



Unidad de Planeación
Minero Energética

Resultados Preliminares PEN Regionalizado

Tomo III



Tomo I

Plan Energético **Nacional** y **Regional**

- Marco general
- Conceptualización de escenarios
- Contextualización a Plan Energético Regional
- Resultados procesos participativos

Tomo II

Plan Energético **Nacional**

- Insumos/Supuestos
- Resultados escenarios PD, PA, y CN
- Recomendaciones de política pública
- Planes Estratégicos

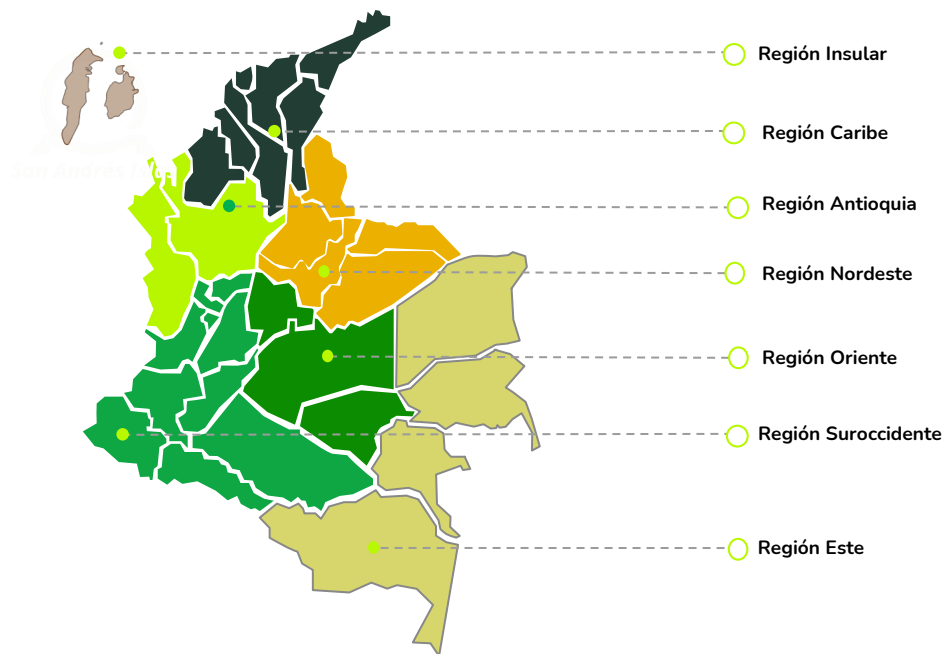
Tomo III

Plan Energético **Regional**

- Resultados preliminares escenario CN
- Recomendaciones de política pública

Fases de socialización y divulgación + Respuesta a comentarios

Regionalización en la TEJ



- **Región Insular:** San Andrés, Providencia y Santa Catalina.
- **Región Este:** Vichada, Guainía, Vaupés y Amazonas.
- **Región Caribe:** Atlántico, Bolívar, Cesar, Córdoba, La Guajira, Magdalena y Sucre.
- **Región Oriente:** Guaviare, Meta, Cundinamarca y Bogotá.
- **Región Suroccidente:** Nariño, Putumayo, Caquetá, Cauca, Huila, Valle del Cauca, Tolima, Caldas, Risaralda y Quindío.
- **Región Antioquia:** Antioquia y Chocó.
- **Región Nordeste:** Norte de Santander, Santander, Boyacá, Casanare y Arauca.

**Entorno económico,
social y ambiental
favorable**

*Nivel de desarrollo y
viabilidad de las políticas
vinculantes.*

*Un entorno más
favorable implica mayor
respaldo institucional,
financiamiento adecuado,
desarrollo económico,
tecnología disponible y
apoyo social.*

**POLÍTICAS
ANUNCIADAS**

**CARBONO
NEUTRALIDAD
2050**

Aspira alcanzar **emisiones netas cero para 2050**. Implica una **transformación profunda** del sistema energético, industrial y de transporte.

**POLÍTICAS
DECLARADAS
(BASE)**

Refleja una **intención de aumentar la ambición climática**. Representa un nivel intermedio de ambición, donde las metas van más allá de las políticas vigentes, pero dependen de una implementación efectiva

Incluye el **cumplimiento de políticas y regulaciones vigentes**. Representa el punto de partida con compromisos vigentes, pero sin cambios significativos hacia una mayor descarbonización.

**Ambición
climática**

Nivel de compromiso de todos los actores, y alcance de las metas de mitigación de cambio climático. Una mayor ambición, implica cumplimiento de las metas de reducción de emisiones y descarbonización.

Con qué herramienta se construyó el PEN Regionalizado

El motor de cálculo: OSeMOSYS

Un marco de modelación energética de código abierto, de uso internacional

- Es un modelo de optimización: no reproduce reglas fijadas de antemano, sino que busca la combinación de tecnologías que abastece toda la demanda al menor costo para el país.
- Representa la cadena energética completa, desde la extracción o importación de recursos hasta el uso final en hogares, industria y transporte.
- Decide simultáneamente qué capacidad conviene instalar cada año y cómo conviene operarla.

La plataforma que lo rodea

Lo que convierte un modelo en una herramienta de trabajo institucional

- Sostiene todo el ciclo: cargar los datos, correr el escenario, revisar los resultados y publicarlos.
- Cada cifra del Tomo III puede rastrearse hasta los datos y supuestos que la produjeron.
- La construyó y la mantiene la UPME; no depende de licencias ni de consultores externos.

Componentes de la plataforma

Base de datos

Cada escenario queda guardado con sus supuestos, su autor y su fecha

Memoria de trabajo

El catálogo de análisis se carga una sola vez y las consultas son inmediatas

Gestión de corridas

Cada simulación avanza por etapas vigiladas, con estado y tiempos visibles

Análisis estandarizado

Cerca de 60 tipos de gráfica con colores, orden y unidades definidos para toda la entidad

Diagnóstico

Cuando un escenario no tiene solución, la herramienta señala dónde está el problema

Código fuente público: github.com/UPME-SubDemanda/Osemosys_UPME

Qué cambia y qué no cambia frente al Escenario Nacional

Lo que NO cambia

- Las ecuaciones. El planteamiento matemático y las restricciones son los mismos en los dos escenarios: no se escribió un modelo aparte para el regional.
- El criterio de decisión: abastecer toda la demanda al menor costo total del sistema a lo largo de los treinta años.
- Los supuestos de partida: población, crecimiento económico, precios y metas de política son los mismos.
- Por qué importa: si los dos escenarios difieren, la diferencia viene de los datos del territorio y no de haber cambiado el modelo.

Lo que SÍ cambia

- Resolución espacial y el tamaño del problema. El territorio se representa replicando tecnologías y energéticos hasta siete veces dependiendo su existencia y/o potencial en cada región, así que el número de variables y ecuaciones se multiplica: el escenario regional llega al orden de los millones de restricciones.
- Aparece el intercambio de energéticos entre regiones entre regiones: diez enlaces eléctricos, cuatro de gas y quince de crudo que en el escenario nacional simplemente no existen.
- La oferta y la demanda dejan de ser una cifra del país y pasan a tener ubicación.

Cómo se representa el territorio

(cada tecnología o energético existe tantas veces como regiones donde puede existir)

▪ **El modelo no sabe de mapas.** Para que reconozca el territorio, cada tecnología y cada energético se copia una vez por región y se le antepone una etiqueta de dos letras.

▪ **Una central hidroeléctrica en Antioquia y otra idéntica en Caribe** son, para el modelo, dos elementos distintos, con sus propios costos, potenciales y límites.

▪ **Solo se replica donde tiene sentido:** no se crean centrales de embalse en regiones sin potencial hídrico, ni refinerías donde no existen.

Representación completa

≈400 tecnologías y ≈90 energéticos por región

Caribe · Oriente · Suroccidente · Antioquia · Nordeste

Representación reducida

Cerca de un tercio de las tecnologías y energéticos existentes

Sureste · Insular — sistemas parcialmente aislados, no intercambian energía

Convención de nomenclatura regional:

XX_ + código base

y

TRN<energético>_<origen>_<destino>_<otros>

Etiquetas regionales que antecede a cada código

AN
Antioquia

CA
Caribe

IN
Insular

NE
Nordeste

OR
Oriente

SE
Sureste

SO
Suroccidente

Energético	Ejemplo de tecnología regional	Descripción	Ejemplo de transporte
Electricidad	CA_PWRTRN	Transmisión regional Caribe	TRNELC_CA_OR
Crudo	NE_MINOIL_1LIV	Producción de petróleo liviano, Nordeste	TRNOIL_NE_CA_1LIV
Gas natural	SO_MINNGS	Yacimientos de gas natural, Suroccidente	TRNNGS_NE_SO

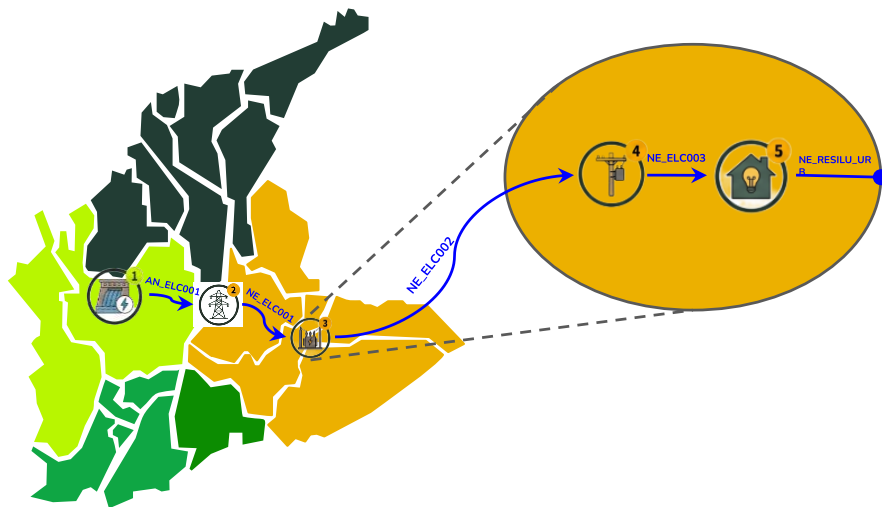
▪ **Un mismo proceso existe hasta siete veces** como elementos distintos del modelo, cada uno con sus propios parámetros técnicos y económicos.

▪ **El prefijo hace reversible la desagregación:** obtener el agregado nacional es una operación mecánica y verificable, no una reconstrucción.

▪ **Los energéticos de alcance transversal** conservan su código sin etiqueta regional.

Ejemplo flujo escenario regionalizado

Ejemplo: de una hidroeléctrica en Antioquia a la iluminación de un hogar urbano en Nordeste



TECNOLOGÍA INVOLUCRADA

- Paso 1**
AN_PWRHYDDAM
Hidroeléctrica de embalse, Antioquia
- Paso 2**
TRNELC_AN_NE
Transporte interregional, modo 1
- Paso 3**
NE_PWRTRN
Transmisión regional, Nordeste
- Paso 4**
NE_PWRDIST
Distribución, Nordeste
- Paso 5**
NE_DEMRESELCILU_MID_URB
Iluminación residencial urbana

ENERGÉTICO/COMMODITY INVOLUCRADO

-  Energético/Commodity
AN_ELC001
-  Energético/Commodity
NE_ELC001
-  Energético/Commodity
NE_ELC002
-  Energético/Commodity
NE_ELC003
-  Energético/Commodity
NE_RESILU_URB

Interconexión eléctrica entre regiones

(malla completa entre las cinco regiones del SIN)

10

enlaces modelados

5

regiones interconectadas

2

modos de operación

Tecnología	Enlace	Tecnología	Enlace
TRNELC_CA_OR	Caribe – Oriente	TRNELC_OR_SO	Oriente – Suroccidente
TRNELC_CA_NE	Caribe – Nordeste	TRNELC_OR_NE	Oriente – Nordeste
TRNELC_CA_AN	Caribe – Antioquia	TRNELC_SO_AN	Suroccidente – Antioquia
TRNELC_CA_SO	Caribe – Suroccidente	TRNELC_SO_NE	Suroccidente – Nordeste
TRNELC_OR_AN	Oriente – Antioquia	TRNELC_AN_NE	Antioquia – Nordeste

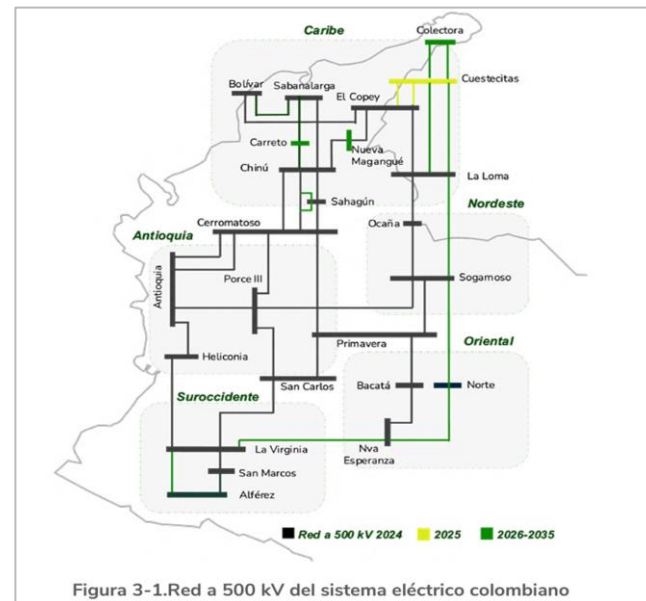


Figura 3-1. Red a 500 kV del sistema eléctrico colombiano

- **Los 10 enlaces son la malla completa** entre las cinco regiones del SIN, y coinciden exactamente con lo declarado en la metodología.
- **Bidireccionalidad mediante el segundo modo de operación:** el modo 1 consume el energético en la región de origen y lo entrega en la de destino; el modo 2 invierte la relación. Es la única decisión de modelación genuinamente atribuible a la regionalización.
- **Sureste e Insular no aparecen** porque se representan como sistemas aislados: no intercambian energía con las demás regiones. Su ausencia es una decisión de modelación, no un olvido.

Cadena de crudo y refinación

15

tecnologías de transporte

5

corredores

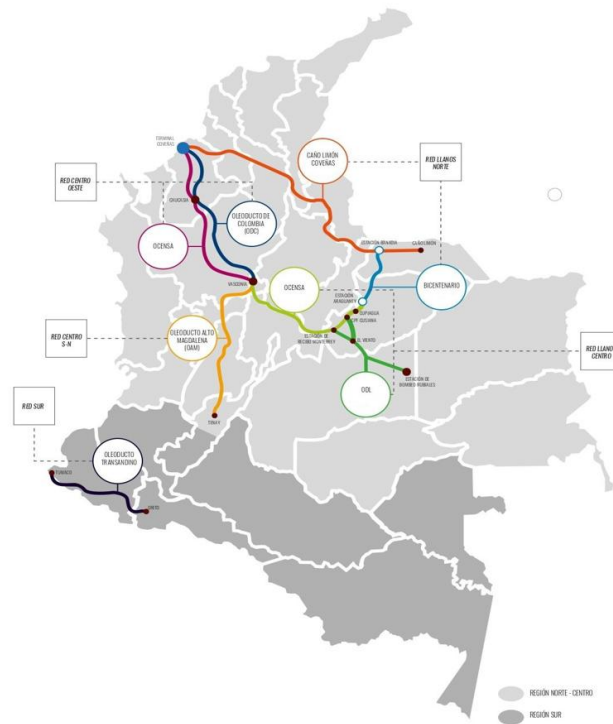
2

refinerías

Corredor	Infraestructura de referencia	Calidades
TRNOIL_OR_NE	Oriente → Nordeste — Oleoducto de los Llanos Orientales	1LIV · 2MED · 3PES
TRNOIL_NE_AN	Nordeste → Antioquia — Oleoducto Central Ocensa	1LIV · 2MED · 3PES
TRNOIL_NE_CA	Nordeste → Caribe — Oleoducto Caño Limón-Coveñas	1LIV · 2MED · 3PES
TRNOIL_SO_AN	Suroccidente → Antioquia — Oleoducto Alto Magdalena	1LIV · 2MED · 3PES
TRNOIL_AN_CA	Antioquia → Caribe — Oleoductos Ocensa y de Colombia	1LIV · 2MED · 3PES

- **La región que produce no es la que refina ni la que consume:** solo Nordeste (Barrancabermeja) y Caribe (Cartagena) tienen refinería, mientras la producción se reparte entre las cinco regiones.
- **La calidad del crudo no es sustituible:** liviano, mediano y pesado se transportan por corredores independientes porque la calidad determina el destino de refinación.
- **Todo el transporte de crudo es unidireccional.** El comercio exterior se modela con tecnologías dedicadas de exportación e importación en puertos del Caribe y del Suroccidente.

REDES DE OLEODUCTOS EN COLOMBIA



Cadena de gas natural



Unidad de Planeación
Minero Energética

4

enlaces modelados

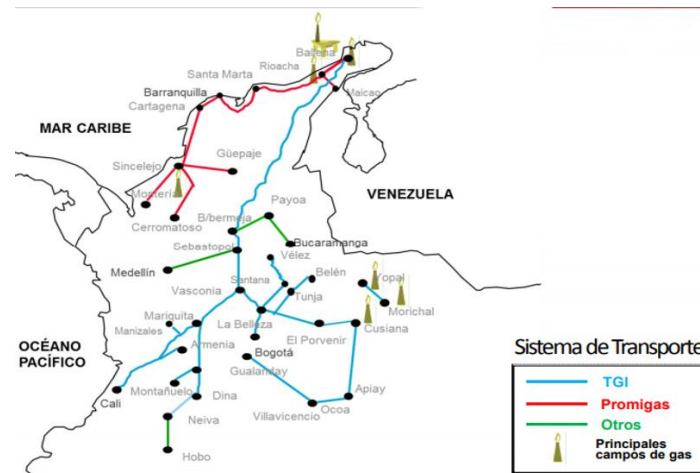
2

regasificadoras

1

enlace bidireccional

Tecnología	Enlace	Infraestructura de referencia
TRNNGS_CA_NE	Caribe → Nordeste	Gasoducto Ballena-Barrancabermeja
TRNNGS_NE_AN	Nordeste → Antioquia	Gasoducto Sebastopol
TRNNGS_NE_SO	Nordeste → Suroccidente	Gasoducto Mariquita-Cali
TRNNGS_NE_OR	Nordeste → Oriente	Gasoducto Centro Oriente



- **Dependencia estructural del corredor Ballena-Barrancabermeja:** es la puerta de entrada del gas del Caribe hacia el interior, y desde Nordeste se distribuye a Antioquia, Suroccidente y Oriente.
- **La bidireccionalidad se aplica de forma selectiva** según la topología efectiva de la infraestructura: solo uno de los cuatro enlaces admite reversión.
- **Respaldo por regasificación e importación de GNL** en Caribe (CA_UPSREG) y Suroccidente (SO_UPSREG).



