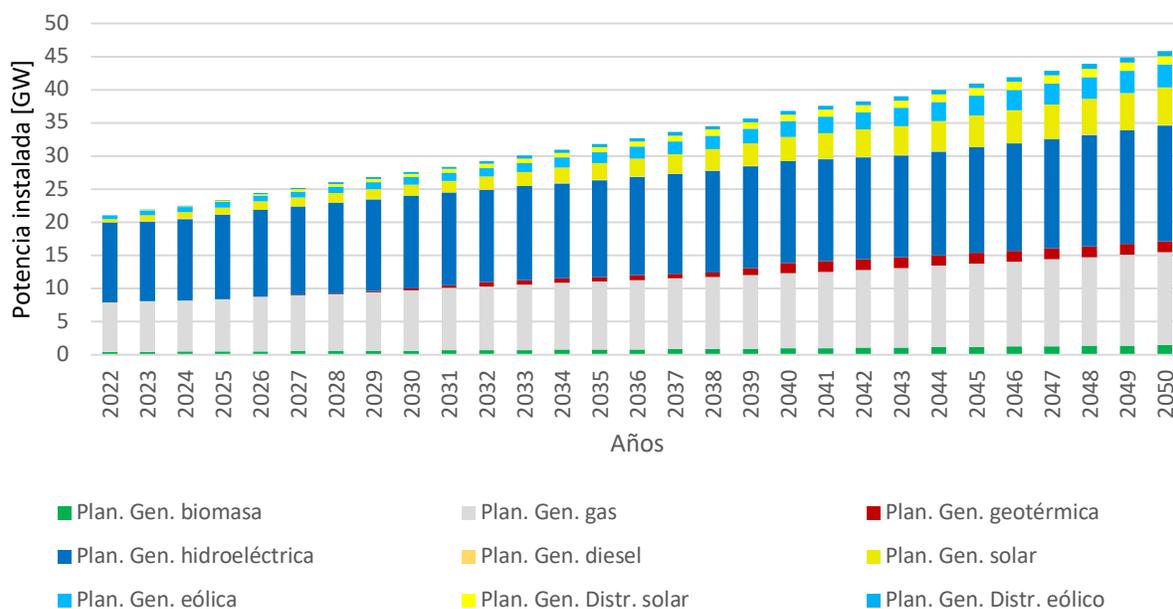


## Centros y tecnologías de transformación

En este escenario hay una promoción del uso del gas y una pequeña penetración de las tecnologías renovables como la solar, eólica y geotérmica, sin embargo, la tecnología hidráulica sigue liderando la capacidad instalada. En el gráfico 8 se muestra la evolución de las tecnologías de generación eléctrica.

## Gráfico 8

Matriz de generación eléctrica [GW].



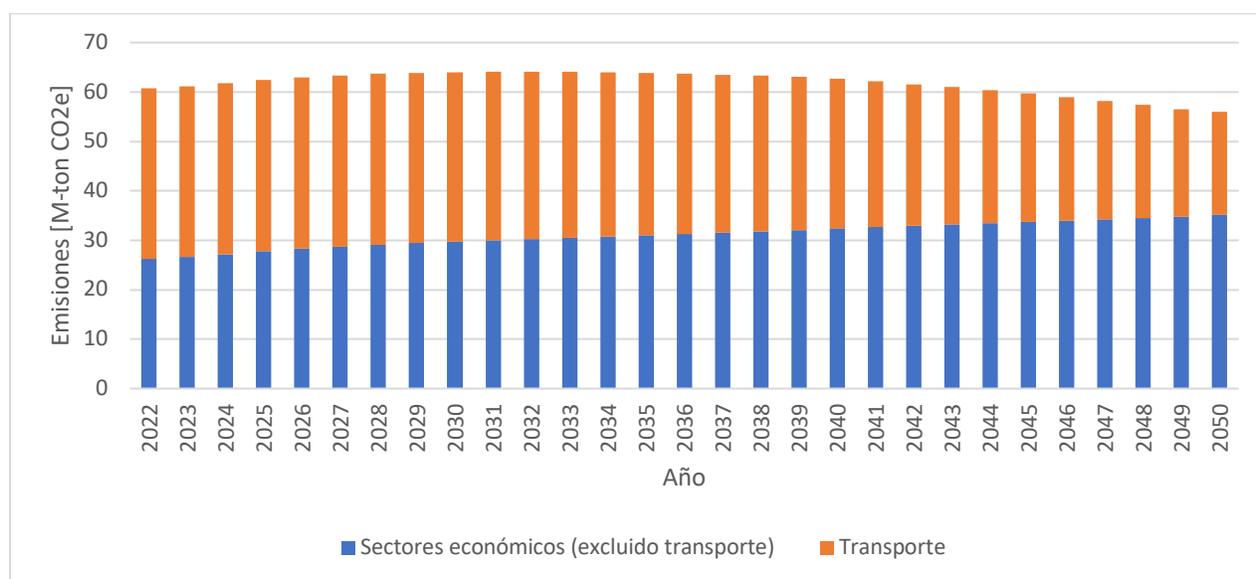
## Escenario SD-70

### Emisiones de CO2 equivalentes

Las emisiones de CO<sub>2</sub>eq en el escenario SD 70 disminuyen de forma considerable en comparación del escenario AP, esto es en gran medida porque hay una mayor penetración de tecnologías de energías renovables, como la solar y eólica. En el gráfico 9 se muestra la evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub>eq en el escenario de SD 70.

### Gráfico 9

Emisiones de CO<sub>2</sub>eq para el sector transporte y demás sectores económicos.

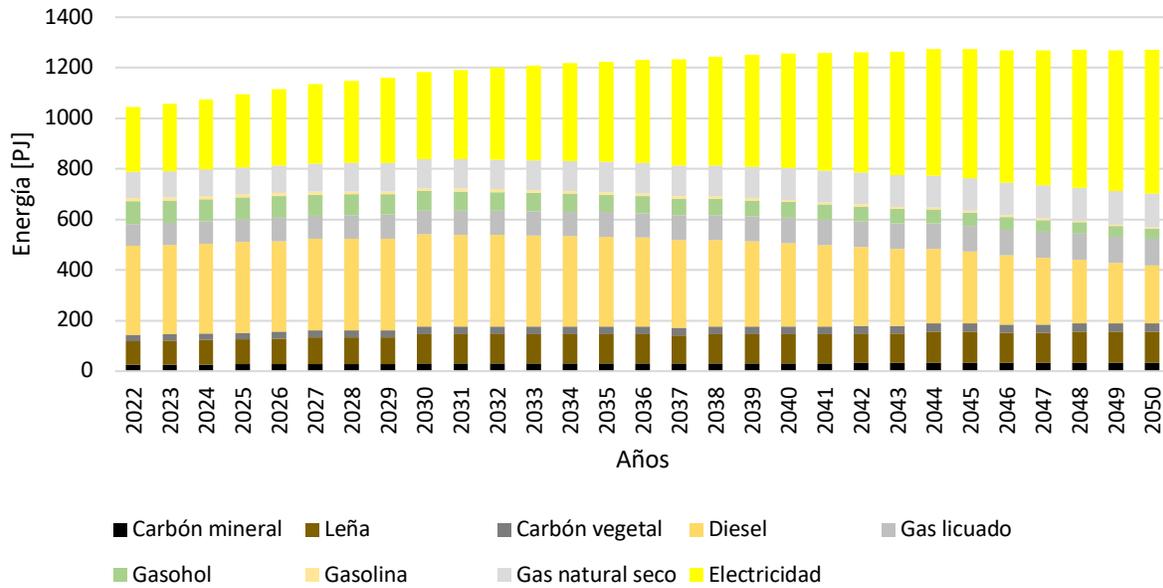


### Consumo de energía

La demanda de los combustibles fósiles disminuye en este escenario, pero no desaparece. En especial, el diesel disminuye su consumo en los últimos años del periodo de análisis. Hay una mayor demanda de electricidad en comparación del escenario de PA. El uso de leña permanece las zonas rurales, por este motivo tiene un nivel casi constante en el tiempo. En el gráfico 10 se muestra la evolución de la demanda de final de energía por energético.