Resultados Demanda Total Agregada



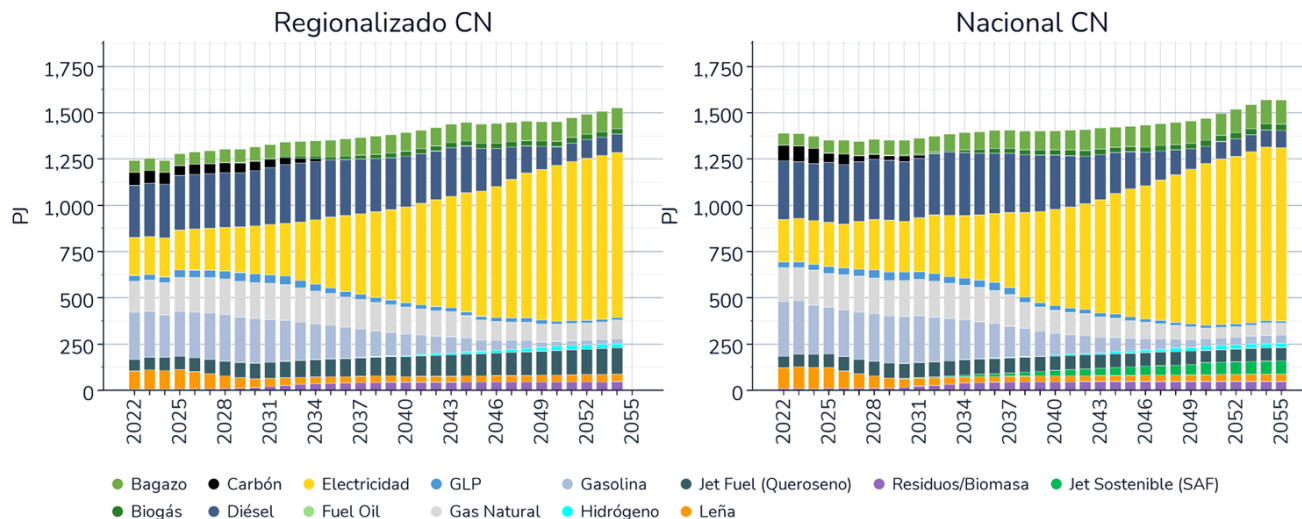
Cómo se regionalizó cada sector de demanda

Sector	Variable de actividad	Fuentes principales	Limitación declarada
Transporte	Distribución territorial del stock rodante y actividad por modo	BECO regional, SICOM, RUNT, ETUP/RNDC, Aerocivil	El BECO regional no tiene apertura modal; el lugar de abastecimiento no es el territorio de la actividad
Industrial	Valor agregado por rama; intensidades del BEU constantes en el horizonte	BECO, BEU, cuentas departamentales DANE, EAM, PAI-PROURE	Sin intensidades energéticas diferenciadas por región; reserva estadística de la EAM
Residencial	Hogares urbanos y rurales por región × intensidad por hogar (BEU)	Proyecciones DANE, ECV, BEU, PNSL, ICEE	Demanda en ZNI posiblemente subestimada; la ECV no cuantifica consumo por combustible
Terciario	Actividad económica regional × matriz de usos finales	BECO, PAI-PROURE 2022-2030	Sin censo unificado de área construida; baja penetración de AMI; demanda suprimida en ZNI

- **Todos los sectores parten de las proyecciones nacionales del PEN** y preservan consistencia con el BECO y el BEU: la regionalización distribuye y diferencia, no reemplaza.
- **Enfoque explícitamente iterativo:** donde no hay evidencia regional suficiente se conserva el parámetro nacional, en lugar de introducir una diferencia sin respaldo.
- **Consecuencia para la lectura de resultados:** las diferencias regionales observadas provienen de estructura y actividad, no de trayectorias tecnológicas diferenciadas por región.

Escenario Carbono-Neutralidad (CN)

Demanda Total Regional vs Demanda Nacional (por energético)



→ **Electrificación:** Ambos modelos muestran como la electricidad se consolida como el principal energético, aumentando de aproximadamente 215 PJ en 2025 a cerca de 900 PJ en 2054, impulsada por la sustitución progresiva de combustibles convencionales.

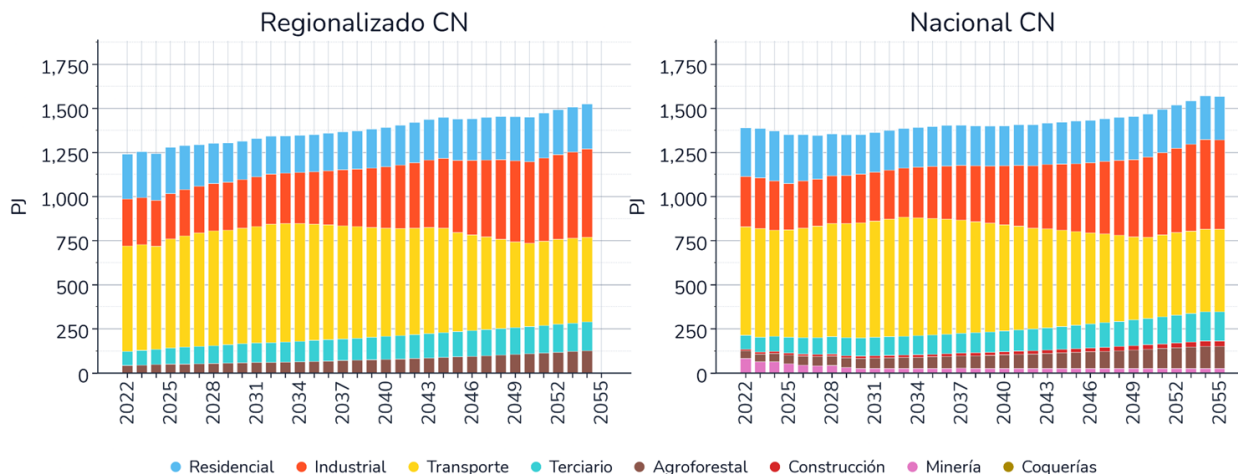
→ **Sustitución de combustibles fósiles:** El carbón presenta la mayor reducción relativa, pasando de 50–53 PJ en 2025 a cerca de 0,2 PJ en 2054, mientras que el diésel disminuye de más de 300 PJ a alrededor de 95 PJ y la gasolina reduce su consumo desde aproximadamente 240–250 PJ hasta valores inferiores a 50 PJ.

→ **Diversificación energética:** En contraste a la reducción de combustibles fósiles, fuentes renovables y emergentes incrementan su participación. El bagazo aumenta desde 66–69 PJ hasta superar los 110 PJ, el biogás alcanza cerca de 30 PJ y el hidrógeno inicia su incorporación desde 2030, llegando a superar los 21 PJ en 2054.

Escenario Carbono-Neutralidad (CN)

Demanda Total Regional vs Demanda Nacional

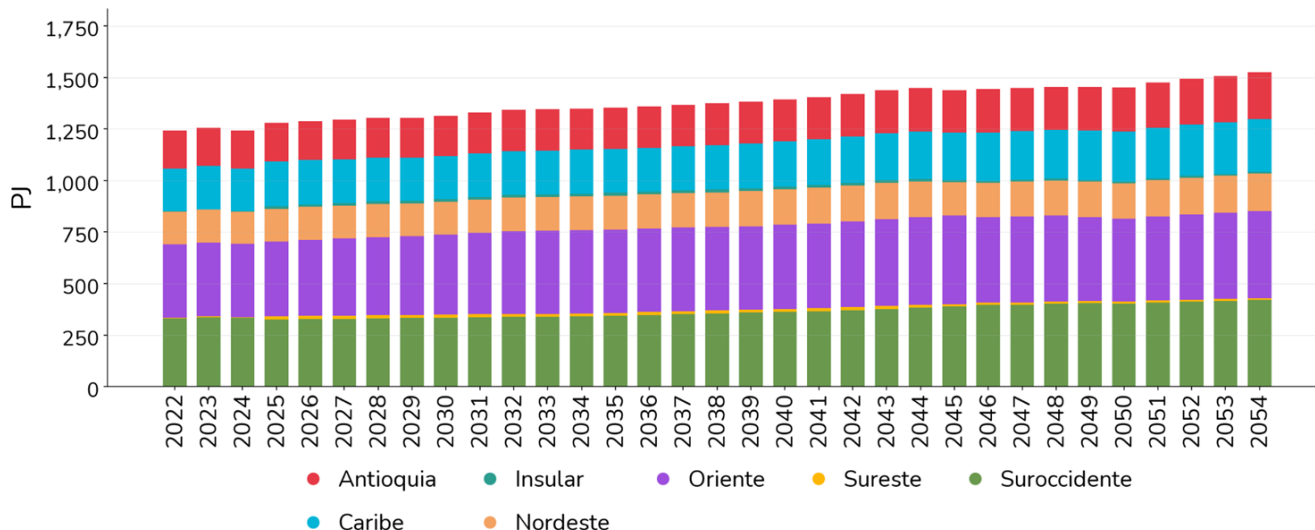
(por sector de demanda)



- **Predominio del transporte:** El sector transporte se mantiene como el mayor consumidor energético durante todo el horizonte de análisis. Sin embargo, su demanda presenta una reducción progresiva después de alcanzar un máximo cercano a 670 PJ en la década de 2030, hasta ubicarse alrededor de 470–480 PJ en 2054.
- **Crecimiento industrial:** Este sector es el principal motor del aumento de la demanda energética, incrementándose desde aproximadamente 260–285 PJ en 2022 hasta superar los 500 PJ en 2054, lo que le permite superar al transporte como principal fuente de crecimiento del consumo.
- **Expansión de servicios y actividades productivas:** Los sectores terciario y agroforestal muestran una trayectoria ascendente, prácticamente duplicando su consumo energético. El terciario aumenta de cerca de 80 PJ a 165 PJ, mientras que el agroforestal pasa de aproximadamente 44 PJ a 126 PJ.



Resultados Demanda Total Regional - Distribución de demanda entre regiones

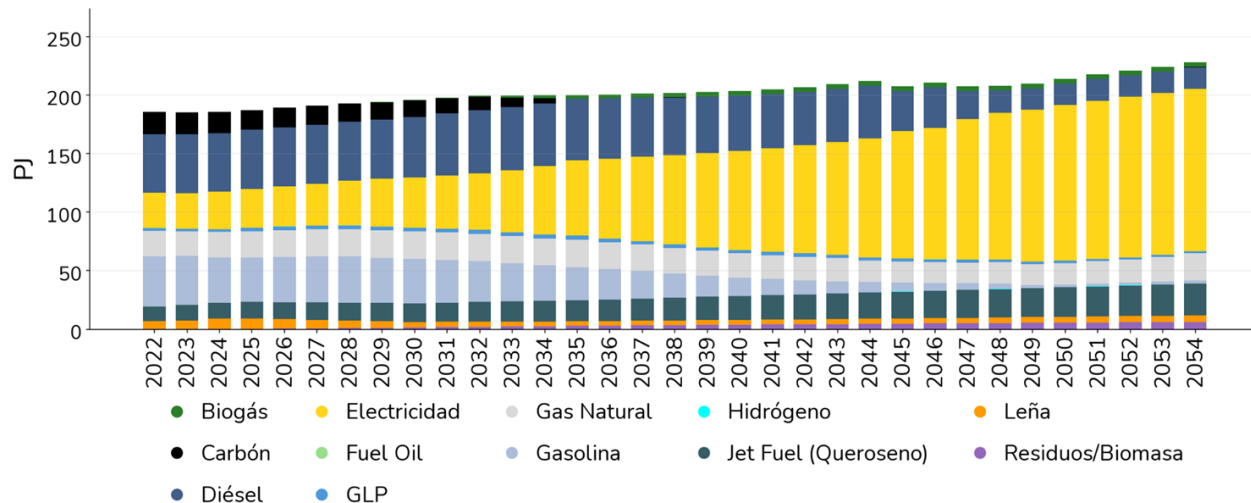


→ **Concentración regional:** Oriente y Suroccidente se consolidan como las regiones de mayor demanda energética durante todo el horizonte, alcanzando cerca de 421 PJ y 420 PJ en 2054, respectivamente. Caribe mantiene una participación relevante, incrementando su consumo desde 206 PJ en 2022 hasta aproximadamente 255 PJ al final del período.

→ **Crecimiento regional moderado:** Antioquia y Nordeste presentan una trayectoria creciente, aunque con menores tasas de expansión frente a las regiones de mayor consumo. Antioquia aumenta de 186 PJ a 228 PJ, mientras que Nordeste pasa de 158 PJ a 183 PJ entre 2022 y 2054.

→ **Participación marginal:** Las regiones Insular y Sureste mantienen una contribución reducida dentro de la demanda total, con consumos inferiores a 10 PJ al final del horizonte, por lo que la estructura energética nacional continúa concentrándose principalmente en Oriente, Suroccidente, Caribe y Antioquia.

Resultados Demanda Total Regional - Región Antioquia (por energético)

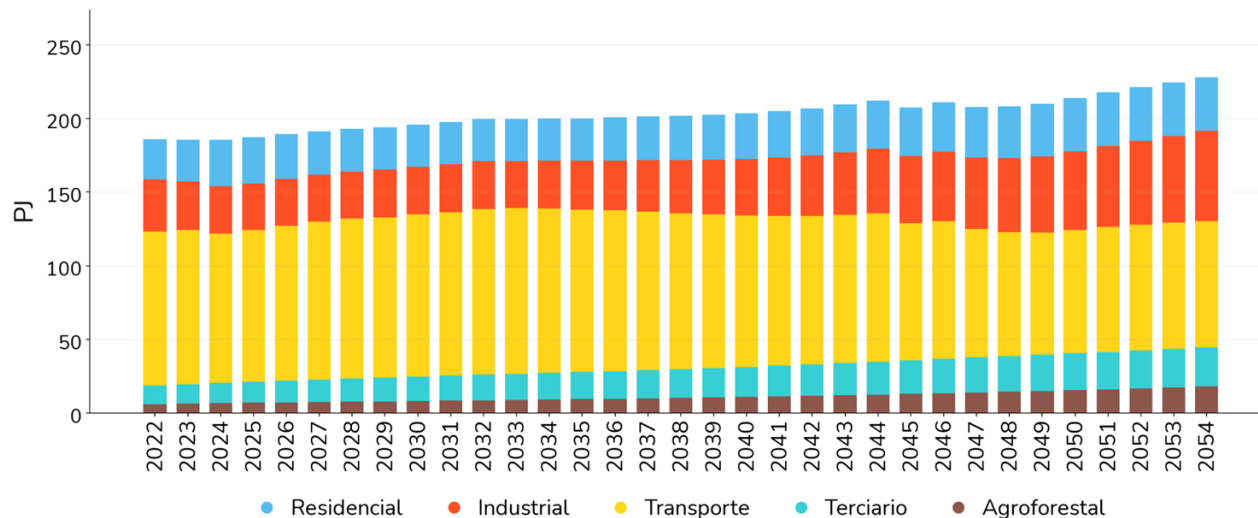


→ **Electrificación:** La matriz energética de Antioquia presenta una transformación progresiva hacia una mayor participación eléctrica pasando de 30 PJ en 2022 (16%) a cerca de 139 PJ en 2054 (61%), consolidándose como el principal energético al final del horizonte.

→ **Reducción de combustibles fósiles:** Los combustibles fósiles reducen de manera significativa su participación en la demanda regional. La gasolina disminuye de 43 PJ (23 %) a aproximadamente 2 PJ (1 %), el diésel pasa de 50 PJ (27 %) a 18 PJ (8 %) y el carbón prácticamente desaparece, reduciéndose de 19 PJ (10 %) a valores inferiores a 0,1 PJ en 2054.

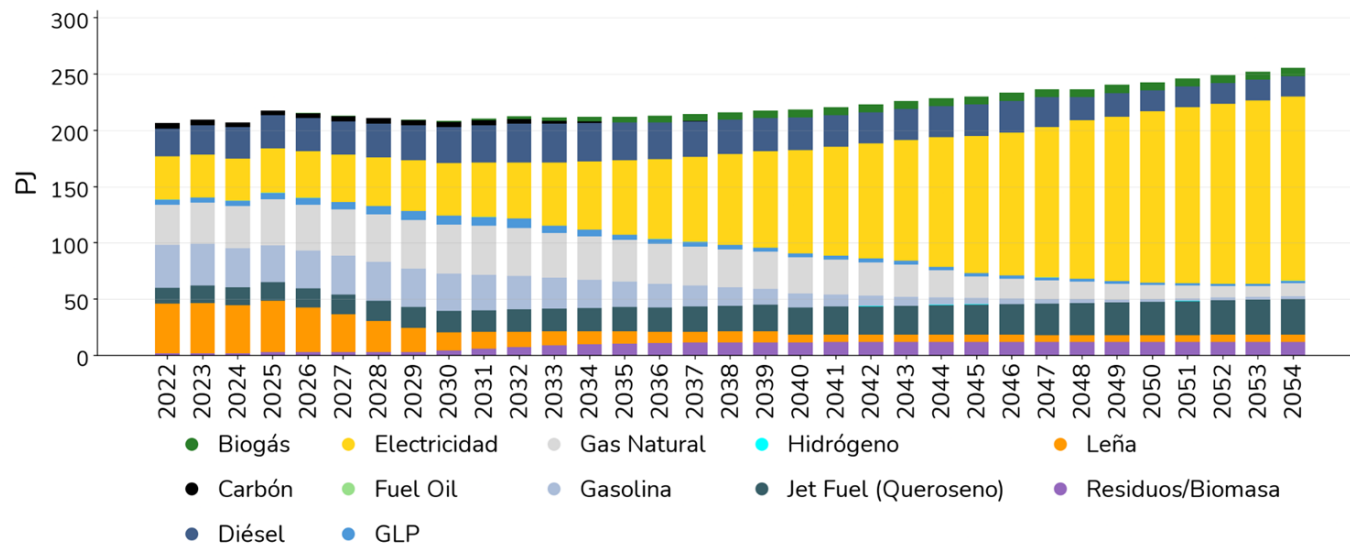
→ **Transformación de la estructura energética:** Mientras los combustibles tradicionales pierden participación, otros energéticos mantienen o incrementan su relevancia. El gas natural conserva una participación cercana al 10 % durante el horizonte, mientras que el jet fuel aumenta su peso relativo, pasando de 12 PJ (7 %) a cerca de 27 PJ (12 %).

Resultados Demanda Total Regional - Región Antioquia (por sector de demanda)



- **Predominio del transporte:** El transporte se mantiene como el principal sector consumidor de energía en Antioquia durante todo el horizonte, aunque reduce su participación en la demanda regional del 56 % en 2022 (105 PJ) al 38 % en 2054 (86 PJ).
- **Crecimiento industrial:** El sector industrial presenta el mayor crecimiento entre los sectores analizados, aumentando de 35 PJ (19 %) en 2022 a 61 PJ (27 %) en 2054.
- **Expansión de sectores productivos:** Los sectores terciario y agroforestal muestran una expansión sostenida, duplicando prácticamente su demanda energética, al pasar de 13 a 27 PJ y de 6 a 18 PJ, respectivamente, durante el horizonte de análisis.
- **Estabilidad residencial:** El sector residencial mantiene un comportamiento relativamente estable alrededor de 36 PJ, aunque incrementa ligeramente su participación dentro de la demanda regional, pasando del 15 % al 16 % entre 2022 y 2054.