## Gráfico 10

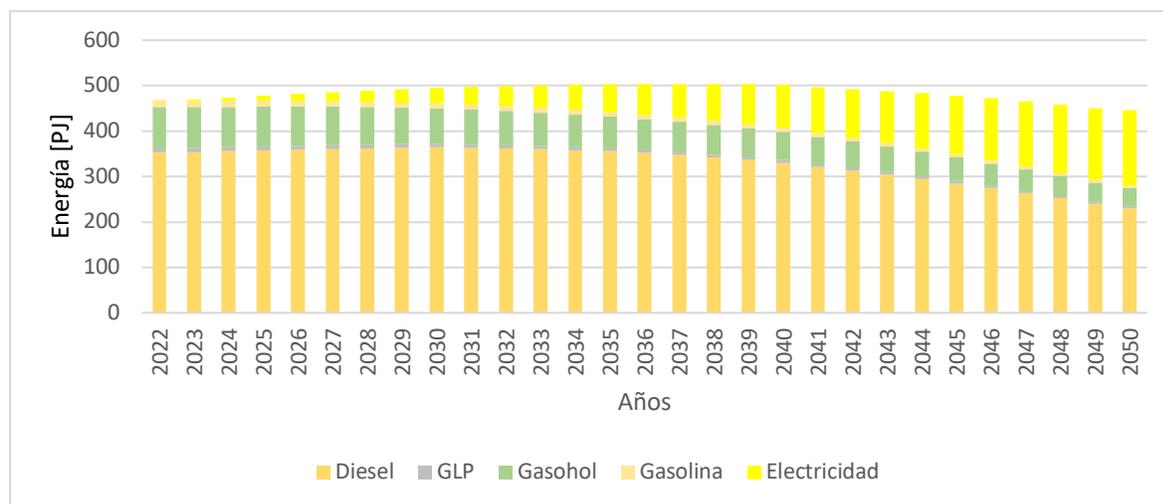
*Demanda final de energía por bien energético [PJ].*



El sector transporte consume una parte importante de energía a nivel nacional. El transporte de carga es el más intensivo en el consumo y es el que más energía consume. El combustible que destaca por encima de los otros es el diesel que compone entre alrededor del 80 % de total de energía consumida por el sector. En segundo lugar, tenemos al gasohol que es consumido en los vehículos de transporte de pasajeros. La gasolina y el gas licuado de petróleo constituyen otra parte importante del abanico de combustibles del sector transporte. La electricidad tiene una muy pequeña participación en los primeros años de inserción de esta tecnología, su participación aumenta hasta un 15% en el año 2050. En el gráfico 11 se muestra la evolución de la energía consumida en forma de combustibles.

## Gráfico 11

Commodities energéticas utilizadas en el sector transporte.

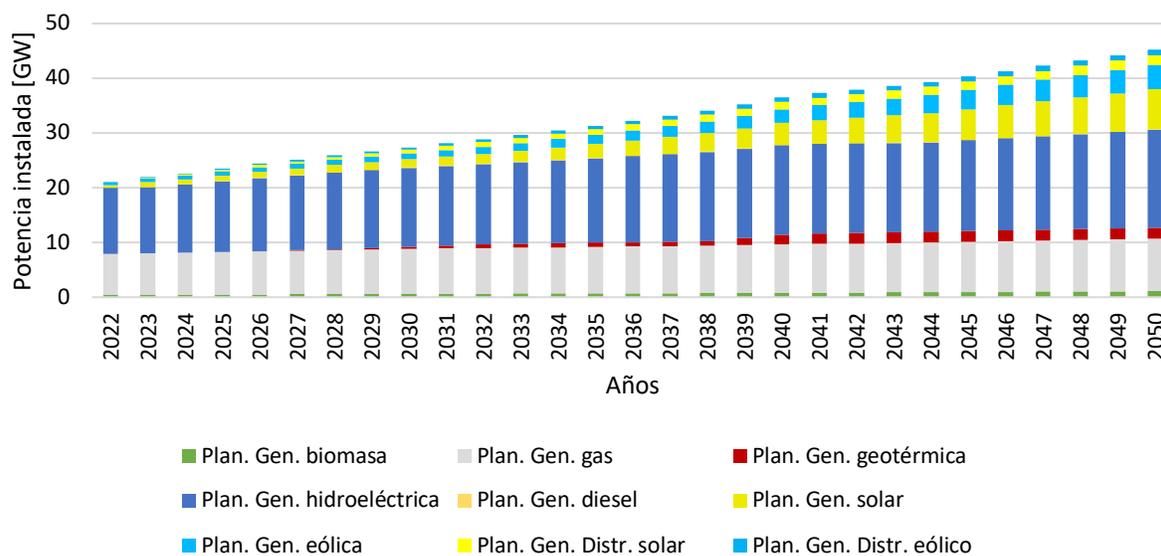


## Centros y tecnologías de transformación

En el escenario SD 70 hay una mayor penetración de energías renovables en comparación del escenario de PA, el porcentaje de capacidad hidroeléctrica es considerable como en los escenarios anteriores. La energía geotérmica tiene una mayor capacidad que los escenarios de AP y BAU. En el gráfico 12 se muestra el crecimiento en la capacidad de generación de energía eléctrica para el escenario SD-70.

## Gráfico 12

Matriz de generación eléctrica [GW].



Según la Asociación Peruana de Energías Renovables (SPR) hay dos proyectos de energía geotérmica presentados por parte de la empresa EDC Perú a OSINERGMIN, no se menciona el estado actual de los proyectos. El BID reporta que en Perú se requiere una inversión de entre USD\$2300 y USD\$4000 millones en la instalación de plantas geotérmicas (Quirós-Tortós, y otros, 2021).