Resultados Demanda Total Regional - Región Caribe (por energético)

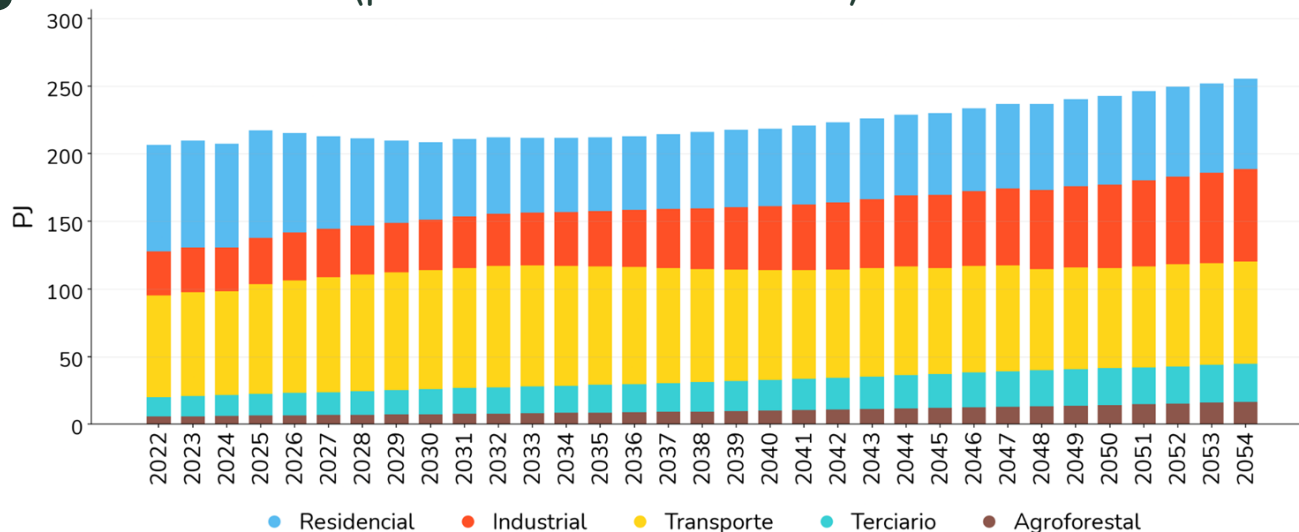


→ **Electrificación:** La región Caribe evoluciona hacia una matriz energética con mayor protagonismo de la electricidad, que aumenta de 38 PJ en 2022 (19 % de la demanda regional) a 164 PJ en 2054 (64 %), consolidándose como el principal energético al final del horizonte.

→ **Reducción de combustibles convencionales:** Los combustibles fósiles reducen progresivamente su participación en la demanda regional. La gasolina disminuye de 38 PJ (18 %) a 2 PJ (1 %), el carbón prácticamente desaparece al pasar de 5 PJ (2 %) a valores cercanos a 0 PJ, mientras que el diésel reduce su peso relativo de 25 PJ (12 %) a 18 PJ (7 %). El gas natural también presenta una disminución, pasando de 36 PJ (17 %) a 12 PJ (5 %).

→ **Diversificación energética:** En contraste con la reducción de algunos energéticos tradicionales, otras fuentes incrementan gradualmente su participación. El biogás aumenta hasta alcanzar 7 PJ (3 %) al final del período, mientras que el jet fuel incrementa su consumo de 14 PJ (7 %) a 32 PJ (12 %), ganando relevancia dentro de la estructura energética regional.

Resultados Demanda Total Regional - Región Caribe (por sector de demanda)



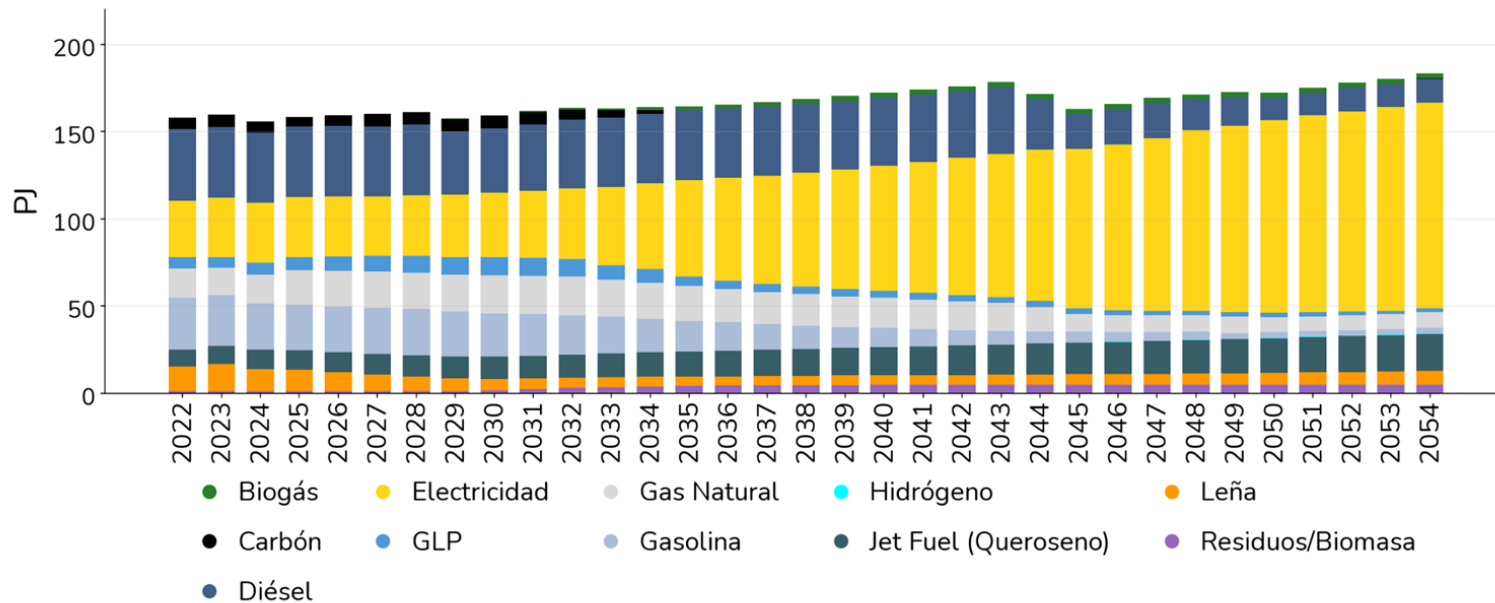
→ **Predominio del transporte:** El transporte se mantiene como el principal sector consumidor de energía en la región Caribe durante todo el horizonte, aunque reduce ligeramente su participación en la demanda regional, pasando de 75,1 PJ (36,4%) en 2022 a 75,5 PJ (29,6%) en 2054.

→ **Crecimiento industrial:** El sector industrial presenta el mayor crecimiento absoluto entre los sectores analizados, aumentando de 32,8 PJ a 68,5 PJ, lo que incrementa su participación dentro de la demanda regional de 15,9% a 26,8% y lo posiciona como uno de los principales impulsores del crecimiento energético.

→ **Transformación residencial y expansión terciaria:** El sector residencial reduce su consumo de 78,6 PJ a 66,7 PJ, disminuyendo su participación de 38,1% a 26,1%. En contraste, el sector terciario prácticamente duplica su demanda, pasando de 14,2 PJ a 28,3 PJ e incrementando su participación de 6,9% a 11,1%.

→ **Crecimiento agroforestal:** El sector agroforestal presenta una expansión sostenida, aumentando de 5,7 PJ a 16,5 PJ entre 2022 y 2054. Aunque mantiene una participación menor dentro de la demanda total, incrementa su peso relativo de 2,7% a 6,4% al final del horizonte.

Resultados Demanda Total Regional - Región Nordeste (por energético)



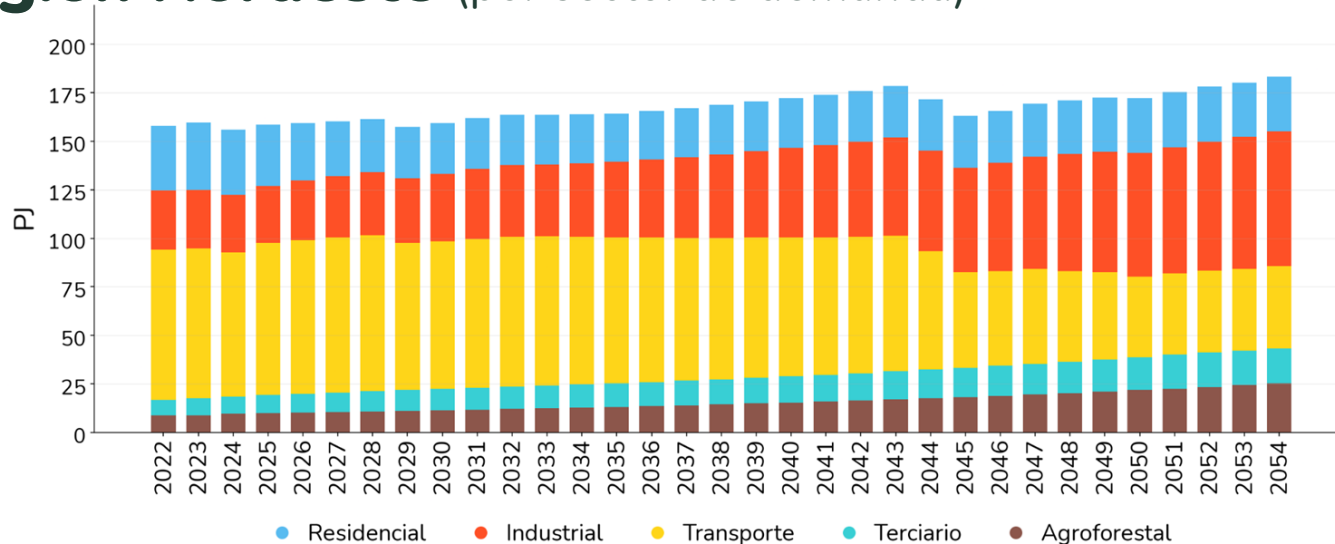
→ **Electrificación de la demanda:** La electricidad se consolida como el energético dominante en la región Nordeste, aumentando de 32,3 PJ en 2022 a 118,3 PJ en 2054, con un incremento de participación dentro de la demanda regional de 20,5% a 64,4%.

→ **Reducción de combustibles fósiles:** El diésel reduce su consumo de 41,0 PJ a 13,6 PJ, disminuyendo su peso del 26,0% al 7,4%. De manera similar, la gasolina presenta una reducción significativa, pasando de 29,9 PJ a 3,4 PJ, mientras que el gas natural disminuye moderadamente de 16,8 PJ a 9,1 PJ.

→ **Incorporación de nuevos energéticos:** Los energéticos asociados a la transición presentan una participación creciente, con el biogás alcanzando 2,9 PJ en 2054 y el hidrógeno incorporándose desde 2040 hasta llegar a 0,23 PJ al final del periodo. En contraste, el jet fuel mantiene una trayectoria creciente, aumentando de 9,6 PJ a 21,3 PJ, mientras que la leña reduce su consumo de 14,1 PJ a 7,9 PJ.



Resultados Demanda Total Regional - Región Nordeste (por sector de demanda)



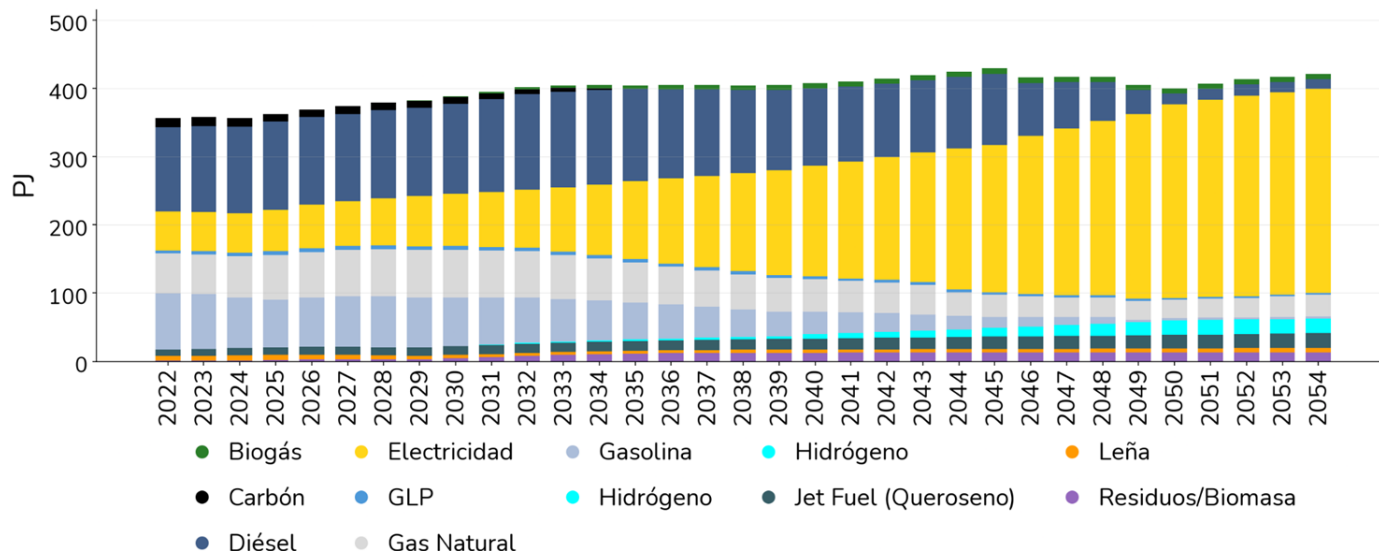
→ **Predominio del transporte con reducción de participación:** El transporte se mantiene como el principal sector consumidor durante gran parte del periodo en la región Nordeste, aunque reduce su participación dentro de la demanda regional, pasando de 77,3 PJ en 2022 (49,8%) a 42,3 PJ en 2054 (23,1%).

→ **Crecimiento industrial:** El sector industrial presenta el mayor crecimiento absoluto entre los sectores analizados, aumentando de 30,4 PJ (19,6%) a 69,3 PJ (37,8%), convirtiéndose en el sector con mayor participación al final del horizonte y consolidándose como el principal impulsor del crecimiento energético regional.

→ **Reducción residencial y expansión terciaria:** El sector residencial disminuye su participación dentro de la demanda regional, pasando de 33,3 PJ (21,1%) a 28,1 PJ (15,4%). En contraste, el sector terciario mantiene una tendencia creciente, aumentando de 8,2 PJ (5,2%) a 18,1 PJ (10%) al final del periodo.

→ **Mayor relevancia del sector agroforestal:** El sector agroforestal duplica su demanda entre 2022 y 2054, pasando de 8,7 PJ (5,5%) a 25,3 PJ (14,8%), incrementando progresivamente su participación dentro de la matriz de consumo energético regional.

Resultados Demanda Total Regional - Región Oriente (por energético)

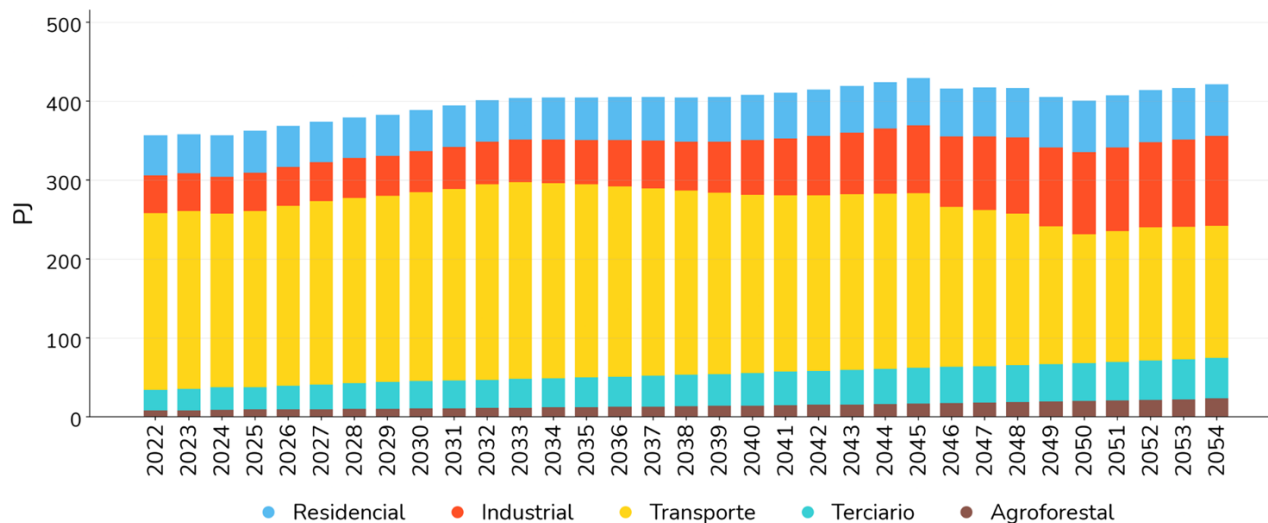


→ **Electrificación de la demanda:** La electricidad se consolida como el energético dominante en la región Oriente, aumentando de 57 PJ en 2022 (16%) a cerca de 299 PJ en 2054 (71%), incrementando significativamente su participación dentro de la matriz energética regional.

→ **Reducción de combustibles fósiles:** El diésel, que inicialmente representa el principal combustible de la región con 123 PJ en 2022 (34,6%), reduce su consumo hasta 14 PJ en 2054 (3,4%). De manera similar, la gasolina disminuye su participación, pasando de 82 PJ (23%) a 3 PJ (1%), mientras que el gas natural reduce su peso relativo de 59 PJ (16,5%) a 32 PJ (7,6%).

→ **Incorporación de nuevos energéticos y fuentes renovables:** El jet fuel presenta una trayectoria creciente, aumentando de 10 PJ a 21 PJ durante el periodo. Asimismo, el hidrógeno comienza a incorporarse en la matriz energética desde 2030, alcanzando cerca de 21 PJ en 2054. Las fuentes renovables emergentes también incrementan su participación, con el biogás creciendo hasta cerca de 8 PJ y los residuos/biomasa aumentando desde 1 PJ hasta aproximadamente 13 PJ.

Resultados Demanda Total Regional - Región Oriente (por sector de demanda)



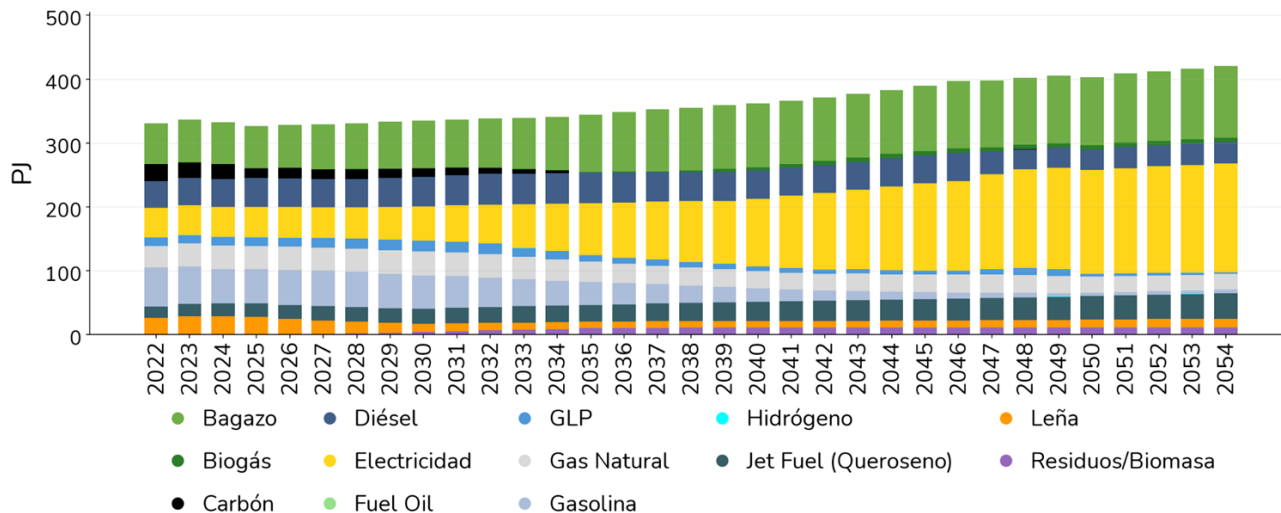
→ **Predominio del transporte con reducción de participación:** El sector transporte se mantiene como el principal consumidor de energía en la región Oriente durante todo el periodo, aunque reduce su participación dentro de la demanda regional, pasando de 224 PJ en 2022 (63%) a 167 PJ en 2054 (40%).

→ **Crecimiento industrial y cambio en la estructura de consumo:** El sector industrial presenta el mayor crecimiento relativo entre los sectores analizados, aumentando de 48 PJ en 2022 (14%) a cerca de 114 PJ en 2054 (27%), consolidándose como el segundo componente más importante de la demanda energética regional.

→ **Estabilidad residencial y expansión terciaria:** El sector residencial presenta una ligera expansión, aumentando de 50 PJ a 66 PJ durante el horizonte de análisis. El sector terciario incrementa progresivamente su participación, pasando de 26 PJ en 2022 (7%) a 52 PJ en 2054 (12%).

→ **Crecimiento agroforestal:** El sector agroforestal, aunque continúa siendo el de menor consumo dentro de la región, presenta un crecimiento sostenido, aumentando de 8 PJ en 2022 a 23 PJ en 2054.

Resultados Demanda Total Regional - Región Suroccidente (por energético)

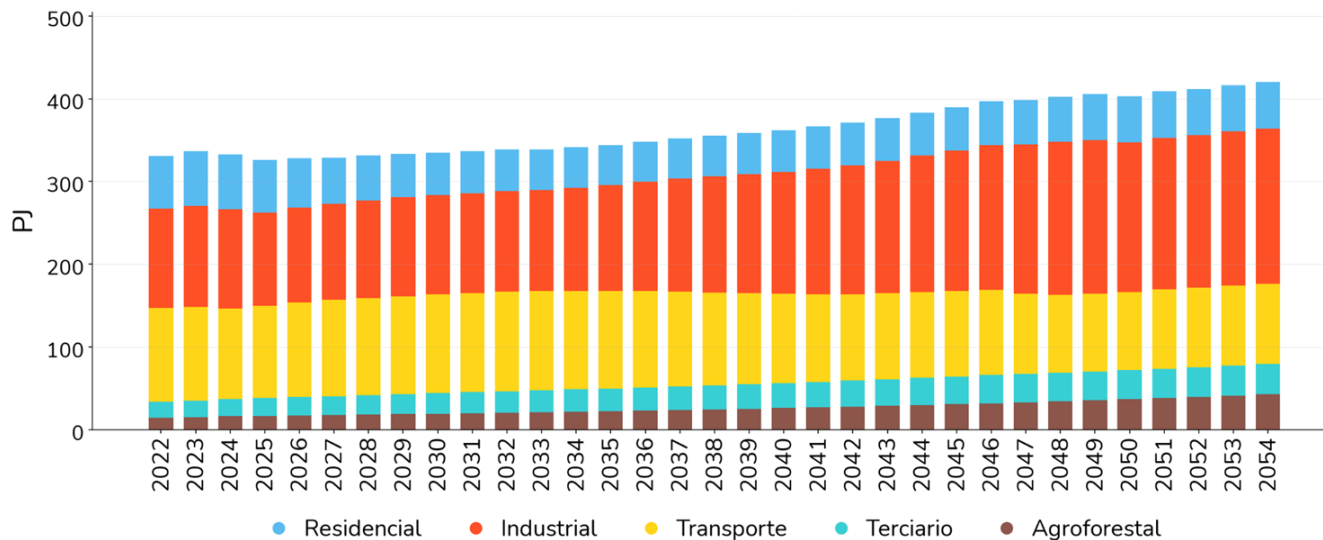


→ **Electrificación de la demanda:** La electricidad incrementa su participación dentro de la matriz energética de la región Suroccidental, aumentando de 46 PJ en 2022 (14%) a cerca de 170 PJ en 2054 (33%), convirtiéndose en el energético con mayor participación al final del periodo.

→ **Participación de energéticos alternativos y reducción de combustibles fósiles:** El bagazo mantiene un papel relevante dentro de la matriz regional, pasando de 64 PJ en 2022 (19%) a aproximadamente 112 PJ en 2054 (22%). En contraste, los combustibles derivados del petróleo reducen su participación relativa: la gasolina disminuye de 61 PJ (18%) a cerca de 6 PJ (1%), mientras que el diésel pasa de 42 PJ (13%) a 33 PJ (8%). Asimismo, el carbón presenta una reducción casi total, disminuyendo de 26 PJ en 2022 (8%) a menos de 0,1 PJ en 2054.

→ **Incorporación de nuevos energéticos y transformación de la matriz:** El jet fuel incrementa su participación, pasando de 18 PJ a 40 PJ, mientras que el gas natural reduce su peso relativo de 34 PJ (10%) a 24 PJ (5%). En paralelo, las fuentes renovables emergentes aumentan su presencia dentro de la matriz energética, con el biogás alcanzando cerca de 7 PJ en 2054 y los residuos/biomasa incrementando su consumo hasta aproximadamente 11 PJ.

Resultados Demanda Total Regional - Región Suroccidente (por sector de demanda)



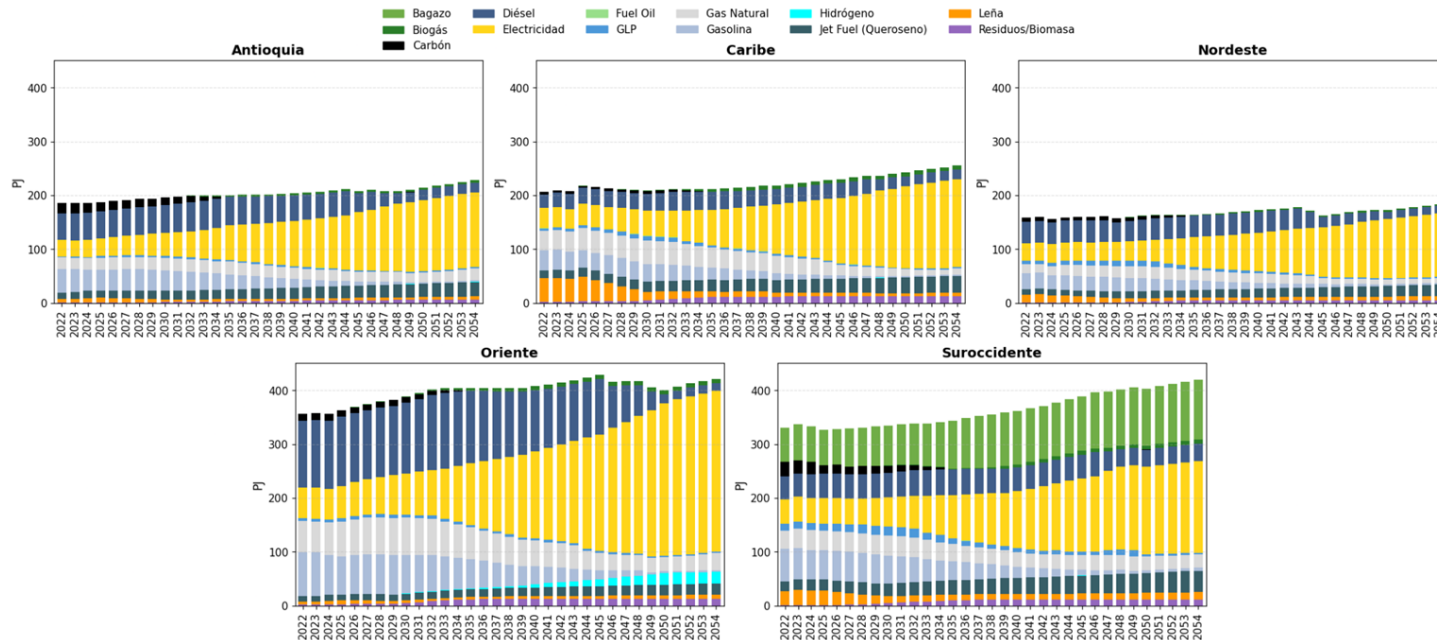
→ **Predominio industria:** industrial se mantiene como el principal consumidor de energía en la región Suroccidental durante todo el periodo, aumentando de 120 PJ en 2022 (36%) a cerca de 188 PJ en 2054 (45%).

→ **Reducción de participación del transporte:** El sector transporte reduce progresivamente su participación relativa dentro de la demanda regional, pasando de 113 PJ en 2022 (34%) a aproximadamente 97 PJ en 2054 (23%), aunque continúa siendo el segundo sector de mayor consumo al final del horizonte.

→ **Disminución residencial y crecimiento terciario:** El sector residencial presenta una reducción moderada de su peso relativo, disminuyendo de 64 PJ en 2022 (19%) a 56 PJ en 2054 (13%). En contraste, el sector terciario mantiene una trayectoria creciente, aumentando de 19 PJ (6%) a 37 PJ (9%) durante el periodo de análisis.

→ **Mayor crecimiento agroforestal:** El sector agroforestal registra el mayor crecimiento relativo entre los sectores analizados, pasando de 15 PJ en 2022 (4%) a cerca de 43 PJ en 2054 (10%), incrementando progresivamente su relevancia dentro de la demanda energética regional.

Resultados Demanda Total Regional



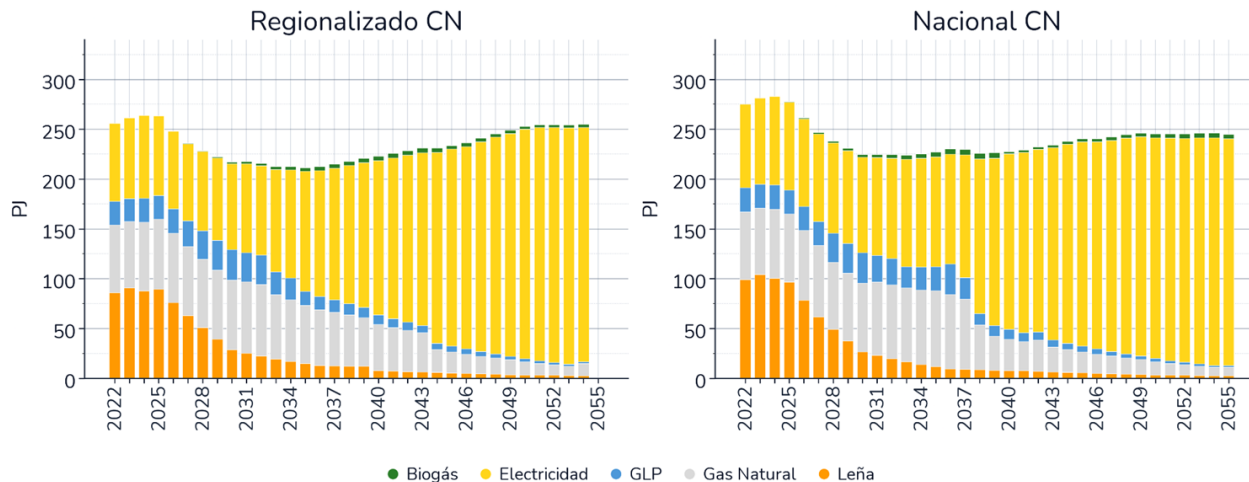
En conjunto, las regiones analizadas presentan una transformación consistente de su matriz energética, caracterizada por el predominio creciente de la electricidad y la reducción progresiva de los combustibles fósiles, especialmente gasolina, diésel y carbón. Aunque todas convergen hacia una matriz de menor intensidad de carbono, persisten diferencias asociadas a la vocación productiva de cada territorio: Oriente lidera el proceso de electrificación, mientras que Suroccidente conserva una participación significativa del bagazo. Adicionalmente, energéticos emergentes como el biogás y el hidrógeno comienzan a incorporarse gradualmente, reflejando que la transición energética avanza de manera diferenciada según las características regionales.

Sector Residencial



Escenario Carbono-Neutralidad (CN) - Sector Residencial

Demanda Regional vs Demanda Nacional (por energético)

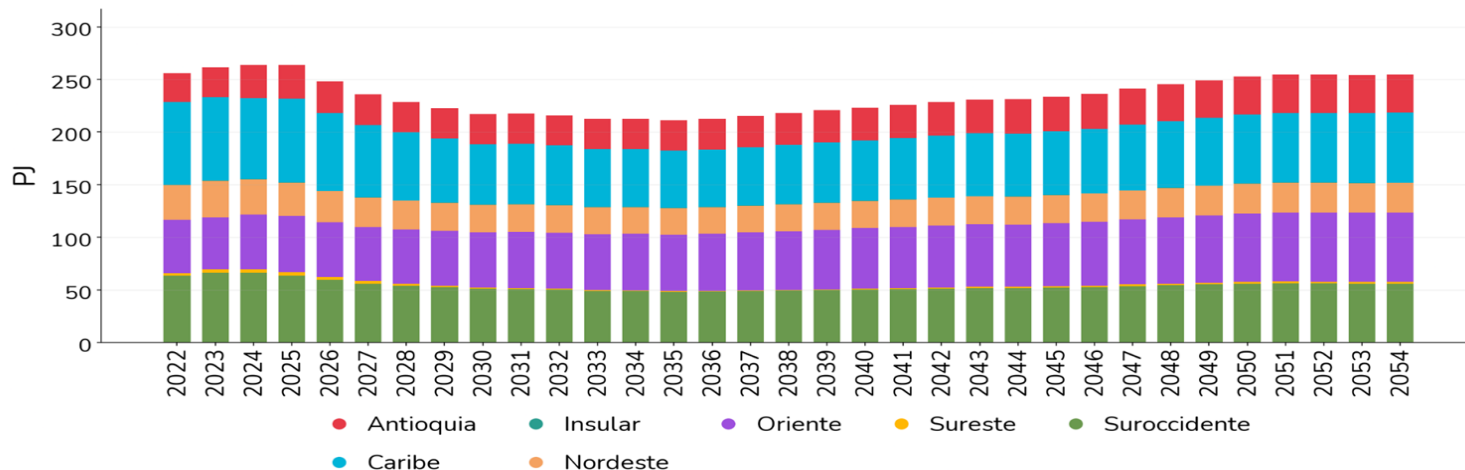


→ **Electrificación:** La demanda disminuye hasta mediados de la década de 2030 y posteriormente se recupera, impulsada por el crecimiento de la electricidad, que aumenta de **80–88 PJ** a más de **225 PJ**.

→ **Sustitución energética:** La leña reduce su consumo de **89–97 PJ** a cerca de **2 PJ**, mientras que el gas natural y el GLP disminuyen de forma sostenida durante todo el horizonte.

→ **Comparación de escenarios:** El escenario regional presenta una mayor penetración de la electricidad al final del período, mientras que el escenario nacional conserva una demanda total ligeramente superior.

Resultados Demanda Sector Residencial Regional - Distribución de demanda entre regiones



→ **Concentración regional:** Caribe y Oriente mantienen la mayor participación en la demanda residencial durante todo el horizonte, alcanzando cerca de **66,7 PJ** y **65,7 PJ** en 2054, respectivamente.

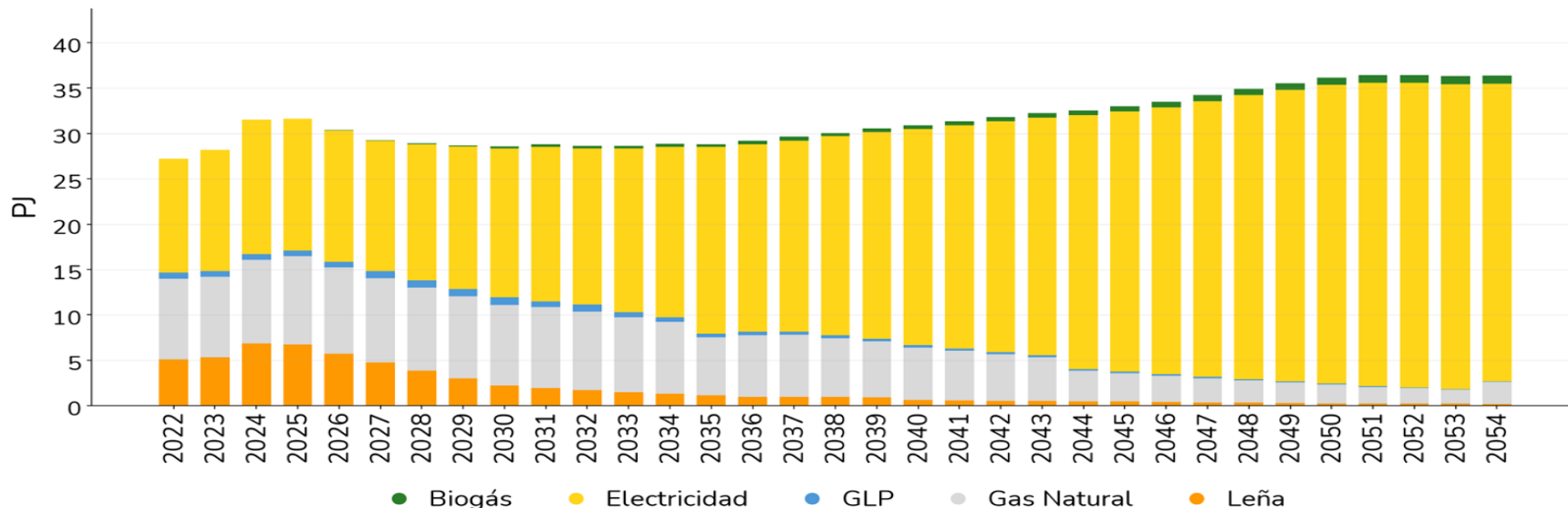
→ **Evolución regional:** Suroccidente reduce su demanda de **63,6 PJ** a **56,0 PJ**, mientras que Antioquia y Nordeste presentan incrementos moderados, pasando de **27,2 PJ** a **36,4 PJ** y de **25,8 PJ** a **28,1 PJ**, respectivamente.

→ **Participación marginal:** Las regiones Insular y Sureste conservan demandas inferiores a **2 PJ** al final del período, evidenciando que el consumo residencial continúa concentrándose en las principales regiones del país.

Resultados Demanda Sector Residencial Regional - Región Antioquia (por energético)



Unidad de Planeación
Minero Energética



→ **Electrificación:** La electricidad incrementa su consumo de **12,5 PJ** en 2022 a cerca de **32,8 PJ** en 2054, consolidándose como el principal energético de la región.

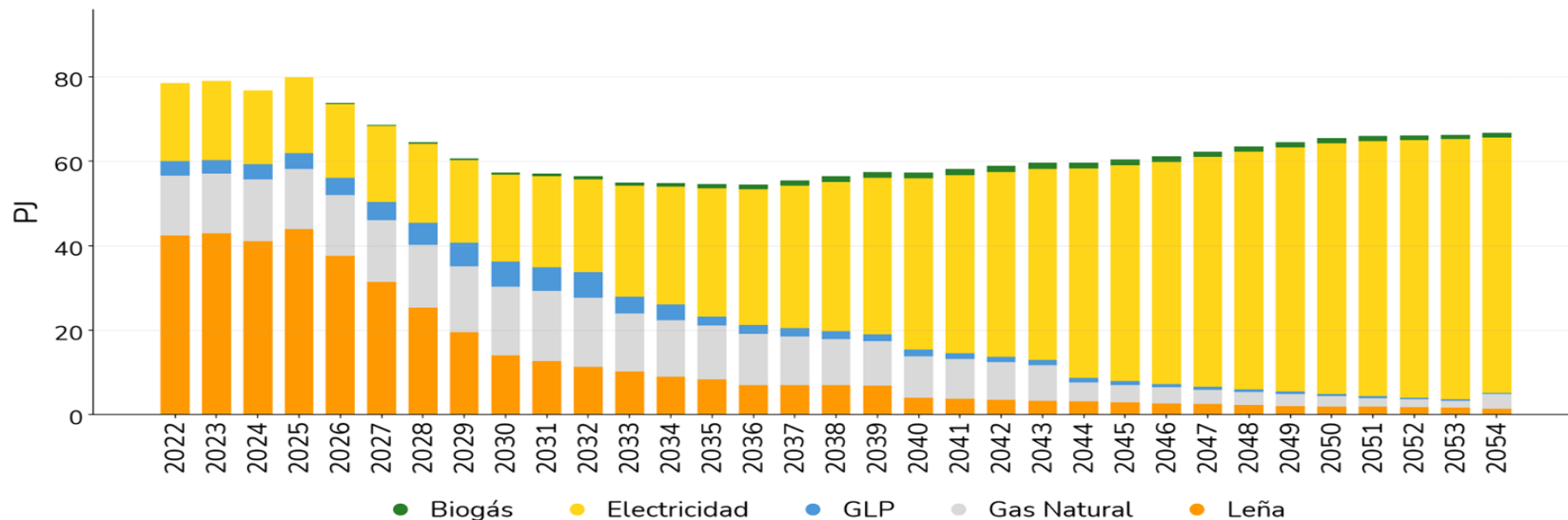
→ **Sustitución de combustibles tradicionales:** La leña reduce su consumo de **5,1 PJ** a **0,2 PJ**, mientras que el gas natural disminuye de **8,9 PJ** a **2,4 PJ** y el GLP de **0,7 PJ** a **0,05 PJ** durante el horizonte de análisis.