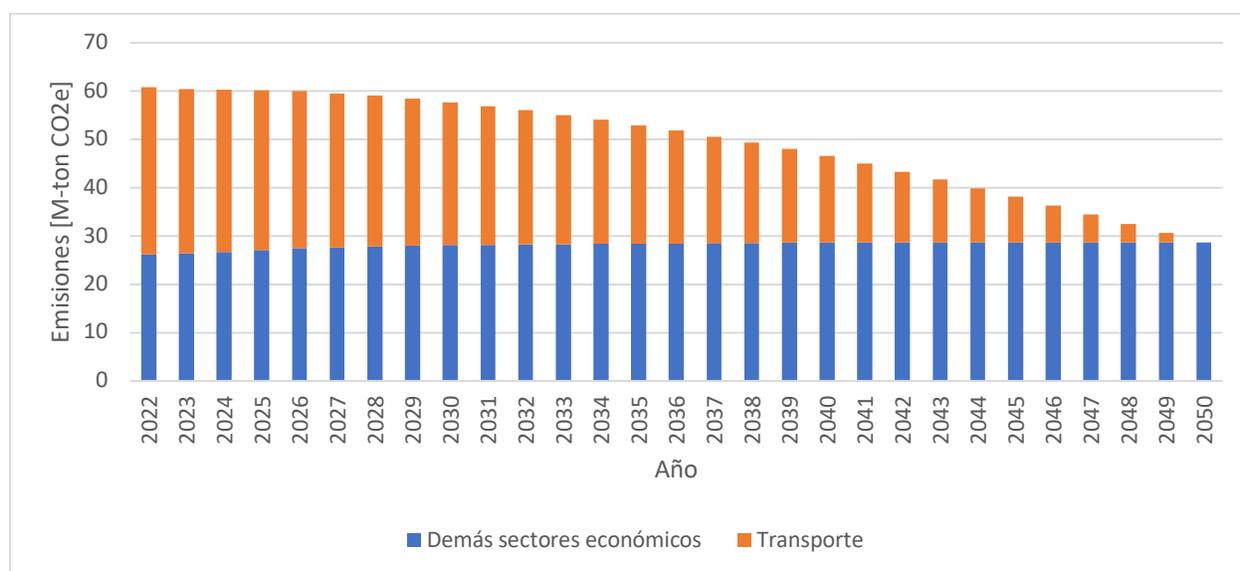
## Escenario NZE 50: Carbono Neutralidad al 2050

### Emisiones de CO2 equivalentes

Las emisiones del sector transporte en este escenario decaen a cero por la completa sustitución de los vehículos de combustión interna por vehículos eléctricos en el año 2050, aunque el consumo de energías de origen fósil permanece por parte de los otros sectores de la economía, pero a una tasa de crecimiento mucho menor que en otros escenarios menos ambiciosos. La evolución de las emisiones de CO2eq se muestran en el gráfico 13.

#### Gráfico 13

Emisiones de CO2eq para el sector transporte y demás sectores económicos.

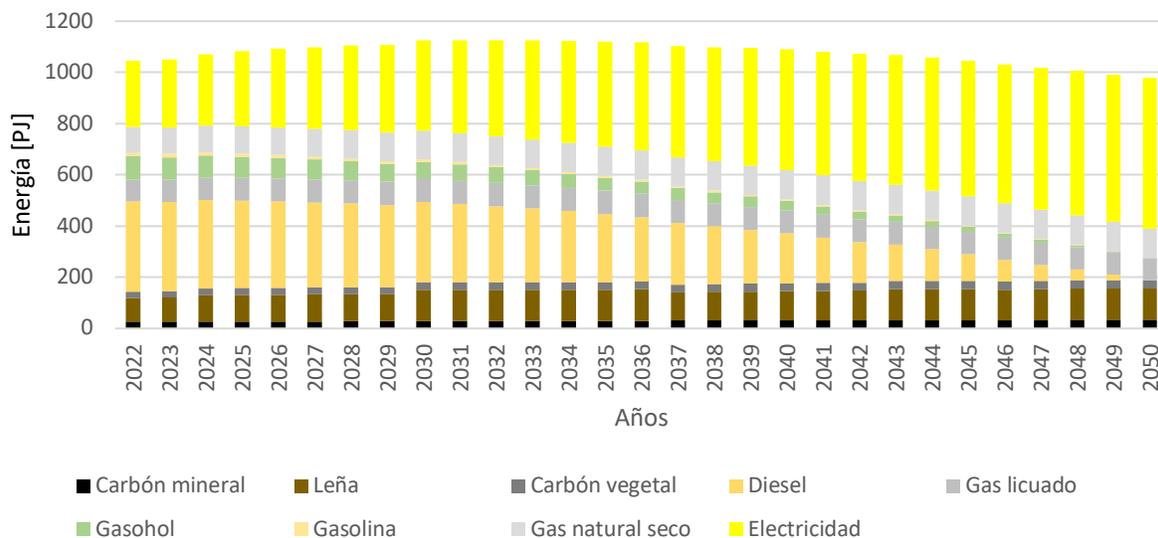


### Consumo de energía

La evolución de la demanda final de la energía disminuye en gran medida por la electrificación del sector transporte y la eficiencia que se consigue en este escenario. Los combustibles fósiles tales como el diesel, gasohol y gasolina disminuyen hasta volverse cero en el año 2050, hay un consumo casi constante de GLP a lo largo del periodo de análisis. La evolución de la demanda final de energético para el escenario NZE-50 se muestra en el gráfico 14.

## Gráfico 14

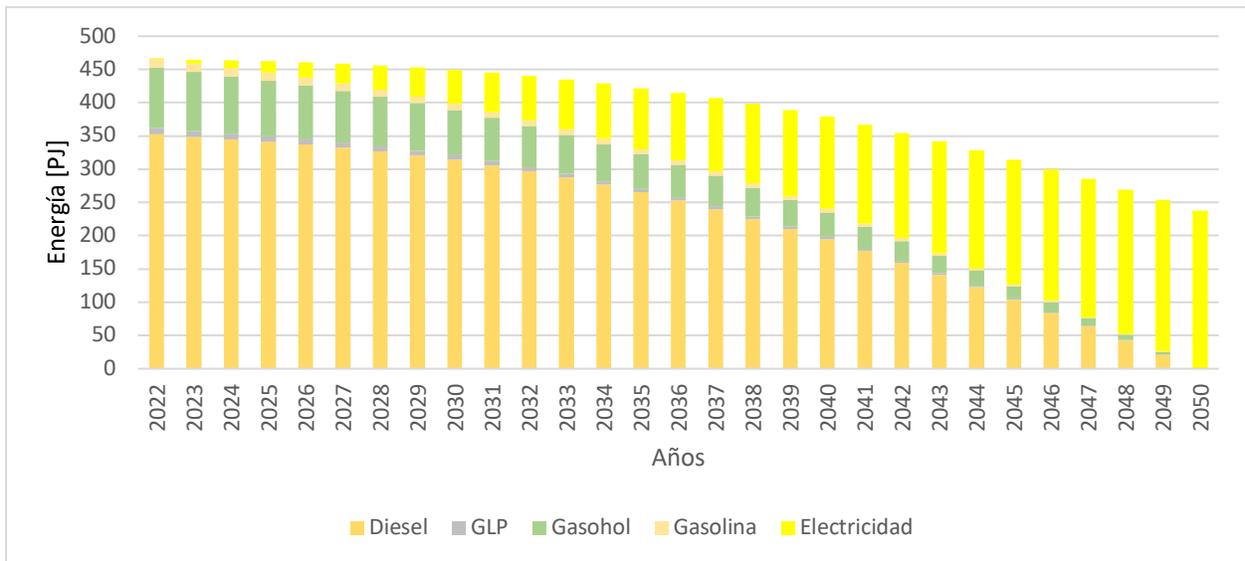
*Demanda final de energía por bien energético [PJ].*



El sector transporte consume una parte importante de energía a nivel nacional. El transporte de carga es el más intensivo en el consumo y es el que más energía consume. El combustible que destaca por encima de los otros es el diesel que compone entre el 75 y 80 % de total de energía consumida por el sector. En segundo lugar, tenemos al gasohol que es consumido en los vehículos de transporte de pasajeros. La gasolina y el gas licuado de petróleo constituyen otra parte importante del abanico de combustibles del sector transporte. La electricidad tiene una muy pequeña participación en los primeros años de inserción de esta tecnología, su participación aumenta hasta un 15% en el año 2050. En el gráfico 15 se muestra la evolución de la energía consumida en forma de combustibles.