→ **Diversificación de la matriz energética:** El biogás se incorpora a partir de **2025** y aumenta gradualmente hasta cerca de **0,9 PJ** en 2054, fortaleciendo la transición hacia una matriz energética más diversificada.

Resultados Demanda Sector Residencial Regional - Región Caribe (por energético)



Unidad de Planeación
Minero Energética

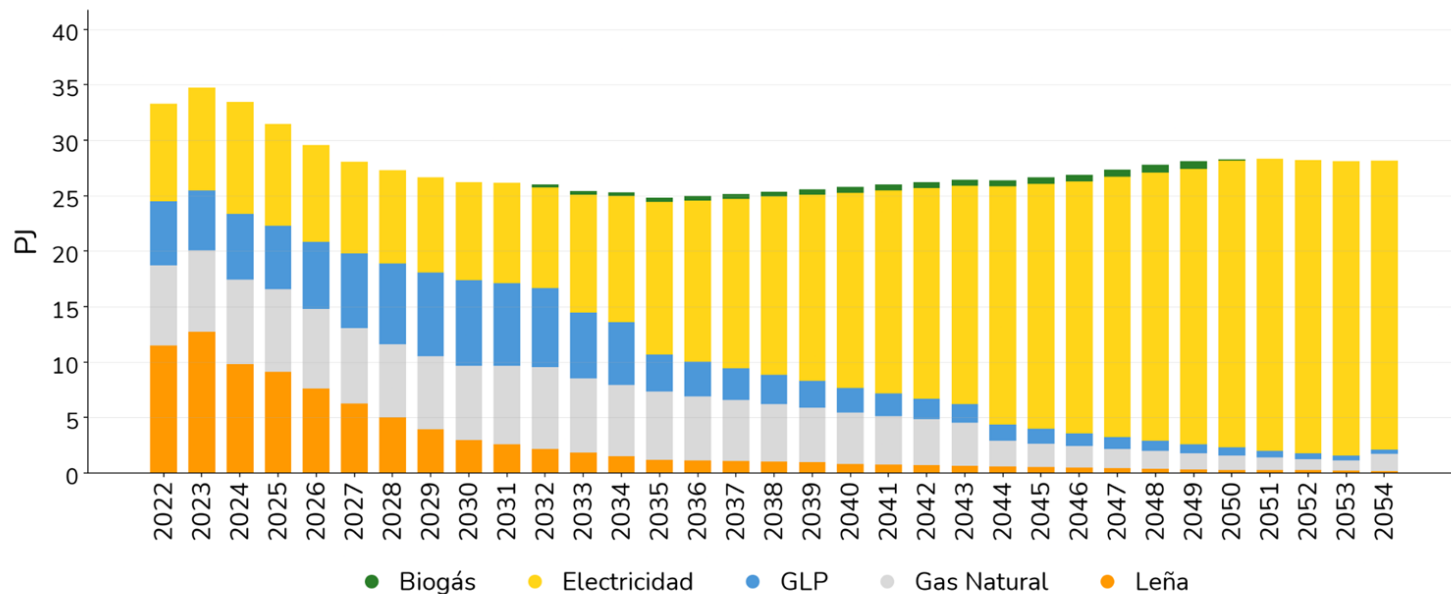


→ **Electrificación:** La electricidad incrementa su consumo de **18,6 PJ** en 2022 a cerca de **60,5 PJ** en 2054, consolidándose como el principal energético de la región.

→ **Sustitución de combustibles tradicionales:** La leña registra la mayor reducción, pasando de **42,4 PJ** a **1,4 PJ**, mientras que el gas natural disminuye de **14,2 PJ** a **3,4 PJ** y el GLP de **3,4 PJ** a **0,3 PJ**.

→ **Diversificación de la matriz energética:** El biogás se incorpora a partir de **2025** y alcanza cerca de **1,1 PJ** al final del horizonte, reflejando una transformación progresiva de la matriz energética regional.

Resultados Demanda Sector Residencial Regional - Región Nordeste (por energético)



→ **Electrificación:** La electricidad incrementa su consumo de **8,8 PJ** en 2022 a cerca de **26,0 PJ** en 2054, consolidándose como el principal energético de la región.

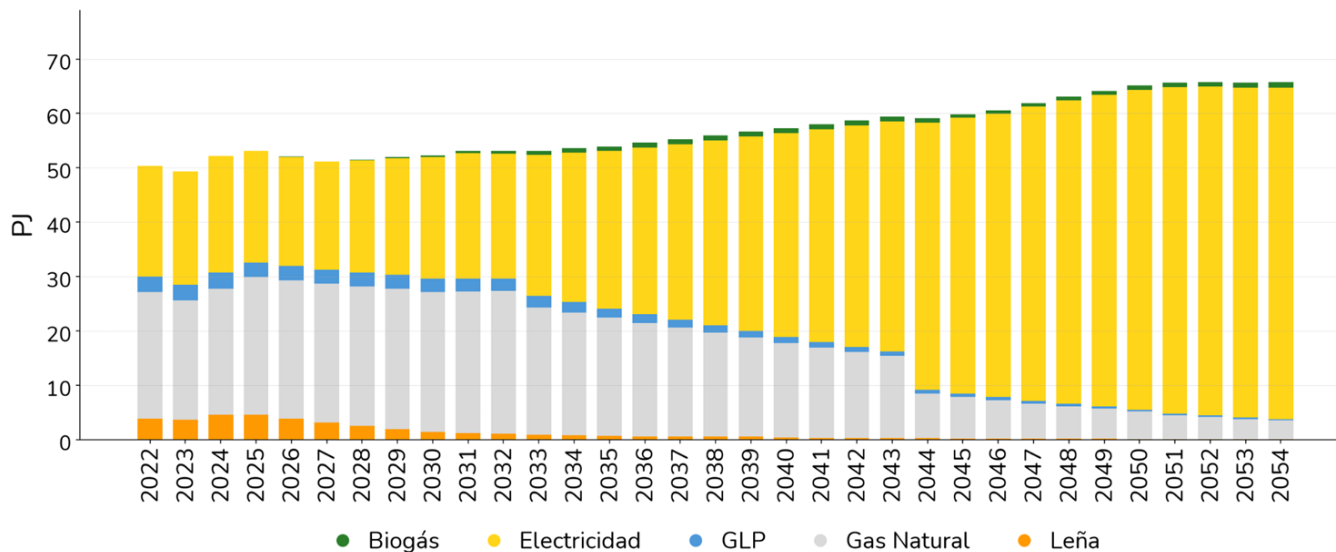
→ **Sustitución de combustibles tradicionales:** La leña reduce su consumo de **11,5 PJ** a **0,2 PJ**, mientras que el gas natural disminuye de **7,2 PJ** a **1,5 PJ** y el GLP de **5,8 PJ** a **0,4 PJ** durante el horizonte de análisis.

→ **Diversificación de la matriz energética:** El biogás se incorpora de forma marginal a partir de **2032**, manteniendo una participación inferior a **0,3 PJ** hasta 2054, reflejando una transición gradual hacia una matriz energética más limpia.

Resultados Demanda Sector Residencial Regional - Región Oriente (por energético)



Unidad de Planeación
Minero Energética



→ **Electrificación:** La electricidad incrementa su consumo de **20,3 PJ** en 2022 a cerca de **61,0 PJ** en 2054, consolidándose como el principal energético de la región.

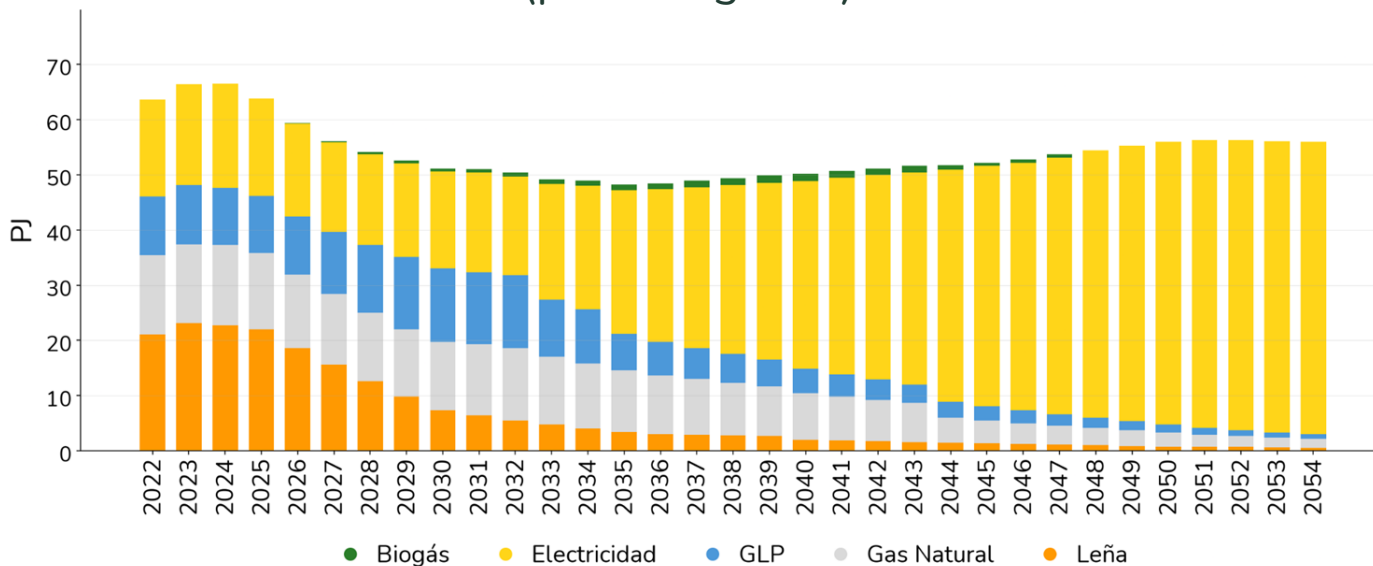
→ **Sustitución de combustibles tradicionales:** El gas natural reduce su consumo de **23,3 PJ** a **3,4 PJ**, mientras que el GLP disminuye de **2,9 PJ** a **0,2 PJ** y la leña de **3,9 PJ** a **0,1 PJ** durante el horizonte de análisis.

→ **Diversificación de la matriz energética:** El biogás se incorpora gradualmente a partir de **2025** y alcanza cerca de **0,9 PJ** en 2054, reflejando una transformación progresiva de la matriz energética regional.

Resultados Demanda Sector Residencial Regional - Región Suroccidente (por energético)



Unidad de Planeación
Minero Energética



→ **Electrificación:** La electricidad incrementa su consumo de **17,6 PJ** en 2022 a cerca de **53,0 PJ** en 2054, consolidándose como el principal energético de la región.

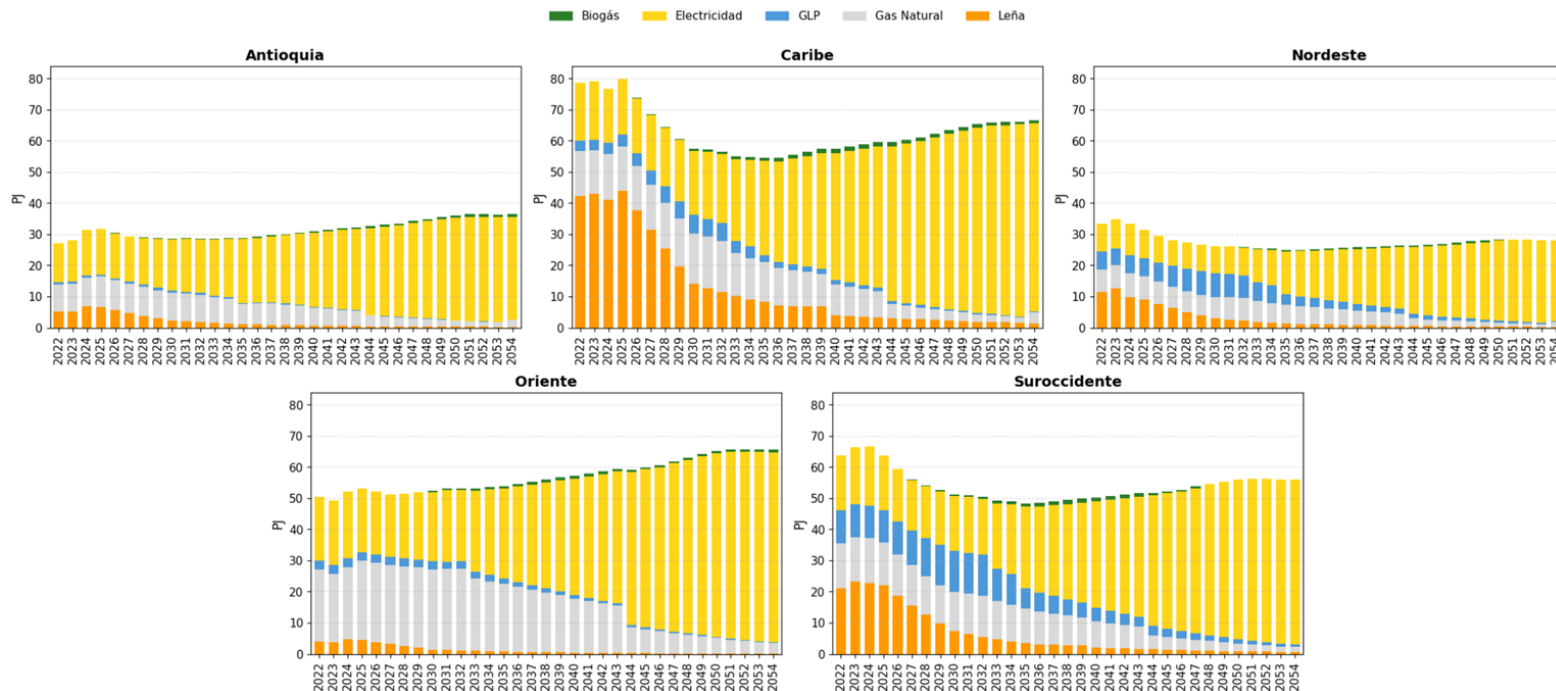
→ **Sustitución de combustibles tradicionales:** La leña reduce significativamente su consumo de **21,1 PJ** a **0,5 PJ**, mientras que el gas natural disminuye de **14,4 PJ** a **1,7 PJ** y el GLP de **10,5 PJ** a **0,8 PJ** durante el horizonte de análisis.

→ **Diversificación de la matriz energética:** El biogás presenta una participación marginal y temporal durante el período, mientras la electricidad consolida su predominio, reflejando una matriz energética regional cada vez más electrificada.

Resultados Demanda Sector Residencial Regional



Unidad de Planeación
Minero Energética



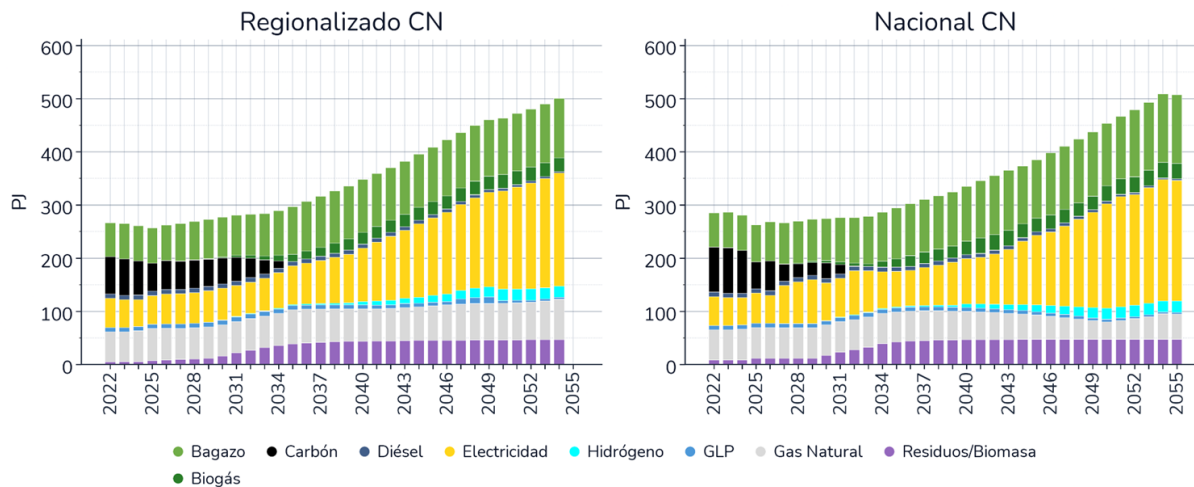
En todas las regiones, el sector residencial converge hacia una matriz energética altamente electrificada, donde la electricidad se consolida como el principal energético al final del horizonte de análisis. Esta transformación está acompañada por la sustitución casi total de la leña y una reducción sostenida del consumo de gas natural y GLP, mientras que el biogás comienza a incorporarse de forma gradual, aunque con una participación aún limitada.

Sector Industrial



Escenario Carbono-Neutralidad (CN) - Sector Industrial

Demanda Regional vs Demanda Nacional (por energético)



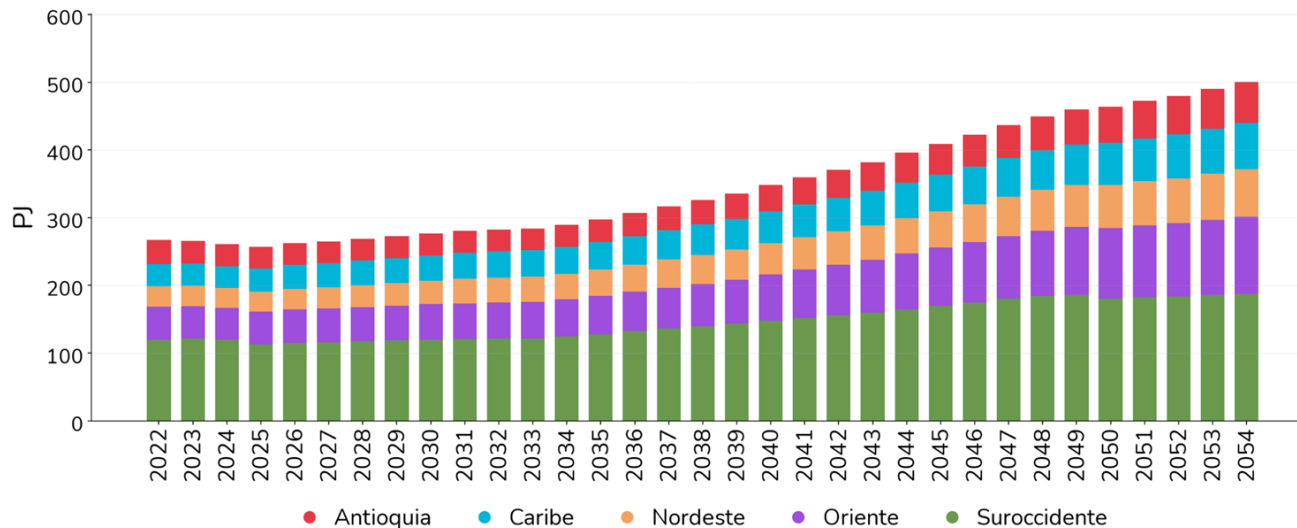
→ **Electrificación y descarbonización:** Ambos escenarios muestran una transición energética similar, donde la electricidad incrementa su consumo de ≈ 55 PJ en 2022 a **212,5 PJ** (regional) y **227,0 PJ** (nacional) en 2054, mientras que el carbón prácticamente desaparece, pasando de **70–85 PJ** a cerca de **0,2 PJ**.

→ **Transformación de la matriz industrial:** El bagazo incrementa su participación de **64 PJ** a **112 PJ** (regional) y **132 PJ** (nacional), el biogás alcanza **25,7 PJ** y **30,3 PJ**, y los residuos/biomasa aumentan hasta **47 PJ**, reflejando una mayor incorporación de energéticos renovables.

→ **Comparación de escenarios:** El escenario **nacional** presenta una mayor electrificación y un mayor aprovechamiento de bagazo y biogás hacia el final del horizonte, mientras que el escenario **regional** mantiene una participación ligeramente superior del gas natural (**76 PJ** frente a **68 PJ**), evidenciando una transición energética más gradual.

Resultados Demanda Sector Industrial Regional

- Distribución de demanda entre regiones

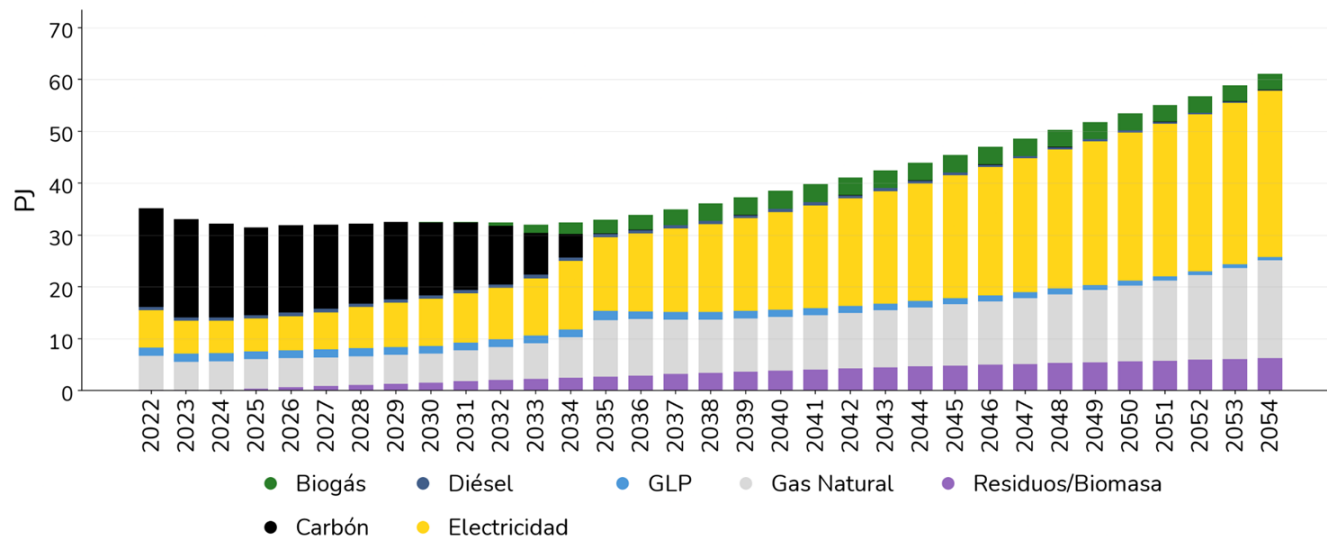


→ **Concentración regional:** **Suroccidente** concentra la mayor demanda industrial durante todo el horizonte, incrementando su consumo de **120,2 PJ** en 2022 a **187,9 PJ** en 2054. Le siguen **Oriente**, que aumenta de **48,4 PJ** a **113,9 PJ**, y **Nordeste**, que pasa de **30,4 PJ** a **69,3 PJ**.

→ **Crecimiento de la demanda:** **Caribe** y **Antioquia** también presentan incrementos sostenidos, pasando de **32,8 PJ** a **68,5 PJ** y de **35,2 PJ** a **61,1 PJ**, respectivamente, reflejando un crecimiento generalizado de la demanda industrial regional.

→ **Distribución regional:** Aunque todas las regiones incrementan su demanda hacia el final del horizonte, **Suroccidente** y **Oriente** continúan concentrando la mayor participación del consumo industrial, evidenciando su importancia dentro de la actividad productiva nacional.

Resultados Demanda Sector Industrial Regional - Región Antioquia (por energético)

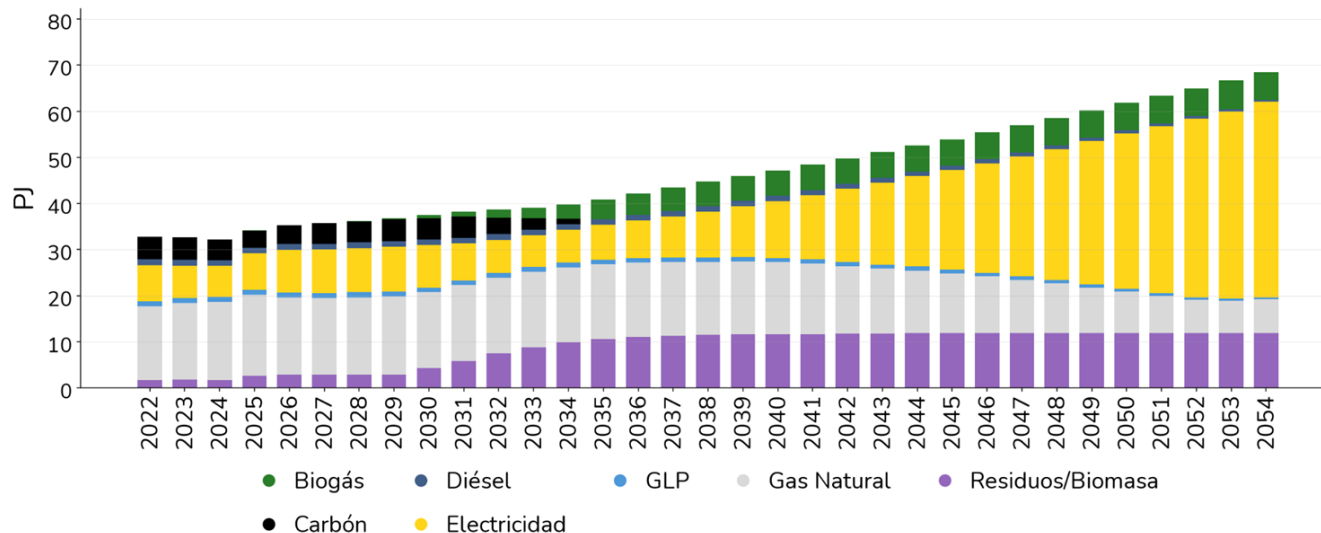


→ **Electrificación:** La electricidad incrementa su consumo de **7,2 PJ** en 2022 a cerca de **32,0 PJ** en 2054, consolidándose como el principal energético de la industria en la región.

→ **Descarbonización del sector:** El carbón reduce su consumo de **19,0 PJ** a apenas **0,07 PJ**, mientras que el GLP disminuye de **1,5 PJ** a **0,6 PJ** y el diésel mantiene una participación marginal, pasando de **0,7 PJ** a **0,2 PJ**.

→ **Diversificación energética:** El gas natural incrementa su participación de **6,6 PJ** a **18,9 PJ**, mientras que los **residuos/biomasa** y el **biogás** alcanzan **6,2 PJ** y **3,1 PJ**, respectivamente, reflejando una matriz energética industrial más diversificada y con mayor participación de energéticos de bajas emisiones.

Resultados Demanda Sector Industrial Regional - Región Caribe (por energético)

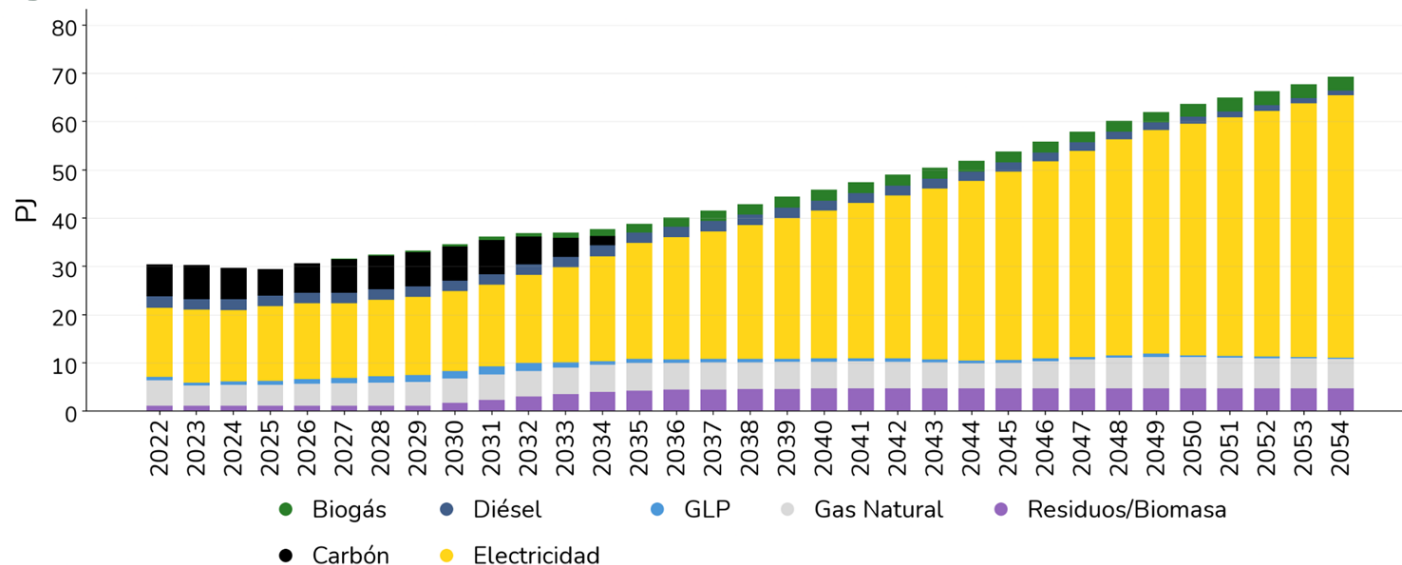


→ **Electrificación:** La electricidad incrementa su consumo de **7,8 PJ** en 2022 a cerca de **42,4 PJ** en 2054, consolidándose como el principal energético de la industria en la región.

→ **Descarbonización del sector:** El carbón reduce prácticamente la totalidad de su consumo, pasando de **4,9 PJ** a **0,01 PJ**, mientras que el gas natural disminuye de **16,0 PJ** a **7,4 PJ**, el GLP de **1,1 PJ** a **0,4 PJ** y el diésel de **1,2 PJ** a **0,4 PJ**.

→ **Diversificación energética:** Los **residuos/biomasa** incrementan su participación de **1,7 PJ** a **11,8 PJ**, mientras que el **biogás** alcanza cerca de **6,1 PJ** al final del horizonte, reflejando una matriz energética industrial más diversificada y con mayor participación de energéticos de bajas emisiones.

Resultados Demanda Sector Industrial Regional - Región Nordeste (por energético)

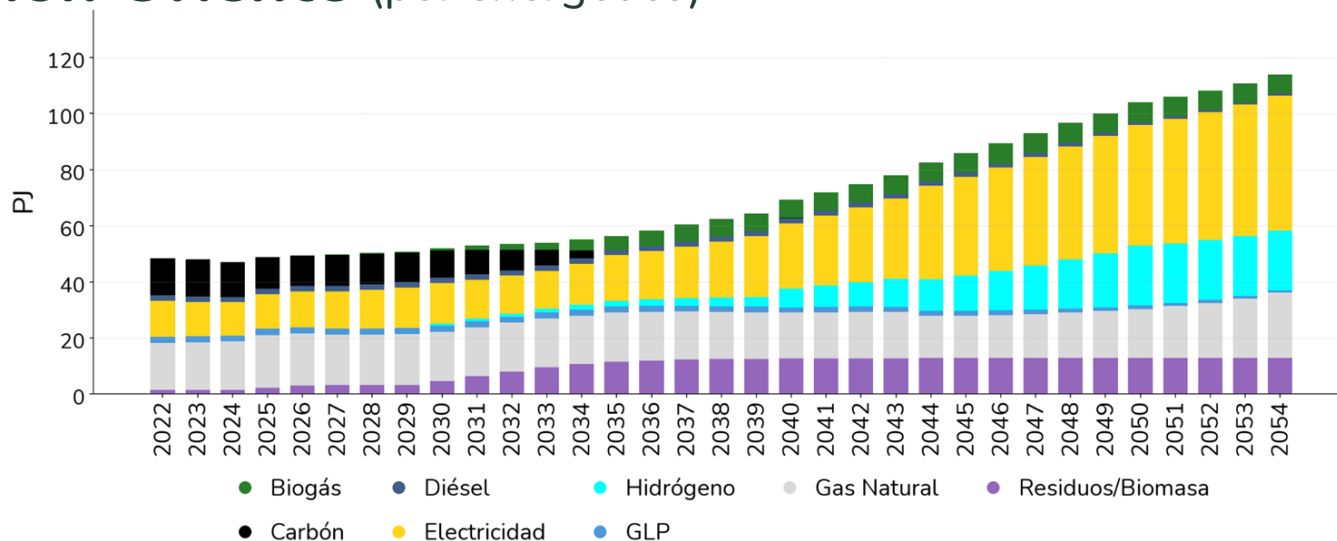


→ **Electrificación:** La electricidad incrementa su consumo de **14,2 PJ** en 2022 a cerca de **54,4 PJ** en 2054, consolidándose como el principal energético de la industria en la región.

→ **Descarbonización del sector:** El carbón reduce prácticamente la totalidad de su consumo, pasando de **6,6 PJ** a **0,01 PJ**, mientras que el GLP disminuye de **0,7 PJ** a **0,3 PJ** y el diésel de **2,5 PJ** a **0,9 PJ**. El gas natural mantiene una participación relativamente estable, pasando de **5,3 PJ** a **6,1 PJ**.

→ **Diversificación energética:** Los **residuos/biomasa** incrementan su participación de **1,2 PJ** a **4,7 PJ**, mientras que el **biogás** se incorpora a partir de 2025 y alcanza cerca de **2,9 PJ** al final del horizonte, fortaleciendo la diversificación de la matriz energética industrial.

Resultados Demanda Sector Industrial Regional - Región Oriente (por energético)

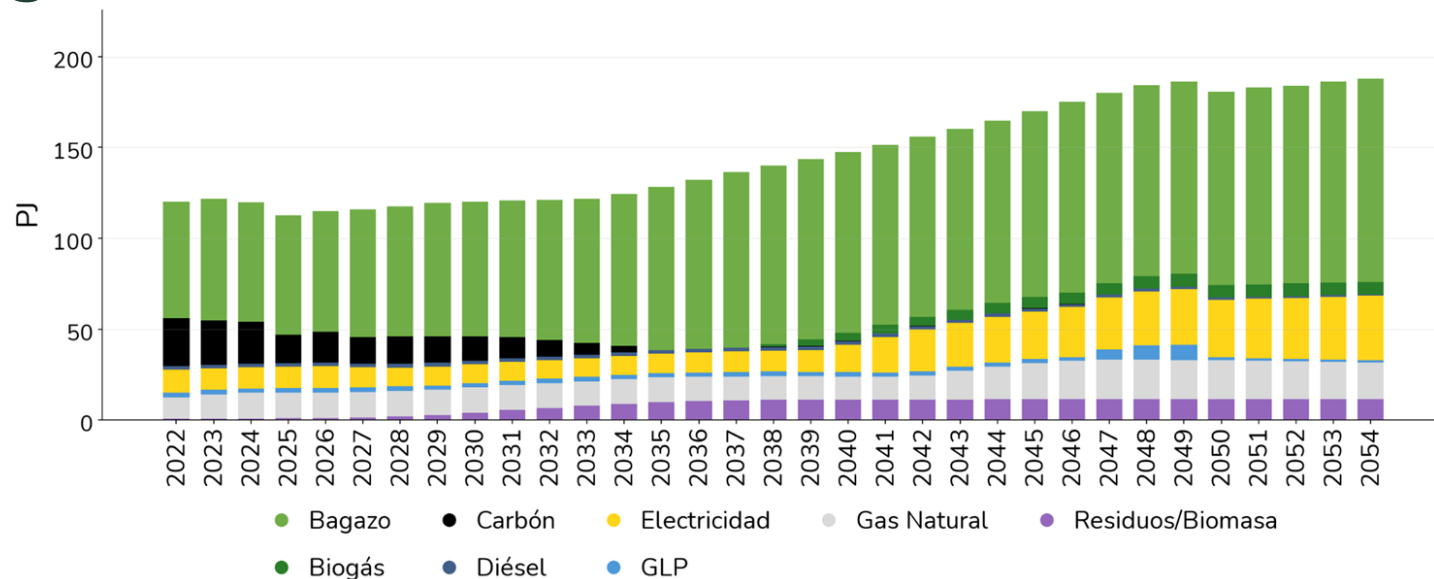


→ **Electrificación:** La electricidad incrementa su consumo de **12,9 PJ** en 2022 a cerca de **48,2 PJ** en 2054, consolidándose como el principal energético de la industria en la región.

→ **Descarbonización del sector:** El carbón reduce prácticamente la totalidad de su consumo, pasando de **13,2 PJ** a **0,03 PJ**, mientras que el GLP disminuye de **2,1 PJ** a **0,8 PJ** y el diésel de **1,9 PJ** a **0,6 PJ**. El gas natural incrementa moderadamente su participación, pasando de **16,9 PJ** a **23,3 PJ**.