## Gráfico 15

Commodities energéticas utilizadas en el sector transporte.

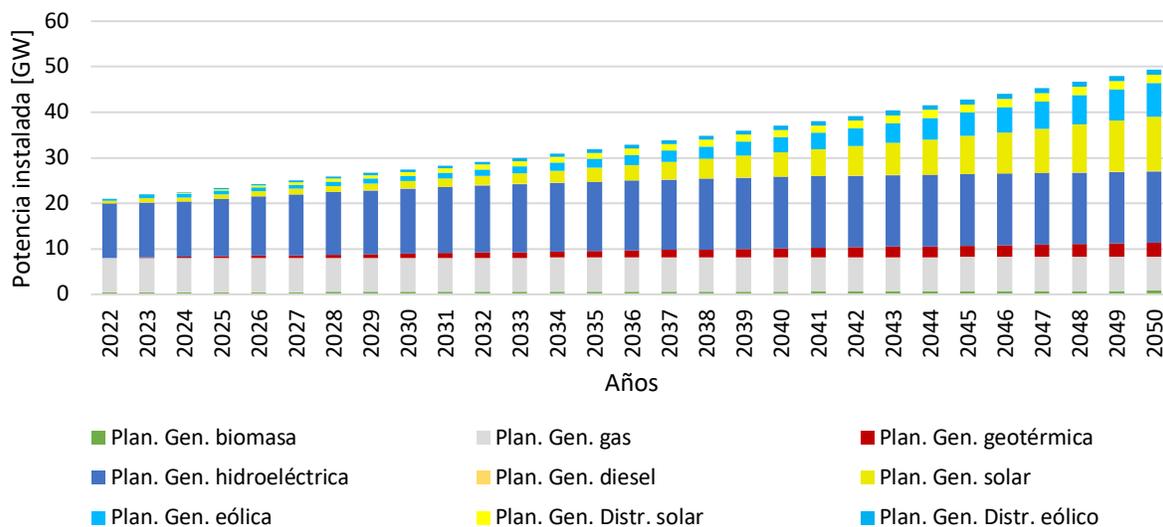


## Centros y tecnologías de transformación

La matriz de generación eléctrica en el escenario NZE-50 es de gran inserción de energías renovables no convencionales (solar, eólica y geotérmica). La energía de origen hidráulica junto con la solar, eólica y geotérmica al 2050 logran una mezcla energética con baja producción en carbono en comparación de otros escenarios de menor ambición. En el gráfico 16 se muestra la evolución de la matriz eléctrica desde el año 2020 hasta el año 2050.

## Gráfico 16

Matriz de generación eléctrica [GW].



### 3 Resultados

#### 3.1 Oferta de energía

En el año 2030 la penetración de energías renovables es menor en el escenario tendencial y mayor en el escenario de ECN, con valores intermedios en los escenarios AP y SD-70. Las energías renovables en el escenario base tienen una participación de 25.9%, en el escenario de AP de 27.4%, en el escenario de SD-70 aumenta a 28.5% y es 30.3% en el escenario de NZE-50. El uso de gas natural es mayor en participación en el escenario de AP con un 35.32%, el porcentaje disminuye en el escenario base con una participación del 34.72%, disminuye más en el escenario de SD-70 con una participación del 34.20% y en el escenario de NZE-50 la participación es de 32.89%.

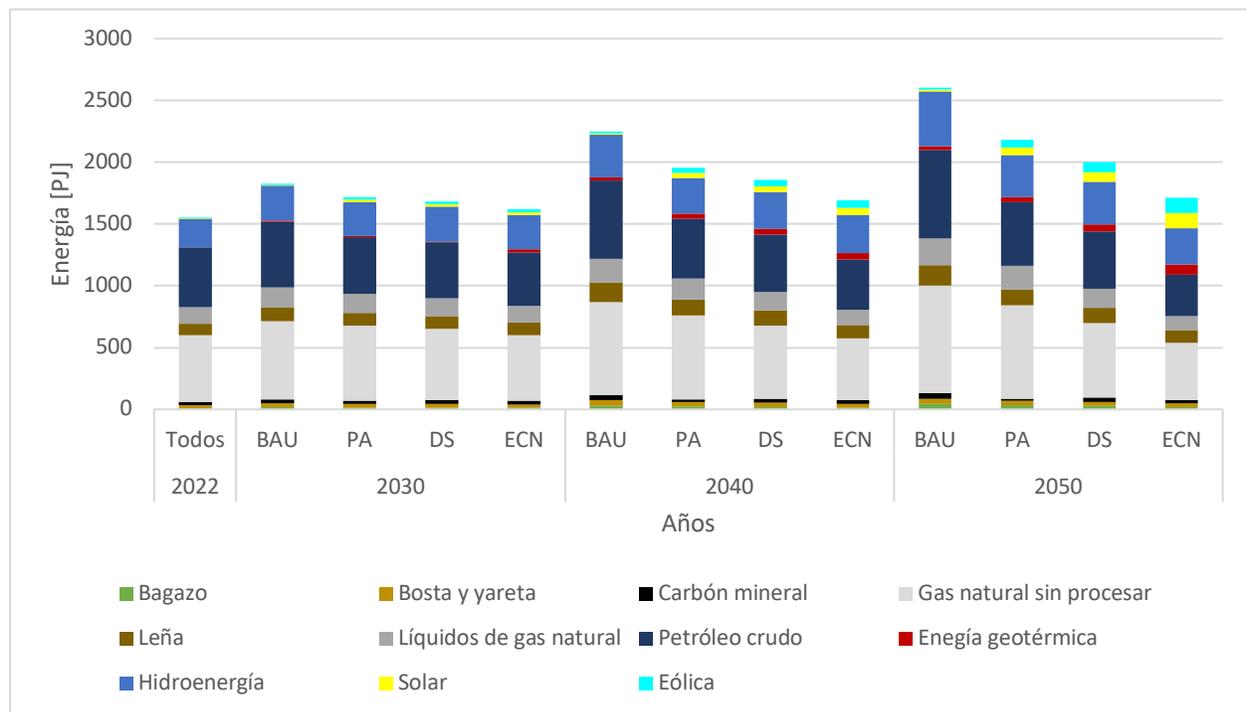
En el año 2040 la penetración de energías renovables es menor en el escenario tendencial y mayor en el escenario de ECN, con valores intermedios en el escenario de AP y desarrollo sostenible. Las energías renovables en el escenario tendencial tienen una participación del 28.2%, en el escenario de AP este porcentaje es de 30.6%, en el escenario de SD-70 aumenta a 33.32% y es 37.2% en el escenario de NZE-50. El uso de gas natural es mayor en participación en el escenario de AP con un 34.75%, el porcentaje disminuye en el escenario base con una participación del 33.31%, disminuye más en el escenario de SD-70 con una participación del 32.10% y en el escenario de NZE-50 la participación es de 29.64%.