→ **Incorporación de nuevos energéticos:** El **hidrógeno** se incorpora gradualmente hasta alcanzar cerca de **21,3 PJ** en 2054, mientras que el **biogás** y los **residuos/biomasa** aumentan a **6,8 PJ** y **12,8 PJ**, respectivamente, reflejando una matriz energética industrial más diversificada y de

Resultados Demanda Sector Industrial Regional - Región Suroccidente (por energético)

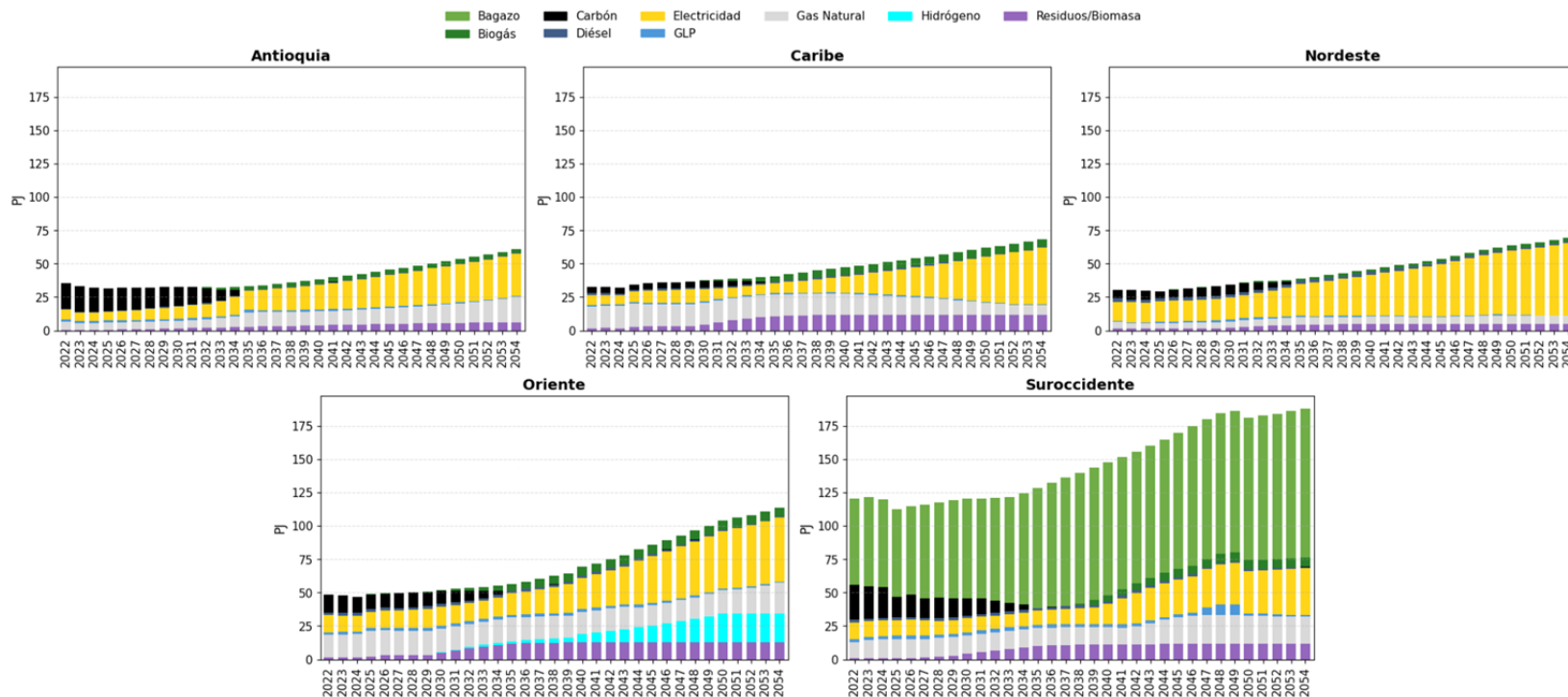


→ **Aprovechamiento de biomasa:** El **bagazo** se mantiene como el principal energético de la región, incrementando su consumo de **64,1 PJ** en 2022 a cerca de **111,9 PJ** en 2054. La electricidad también aumenta de forma importante, pasando de **12,7 PJ** a **35,4 PJ**.

→ **Descarbonización del sector:** El carbón reduce prácticamente la totalidad de su consumo, pasando de **26,5 PJ** a **0,09 PJ**, mientras que el GLP disminuye de **2,5 PJ** a **1,1 PJ** y el diésel de **1,9 PJ** a **0,8 PJ** durante el horizonte de análisis.

→ **Diversificación energética:** El gas natural incrementa su participación de **11,6 PJ** a **20,4 PJ**, mientras que los **residuos/biomasa** y el **biogás** alcanzan **11,4 PJ** y **6,9 PJ** respectivamente, consolidando una matriz energética industrial más diversificada y con mayor participación de energéticos de bajas emisiones.

Resultados Demanda Sector Industrial Regional



En todas las regiones, el sector industrial avanza hacia una matriz energética de menores emisiones mediante una combinación de electrificación, eliminación casi total del carbón y mayor participación de energéticos renovables. Sin embargo, la transición presenta diferencias regionales asociadas a la estructura productiva: mientras Suroccidente mantiene al bagazo como el principal energético y Oriente destaca por la incorporación del hidrógeno, las demás regiones muestran un crecimiento sostenido de la electricidad, el biogás y los residuos/biomasa.

Sector Transporte

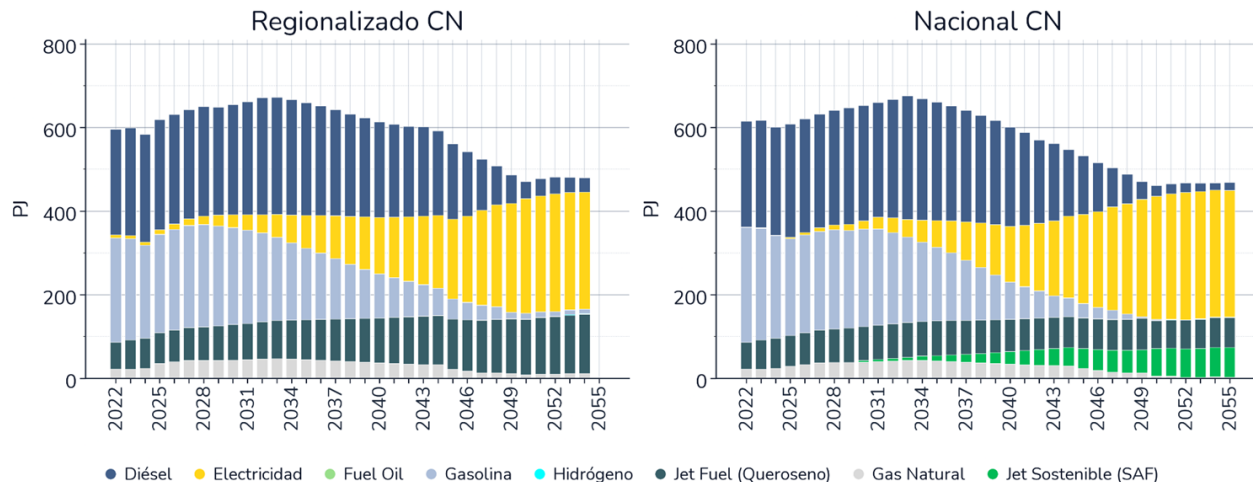


Escenario Carbono-Neutralidad (CN) - Sector Transporte

Demanda Regional vs Demanda Nacional (por energético)



Unidad de Planeación
Minero Energética

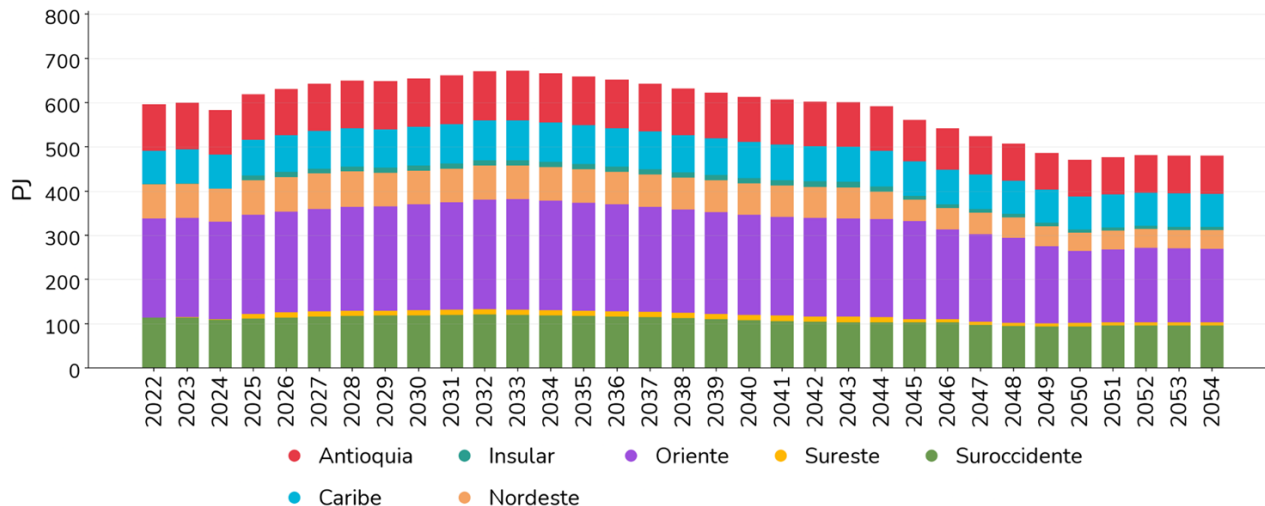


→ **Electrificación y sustitución de combustibles:** Ambos escenarios presentan una transición similar, con un incremento de la electricidad de **7,5–7,8 PJ** en 2022 a cerca de **290 PJ** (regional) y **306 PJ** (nacional) en 2054. En paralelo, el diésel reduce su consumo de **≈252 PJ** a **35 PJ** (regional) y **19 PJ** (nacional), mientras que la gasolina disminuye de **≈246 PJ** a **3 PJ** en ambos escenarios.

→ **Transformación del transporte pesado y aéreo:** El **Jet Fuel (Queroseno)** incrementa su consumo de **64 PJ** a cerca de **142 PJ** en el escenario regional y el escenario nacional incorpora progresivamente **Jet Sostenible (SAF)**, que alcanza aproximadamente **71 PJ** al final del horizonte, impulsando la descarbonización del transporte aéreo.

→ **Comparación de escenarios:** El escenario **nacional** presenta una reducción más acelerada del diésel y una mayor incorporación de **SAF**, mientras que el escenario **regional** mantiene una participación ligeramente superior del gas natural (**11,7 PJ** frente a **3,2 PJ** en 2054), reflejando una transición más gradual hacia combustibles de bajas emisiones.

Resultados Demanda Sector Transporte Regional - Distribución de demanda entre regiones



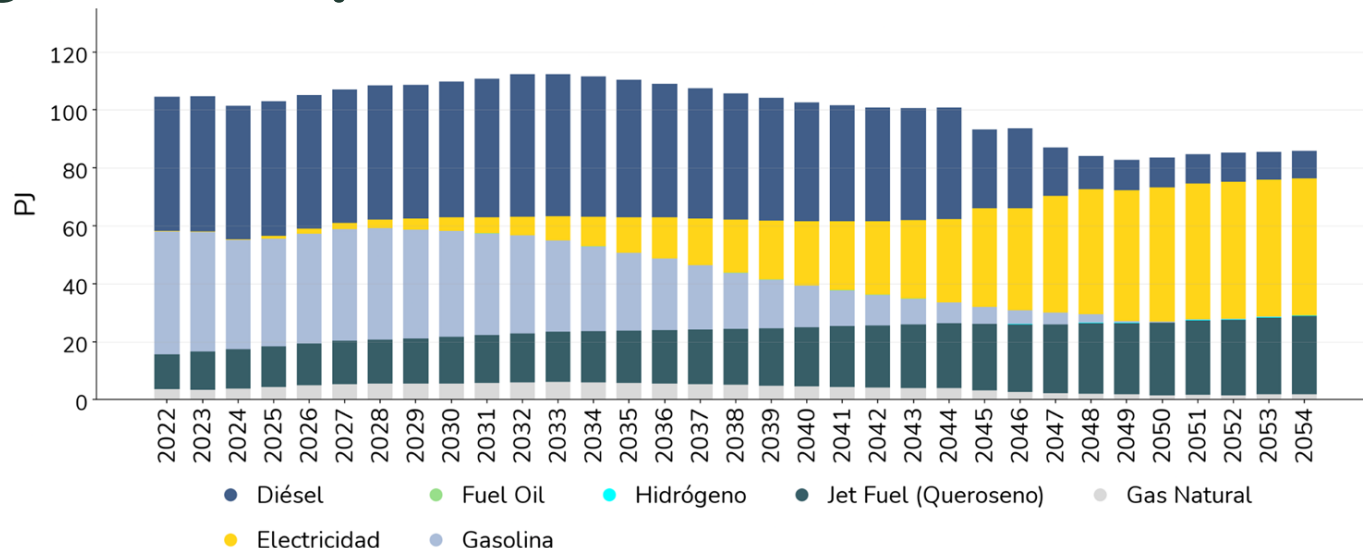
→ **Concentración regional:** **Oriente** mantiene la mayor participación en la demanda del sector transporte durante todo el horizonte, aunque reduce su consumo de **223,6 PJ** en 2022 a **167,0 PJ** en 2054. Le siguen **Suroccidente**, que pasa de **113,5 PJ** a **96,5 PJ**, y **Antioquia**, que disminuye de **104,6 PJ** a **85,8 PJ**.

→ **Evolución de la demanda:** **Nordeste** presenta una reducción importante, pasando de **77,3 PJ** a **42,3 PJ**, mientras que **Caribe** mantiene una demanda relativamente estable alrededor de **75 PJ** durante el horizonte de análisis.

→ **Redistribución regional:** Las regiones **Insular** y **Sureste** incrementan su participación de forma gradual, alcanzando **6,6 PJ** y **6,3 PJ** en 2054, aunque el consumo del sector transporte continúa concentrándose principalmente en **Oriente, Suroccidente y Antioquia**.



Resultados Demanda Sector Transporte Regional - Región Antioquia (por energético)

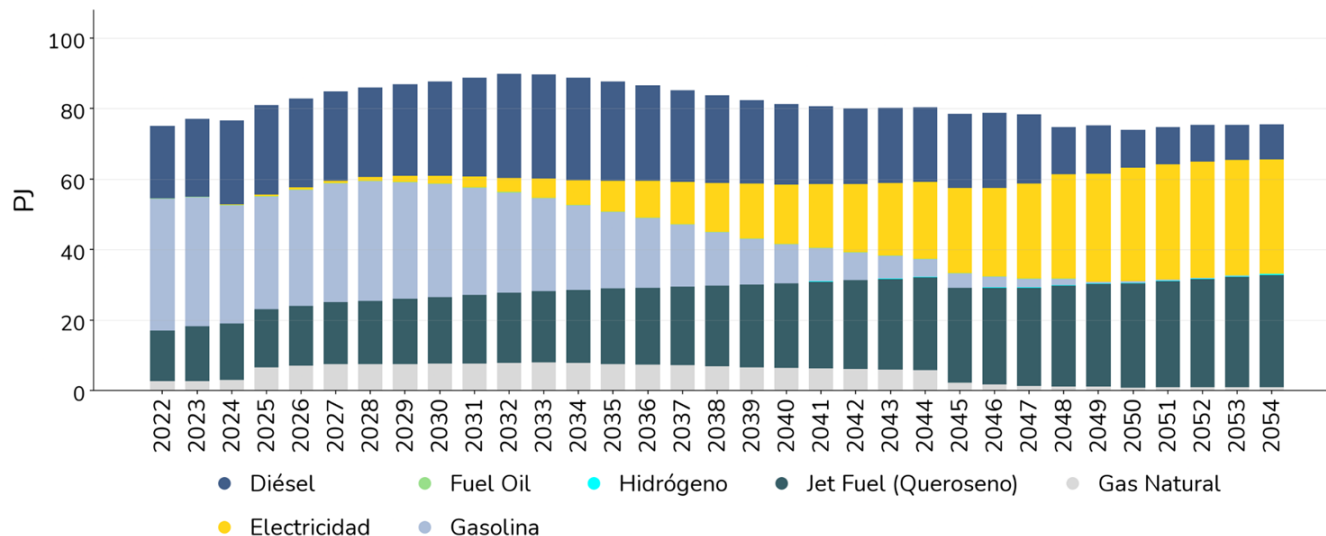


→ **Electrificación:** La electricidad incrementa su consumo de **0,2 PJ** en 2022 a cerca de **47,2 PJ** en 2054, consolidándose como uno de los principales energéticos del transporte en la región.

→ **Sustitución de combustibles fósiles:** El diésel reduce su consumo de **46,4 PJ** a **9,5 PJ**, mientras que la gasolina disminuye de **42,3 PJ** a apenas **0,1 PJ**. El gas natural también reduce su participación, pasando de **3,5 PJ** a **1,8 PJ**.

→ **Transformación de la matriz energética:** El consumo de **Jet Fuel (Queroseno)** incrementa de **12,1 PJ** a **26,9 PJ**, mientras que el **hidrógeno** comienza a incorporarse de forma marginal hacia el final del horizonte, reflejando una transición progresiva hacia una matriz energética de menores emisiones.

Resultados Demanda Sector Transporte Regional - Región Caribe (por energético)

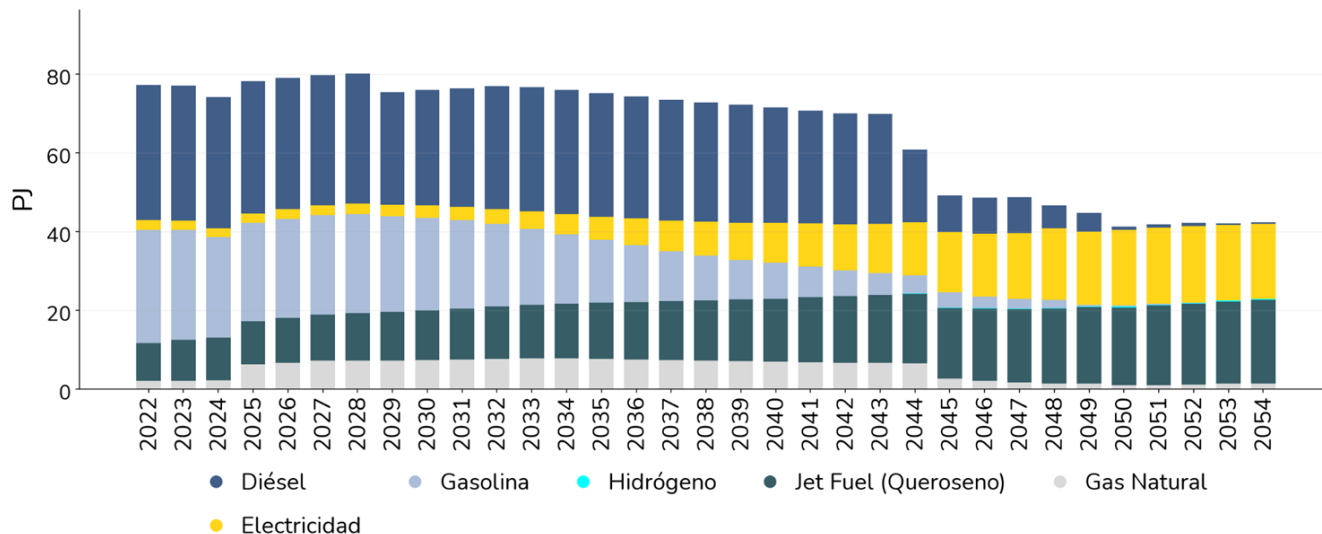


→ **Electrificación:** La electricidad incrementa su consumo de **0,04 PJ** en 2022 a cerca de **32,4 PJ** en 2054, consolidándose como uno de los principales energéticos del transporte en la región.

→ **Sustitución de combustibles fósiles:** El diésel reduce su consumo de **20,6 PJ** a **9,9 PJ**, mientras que la gasolina disminuye de **37,3 PJ** a apenas **0,07 PJ**. El gas natural también reduce su participación, pasando de **2,7 PJ** a **1,0 PJ**.

→ **Transformación de la matriz energética:** El consumo de **Jet Fuel (Queroseno)** incrementa de **14,3 PJ** a **31,7 PJ**, mientras que el **hidrógeno** comienza a incorporarse de forma marginal hacia el final del horizonte, reflejando una transición progresiva hacia una matriz energética de menores emisiones.