En el año 2050 la penetración de energías renovables es menor en el escenario tendencial y mayor en el escenario de ECN, con valores intermedios en el escenario de AP y desarrollo sostenible. Las energías renovables en el escenario tendencial tienen una participación del 28.84%, en el escenario de AP este porcentaje es de 32.30%, en el escenario de SD-70 aumenta a 37.00% y es 45.17% en el escenario de NZE-50. El uso de gas natural es mayor en participación en el escenario de AP con un 34.61%, el porcentaje disminuye en el escenario base con una participación del 33.49%, disminuye más en el escenario de SD-70 con una participación del 30.36% y en el escenario de NZE-50 la participación es de 26.88%.

En el gráfico 17 se puede observar la comparación de la oferta primaria entre los escenarios para los años 2022, 2030, 2040 y 2050.

### Gráfico 17

*Oferta de energía primaria a nivel nacional por escenario en los años 2022, 2030, 2040 y 2050.*



### 3.2 Consumo final de energía

En el año 2030 la participación de los combustibles fósiles en el consumo final de energía es mayor en participación en el escenario tendencial con un 63.40%, seguido del escenario de AP con un 60.16%, estos disminuyen su participación en el escenario de SD-70 con un 59.15% y un 56.28% en el escenario de NZE-50. La energía eléctrica tiene una participación importante en los escenarios de mayor penetración

de energías renovables; la participación de las energías renovables en el escenario de NZE-50 es de 31.95%, seguido del escenario de SD-70 con un 29.41%, un menor consumo final de la energía eléctrica es en el escenario de AP con un 28.51% de participación y un 25.70% de participación en el escenario tendencial.

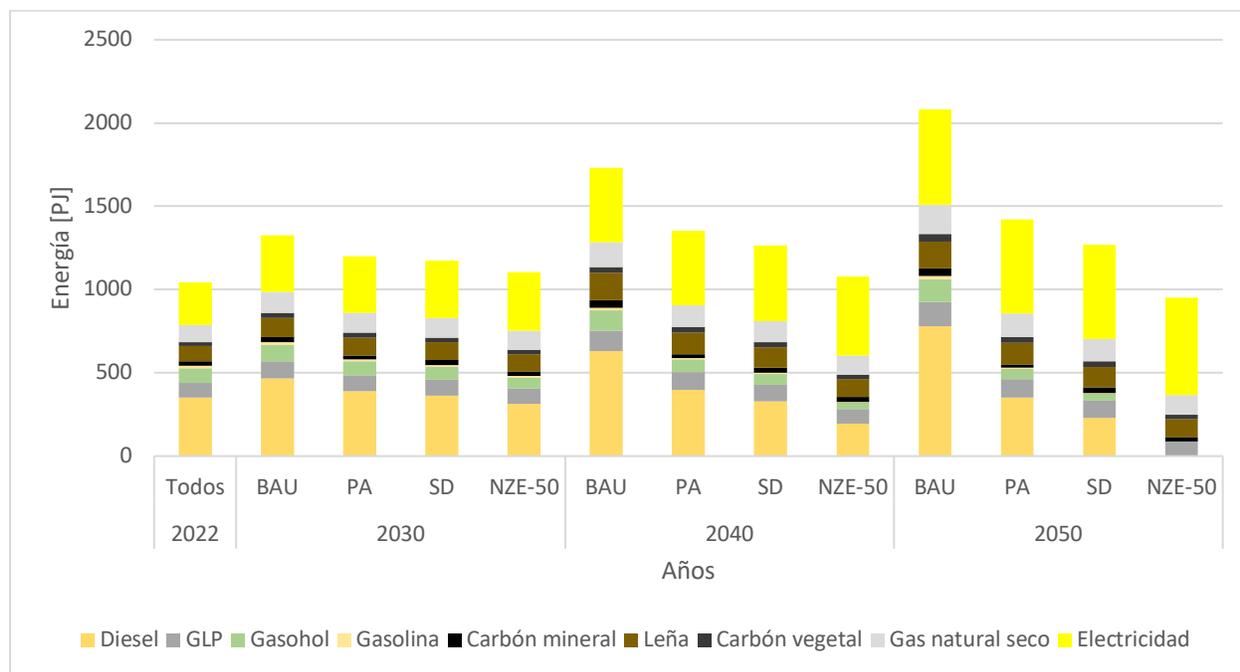
En el año 2040 la participación de los combustibles fósiles en el consumo final de energía es mayor en participación en el escenario tendencial con un 62.68%, seguido del escenario de AP con un 54.81%, estos disminuyen su participación en el escenario de SD-70 con un 51.96% y un 43.70% en el escenario de NZE-50. La energía eléctrica tiene una participación importante en los escenarios de mayor penetración de energías renovables; la participación de las energías renovables en el escenario de NZE-50 es de 43.81%, seguido del escenario de SD-70 con un 35.93%, un menor consumo final de la energía eléctrica es en el escenario de AP con un 33.19% de participación y un 25.79% de participación en el escenario tendencial.

En el año 2030 la participación de los combustibles fósiles en el consumo final de energía es mayor en participación en el escenario tendencial con un 62.61%, seguido del escenario de AP con un 48.63%, estos disminuyen su participación en el escenario de SD-70 con un 43.03% y un 24.27% en el escenario de NZE-50. La energía eléctrica tiene una participación importante en los escenarios de mayor penetración de energías renovables; la participación de las energías renovables en el escenario de NZE-50 es de 61.61%, seguido del escenario de SD-70 con un 44.75%, un menor consumo final de la energía eléctrica es en el escenario de AP con un 39.75% de participación y un 27.46% de participación en el escenario tendencial.

En el gráfico 18 se hace una comparación del consumo final de energía por bien y servicio energético por escenario para los años 2022, 2030, 2040 y 2050.

## Gráfico 18

Consumo final de energía a nivel nacional por commodity y escenario en los años 2022, 2030, 2040 y 2050.



### 3.3 Emisiones de gases de efecto invernadero

La reducción de las emisiones en combustión estacionaria en ninguno de los escenarios cae a cero, solo en el escenario de NZE-50 se logra una disminución importante. En el escenario tendencial las emisiones crecen alrededor del doble al final del periodo de análisis. En la figura 19 se hace la comparación de las emisiones entre escenario para los años 2022, 2030, 2040 y 2050.

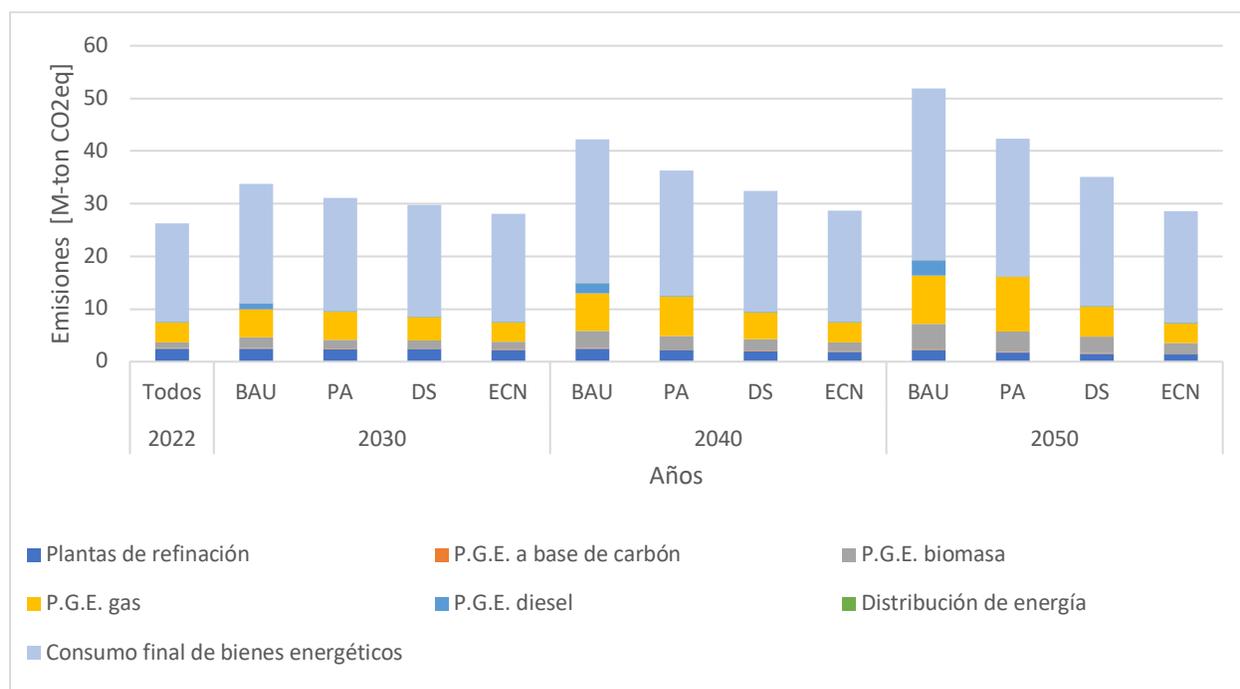
En el año 2030 las emisiones de GEI reportadas en forma de CO<sub>2</sub> equivalente son mayores en el escenario tendencial con un total de 33.82 Mt CO<sub>2</sub> equivalente, disminuyendo conforme el escenario es más ambicioso en la descarbonización de la matriz energética y llegando a ser de un valor de 28.09 Mt CO<sub>2</sub> equivalente en el escenario de NZE-50.

En el año 2040 las emisiones de GEI aumentan en todos los escenarios, teniendo un aumento mínimo en el escenario de NZE-50. En el escenario NZE-50 se tiene un total de 28.69 Mt CO<sub>2</sub> equivalente, el nivel es de 32.39 Mt CO<sub>2</sub> equivalente en el escenario desarrollo sostenible, en el escenario de AP nivel de emisiones es de 36.33 Mt CO<sub>2</sub> equivalente y en el escenario tendencial las emisiones tienen un nivel de 42.21 Mt CO<sub>2</sub> equivalente.

En el año 2050 hay una marcada diferencia en el nivel de emisiones netas entre los escenarios. El escenario tendencial es el escenario de mayor emisión con un total de 51.94 Mt CO<sub>2</sub> equivalente. Las emisiones en el escenario de AP son menores que el escenario tendencial con un nivel de 42.31 Mt CO<sub>2</sub> equivalentes. Las emisiones de GEI en el escenario de SD-70 tienen un nivel de 35.11 Mt CO<sub>2</sub> equivalente, siendo menores que en el escenario de PA. El menor nivel de emisión es en el escenario de NZE-50 con un valor de 28.62 Mt CO<sub>2</sub> equivalente.

### Gráfico 19

*Emisiones de gases de efecto invernadero a nivel nacional de combustión estacionaria reportada en Mt de CO<sub>2</sub> equivalente en los años 2022, 2030, 2040 y 2050.*



En combustión móvil según sea el escenario se logra reducir las emisiones varían considerablemente. En el escenario de NZE-50 al año 2050 se logra la eliminación de las emisiones de GEI bajo el supuesto que toda la flota vehicular se vuelve eléctrica. En el escenario tendencial las emisiones alcanzan a duplicarse para el final del periodo de análisis. El en el gráfico 20 se puede apreciar la comparación de las emisiones en combustión móvil por escenario para los años 2022, 2030, 2040 y 2050.

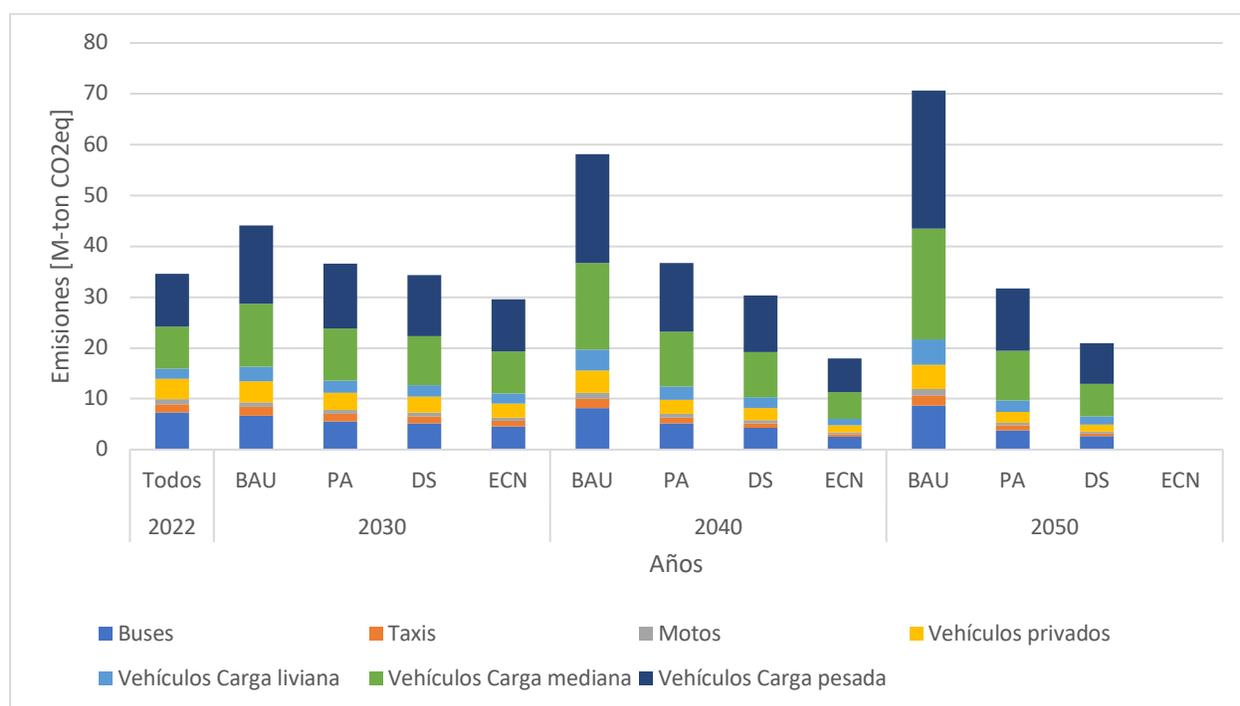
En el año 2030 las emisiones crecen en el escenario tendencial y de PA, por el contrario, disminuyen en el escenario de SD-70 y de NZE-50. El nivel de emisiones en el escenario tendencial es de 44.04 Mt CO<sub>2</sub> equivalente. Un menor nivel se alcanza con el escenario de PA, siendo de 36.64 Mt CO<sub>2</sub> equivalente. En el escenario de SD-70 el nivel de las emisiones disminuye por debajo de del año 2022 alcanzando un valor de 34.28 Mt CO<sub>2</sub> equivalente. En el escenario de NZE-50 las emisiones caen por debajo del escenario de SD-70 alcanzando un nivel de 29.61 Mt CO<sub>2</sub> equivalente.

En el año 2040 las diferencias entre los niveles de las emisiones de GEI son muy marcadas. En el escenario tendencial el nivel de las emisiones llega a tener un valor de 58.14 Mt CO2 equivalente. En el escenario de políticas anunciada el nivel es menor, con un valor de 36.74 Mt CO2 equivalente. En el escenario de SD-70 las emisiones tienen un valor de 30.36 Mt CO2 equivalente. En el escenario de NZE-50 caen a un valor de 17.91 Mt CO2 equivalente.

En el año 2050 en el escenario tendencial las emisiones se duplican con respecto el inicio del año de análisis, alcanzado un valor de 70.64 Mt CO2 equivalente. En el escenario de AP las emisiones de GEI tienen un valor de 31.74 Mt CO2 equivalente. En el escenario de SD-70 al año 2070 el valor de las emisiones de GEI es de 20.89 Mt CO2 equivalente. En el escenario de NZE-50 las emisiones de GEI caen a 0 MT CO2 equivalente.

### Gráfico 20

*Emisiones de gases de efecto invernadero a nivel nacional de combustión móvil reportada en Mt de CO2 equivalente en los años 2022, 2030, 2040 y 2050*



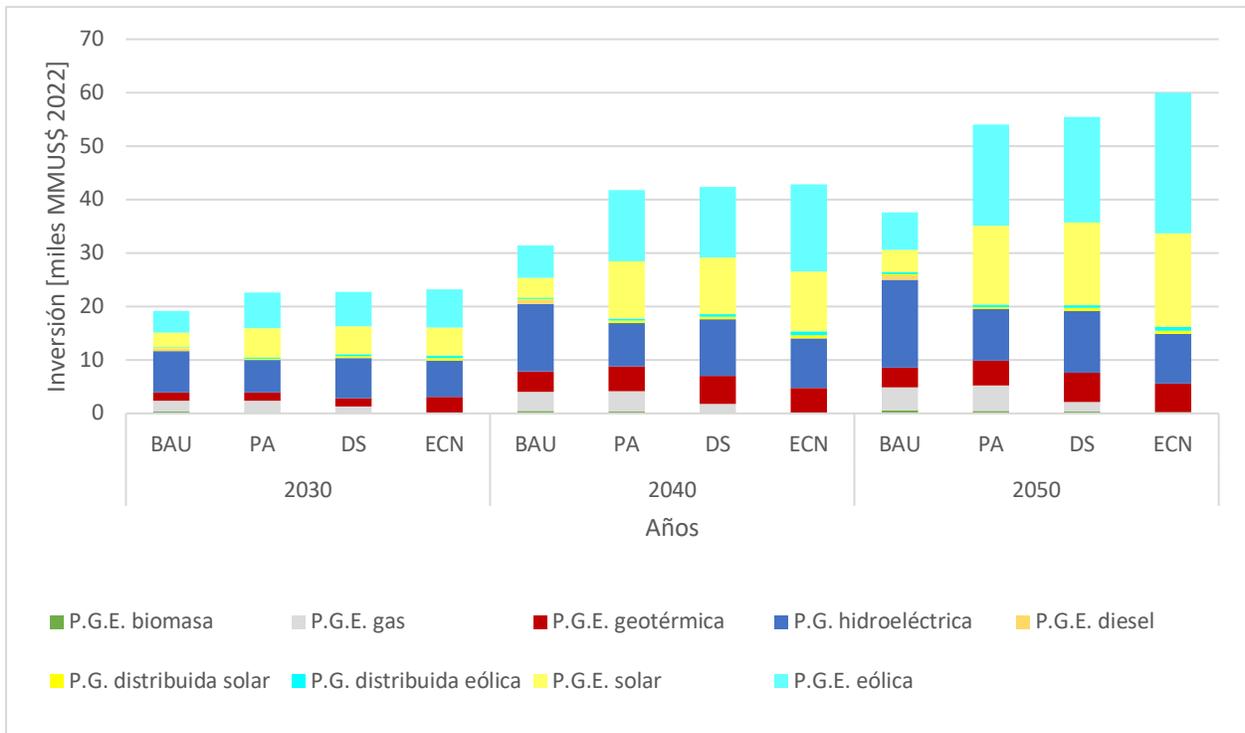
### 3.4 Indicadores de costos asociados

Las inversiones de capital en la industria de generación eléctrica son mayores conforme mayor es el nivel de penetración de energías renovables. En el año 2030 los costos de las inversiones son mayores en el escenario de NZE-50 y menores en el escenario tendencial, con valores intermedios en los escenarios de AP y SD-70. Este

comportamiento entre escenarios se mantiene entre los escenarios en el año 2040 y 2050. La mayoría de las inversiones son en las tecnologías eólica y solar fotovoltaica. En el año 2050 en el escenario de NZE-50 se alcanzan unos CAPEX de 60 mil millones de dólares acumulados. Por otra parte, en el escenario tendencial se alcanza un valor de 37.5 mil millones de dólares al año 2022. En el gráfico 21 se puede apreciar la comparación entre los costos de capital por escenario para los años 2022, 2030, 2040 y 2050.

### Gráfico 21

*Costos de capital a nivel nacional de la industria de generación eléctrica por escenario en miles de millones de dólares americanos en los años 2022, 2030, 2040 y 2050.*

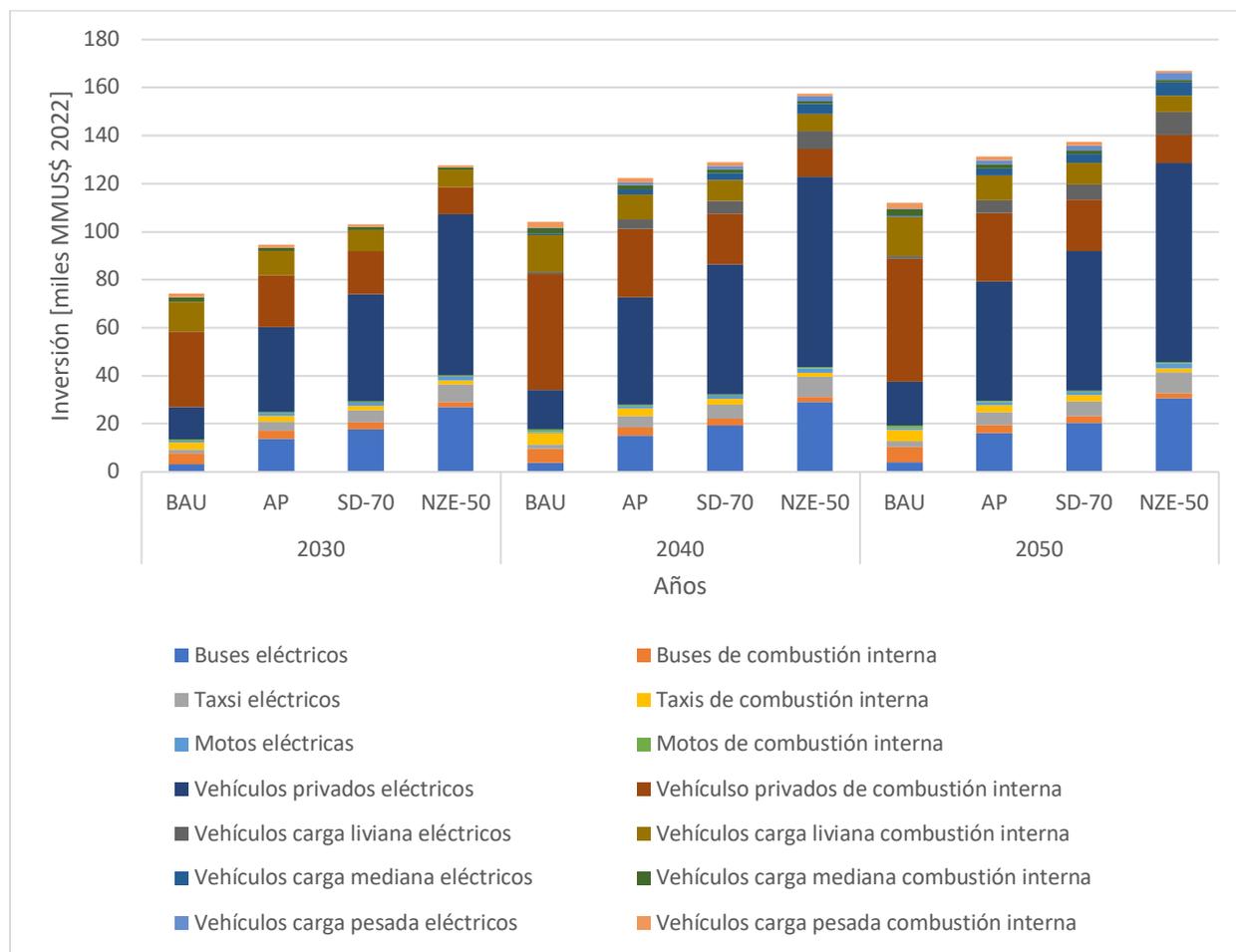


Los costos de capital del sector transporte en el escenario NZE-50 son los mayores de los cuatro escenarios con un valor de 167 mil millones dólares americanos con el año 2022 de base al final del periodo de análisis. El escenario de SD-70 serían el segundo escenario con mayor nivel de costos de inversión con un total de 137 mil millones de dólares americanos. El escenario AP es el tercer en nivel de inversiones de capital con un valor de 131 mil millones de dólares americanos. El escenario BAU es el escenario con menor nivel de inversiones con un valor de 112 mil millones de dólares

americanos. En el gráfico 22 se muestra una comparación entre CAPEX de los diferentes escenarios para los años 2022, 2030, 2040 y 2050.

### Gráfico 22

*Costos de capital a nivel nacional del sector transporte por escenario en miles de millones de dólares americanos en los años 2022, 2030, 2040 y 2050.*



## 4 Principales hallazgos y conclusiones.

Las tecnologías renovables no convencionales como la solar fotovoltaica, necesitan de mayor capacidad instalada, para generar la energía equivalente a la que se genera con energías convencionales. Esto ocurre por los períodos en los cuales las plantas de energía solar no pueden generar electricidad por falta de radiación solar o por falta de viento en el caso de la energía eólica. En un escenario de descarbonización los costos de inversión asociados a las tecnologías de energías renovables son mayores que los costos asociados a las tecnologías que usan combustibles fósiles.

Es posible la descarbonización del sector transporte y para lograr este objetivo es necesaria la electrificación de la matriz energética, la entrada masiva de vehículos eléctricos y el aumento de la participación de las energías renovables en la matriz.

La transformación de la matriz eléctrica en una matriz cien por ciento renovable no es posible en el corto y mediano plazo visto que el gas natural y los derivados del petróleo son fuentes energéticas muy importante en la matriz energética: una cantidad importante de capacidad de generación termoeléctrica funciona con gas natural y los derivados del petróleo son casi imprescindibles en la combustión móvil.

## 5 Recomendaciones de política

La implementación progresiva de impuestos a los combustibles fósiles y/o a las emisiones de gases de efecto invernadero ayudaría en la incorporación de las tecnologías de energías renovables. Los impuestos elevarían los costos de las tecnologías que usan combustibles fósiles para operar, haciéndolas caras frente a las tecnologías renovables. Sin implementar este impuesto las tecnologías renovables tendrían unos costos globales mayores que las tecnologías que usan combustibles fósiles.

Facilidades tributarias y financieras ayudarían en la masificación de los vehículos eléctricos. Las emisiones GEI provenientes de la combustión móvil se podrían disminuir hasta un valor de cero con una flota a nivel nacional completamente eléctrica. Políticas enfocadas a cambios modales incentivando el uso de transporte público serían de gran apoyo.

## 6 Bibliografía

Andrian, L. G., & Álvarez, C. M. (2023). *Desafíos globales, soluciones locales: modelando el proceso de descarbonización en la Región Andina*. Banco Interamericano de Desarrollo.

MINEM. (2021). *Balance Nacional de Energía 2019*. Lima: Ministerio de Energía y Minas.

OSINERGMIN. (2019). *Energías renovables: experiencia y perspectivas en la ruta del Perú hacia la transición energética*. Lima: Energías renovables: experiencia y perspectivas en la ruta del Perú hacia la transición energética.

Quirós-Tortós, J., Godinez-Zamora, G., De la Torre Ugarte, D., Heros, C., Lazo Lazo, J., & Ruiz, E. (2021). *Costos y beneficios de la carbono-neutralidad en el Perú: una evaluación robusta*. -: Banco Interamericano de Desarrollo.