Resultados Demanda Sector Transporte Regional - Región Nordeste (por energético)

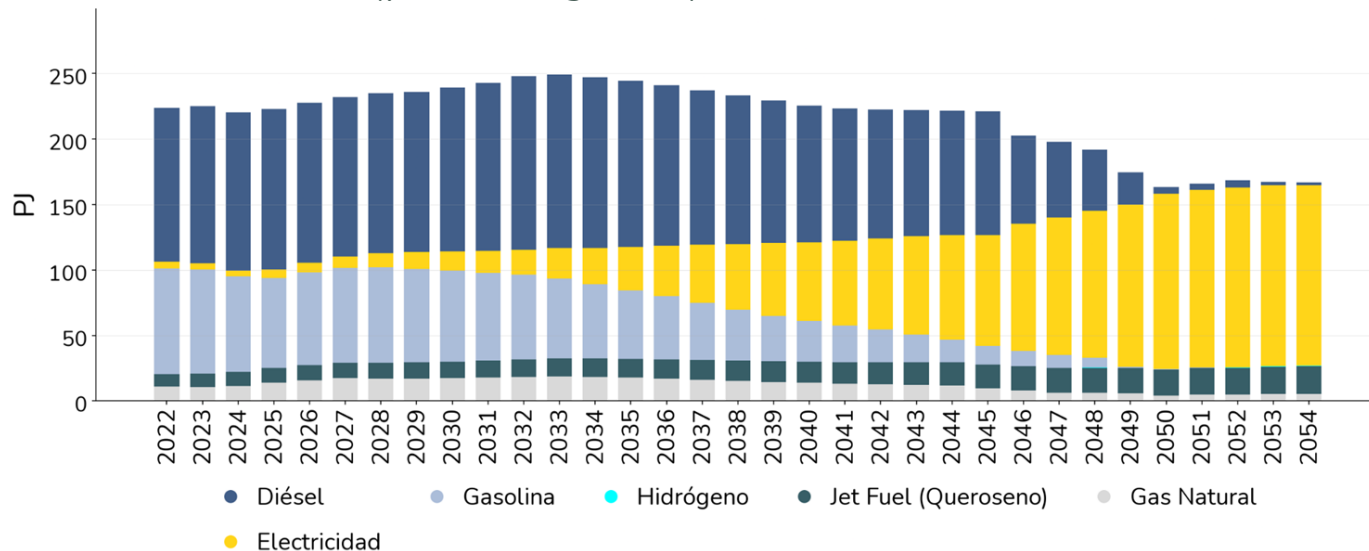


→ **Electrificación:** La electricidad incrementa su consumo de **2,6 PJ** en 2022 a cerca de **19,1 PJ** en 2054, consolidándose como uno de los principales energéticos del transporte en la región.

→ **Sustitución de combustibles fósiles:** El diésel reduce su consumo de **34,2 PJ** a **0,3 PJ**, mientras que la gasolina disminuye de **28,7 PJ** a apenas **0,03 PJ**. El gas natural también reduce ligeramente su participación, pasando de **2,2 PJ** a **1,4 PJ**.

→ **Transformación de la matriz energética:** El consumo de **Jet Fuel (Queroseno)** incrementa de **9,6 PJ** a **21,3 PJ**, mientras que el **hidrógeno** se incorpora gradualmente hasta alcanzar cerca de **0,2 PJ** al final del horizonte, reflejando una transición progresiva hacia una matriz energética de menores emisiones.

Resultados Demanda Sector Transporte Regional - Región Oriente (por energético)

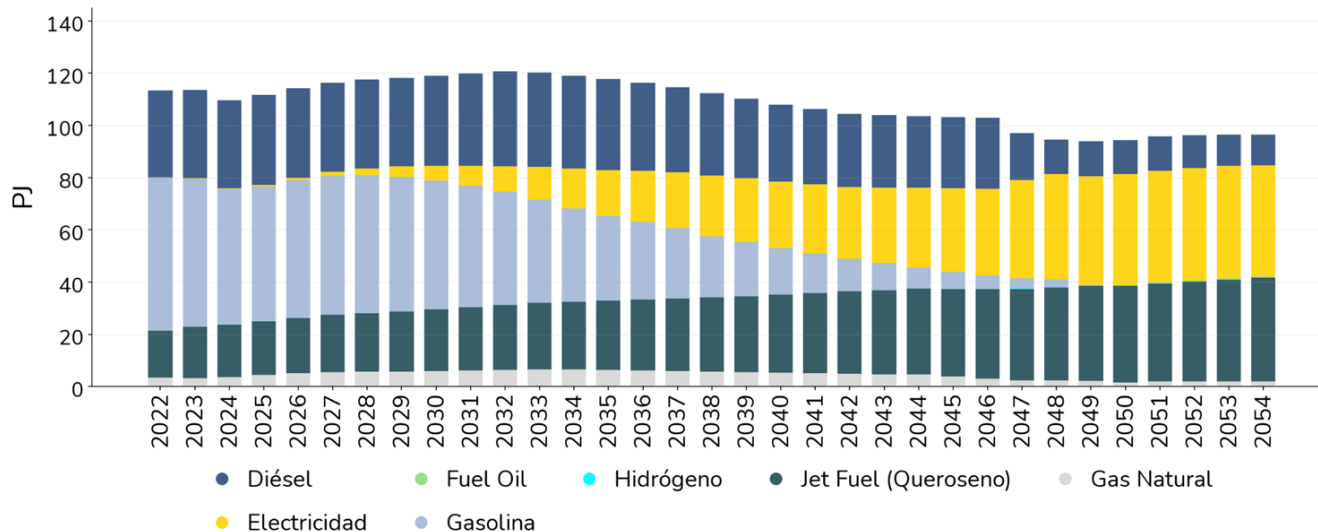


→ **Electrificación:** La electricidad incrementa su consumo de **5,0 PJ** en 2022 a cerca de **137,7 PJ** en 2054, consolidándose como el principal energético del transporte en la región.

→ **Sustitución de combustibles fósiles:** El diésel reduce su consumo de **117,4 PJ** a **2,3 PJ**, mientras que la gasolina disminuye de **81,0 PJ** a apenas **0,1 PJ**. El gas natural también reduce su participación, pasando de **10,7 PJ** a **5,4 PJ**.

→ **Transformación de la matriz energética:** El consumo de **Jet Fuel (Queroseno)** incrementa de **9,6 PJ** a **21,3 PJ**, mientras que el **hidrógeno** se incorpora de forma gradual hasta alcanzar cerca de **0,2 PJ** al final del horizonte, reflejando una transición progresiva hacia una matriz energética de menores emisiones.

Resultados Demanda Sector Transporte Regional - Región Suroccidente (por energético)



→ **Electrificación:** La electricidad incrementa su consumo de **0,04 PJ** en 2022 a cerca de **42,8 PJ** en 2054, consolidándose como uno de los principales energéticos del transporte en la región.

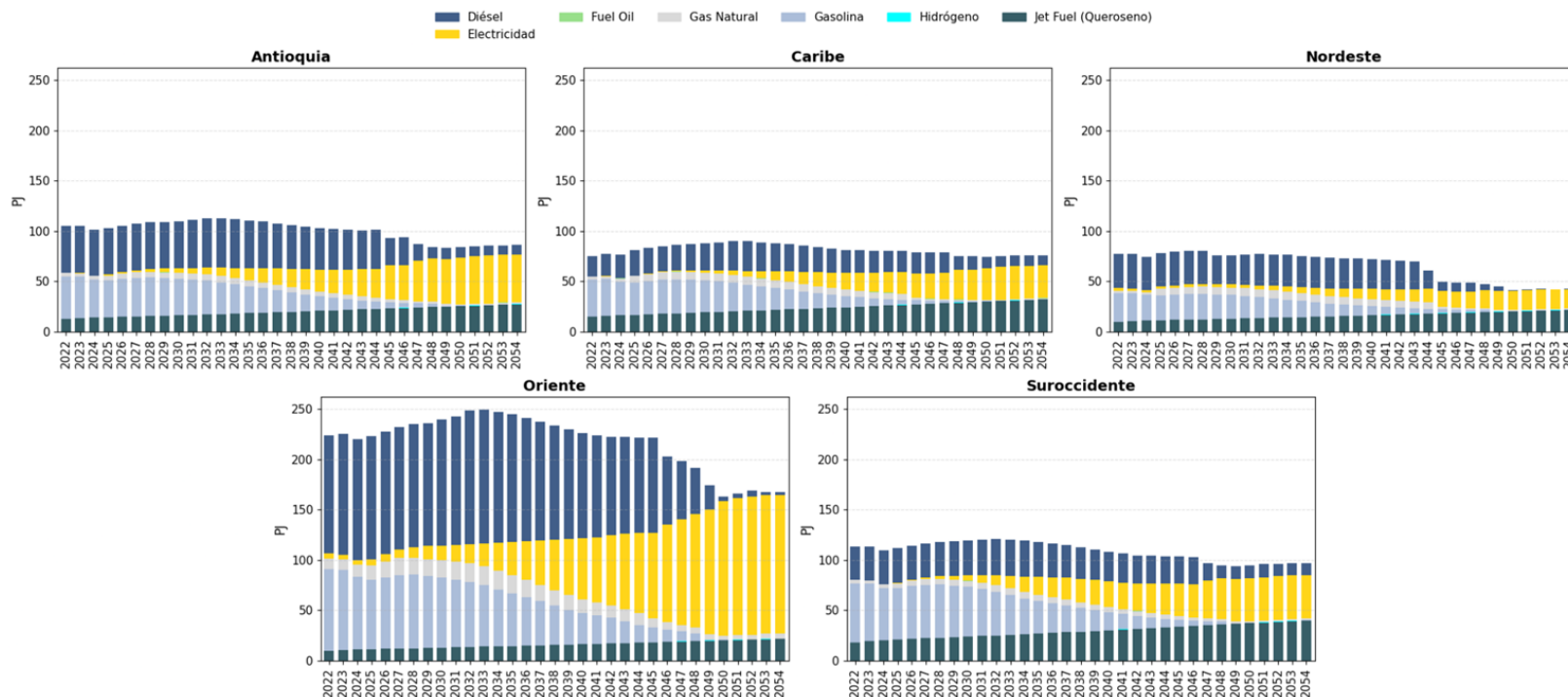
→ **Sustitución de combustibles fósiles:** El diésel reduce su consumo de **33,3 PJ** a **11,7 PJ**, mientras que la gasolina disminuye de **58,8 PJ** a apenas **0,07 PJ**. El gas natural también reduce ligeramente su participación, pasando de **3,4 PJ** a **2,0 PJ**.

→ **Transformación de la matriz energética:** El consumo de **Jet Fuel (Queroseno)** incrementa de **17,9 PJ** a **39,6 PJ**, mientras que el **hidrógeno** se incorpora gradualmente hasta alcanzar cerca de **0,2 PJ** al final del horizonte, reflejando una transición progresiva hacia una matriz energética de menores emisiones.

Resultados Demanda Sector Transporte Regional



Unidad de Planeación
Minero Energética



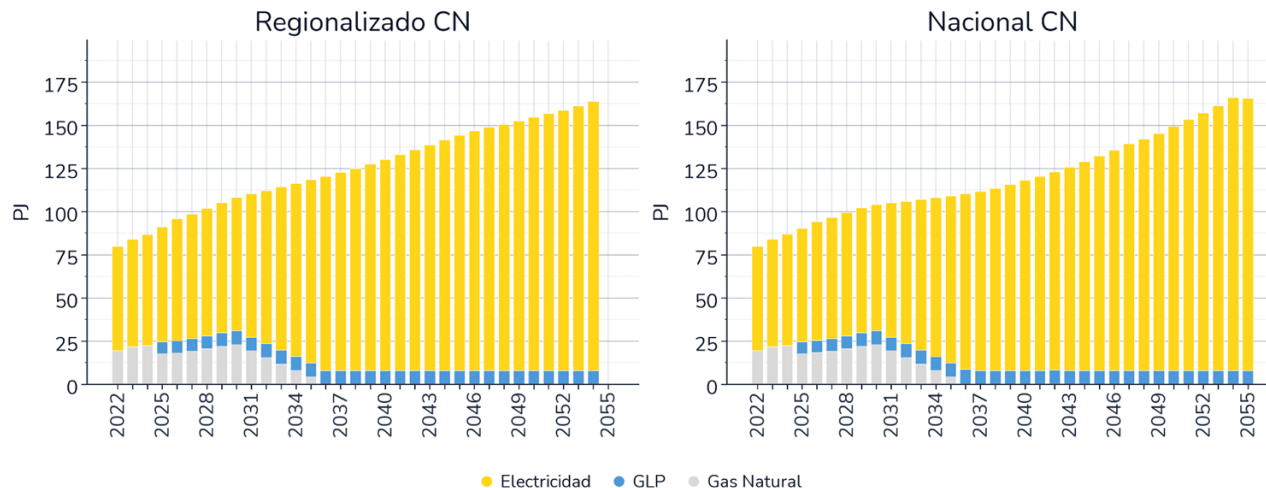
En todas las regiones, el sector transporte presenta una transición energética marcada por el crecimiento acelerado de la electrificación y la sustitución progresiva de los combustibles fósiles. La gasolina prácticamente desaparece al final del horizonte, mientras que el diésel reduce significativamente su participación, aunque mantiene un papel relevante en algunas regiones. En contraste, el consumo de Jet Fuel continúa creciendo en todas las regiones, reflejando la dificultad de descarbonizar el transporte aéreo, mientras que el hidrógeno comienza a incorporarse y el gas natural pierde participación gradualmente.

Sector Terciario



Escenario Carbono-Neutralidad (CN) - Sector Terciario

Demanda Regional vs Demanda Nacional (por energético)



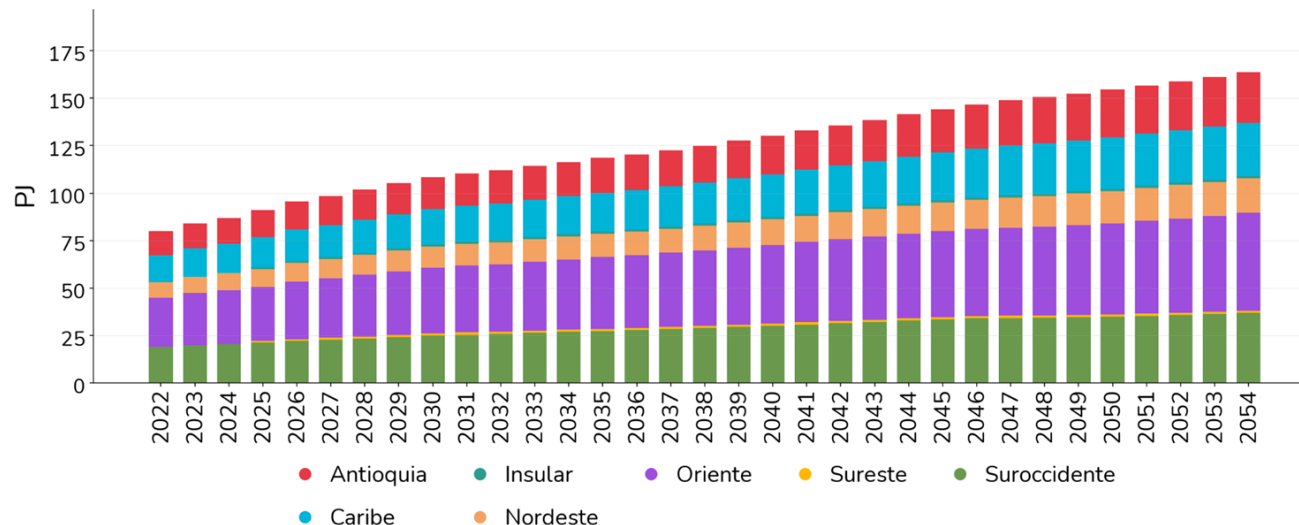
→ **Electrificación del sector terciario:** Ambos escenarios muestran una transición energética consistente para el Terciario, con una mayor participación de la electricidad en la demanda del sector terciario. La electricidad se consolida como el principal energético, aumentando desde cerca de 60 PJ en 2022 hasta alrededor de 156–158 PJ en 2054.

→ **Participación del GLP y reducción del gas natural:** El GLP adquiere una participación relevante a partir de 2025, estabilizándose alrededor de 8 PJ durante la mayor parte del horizonte de análisis. En contraste, el gas natural presenta una reducción progresiva en ambos modelos, pasando de aproximadamente 20 PJ en 2022 a valores cercanos a cero hacia mediados del periodo proyectado.

→ **Comparación de escenarios:** Ambos modelos presentan una trayectoria energética similar, con una electrificación creciente y una reducción sostenida del consumo de gas natural. Las diferencias entre escenarios se mantienen acotadas, con niveles finales de electricidad cercanos entre la proyección regional y nacional (156–158 PJ en 2054).

Resultados Demanda Sector Terciario Regional

- Distribución de demanda entre regiones

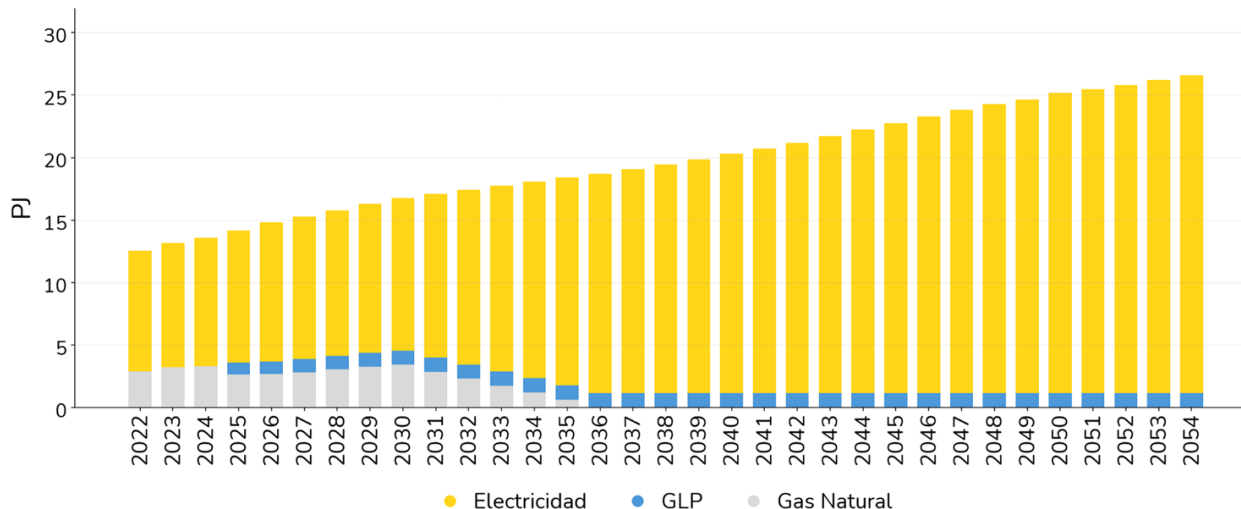


→ **Concentración regional:** Oriente concentra la mayor demanda del sector terciario durante todo el horizonte, aumentando su consumo de 26 PJ en 2022 a 52 PJ en 2054. Le siguen Suroccidente, que incrementa su demanda de 19 PJ a 37 PJ, y Caribe, que pasa de 14 PJ a 28 PJ.

→ **Crecimiento de la demanda terciaria:** Antioquia y Nordeste también presentan una trayectoria creciente, aumentando su consumo de 13 PJ a aproximadamente 27 PJ y de 8 PJ a 18 PJ, respectivamente, reflejando una expansión generalizada de las actividades terciarias en las regiones.

→ **Distribución regional:** Todas las regiones muestran una tendencia ascendente del consumo terciario a lo largo del horizonte, aunque Oriente, Suroccidente, Caribe y Antioquia mantienen la mayor participación de la demanda, concentrando el crecimiento asociado a las actividades económicas y de servicios.

Resultados Demanda Sector Terciario Regional - Región Antioquia (por energético)



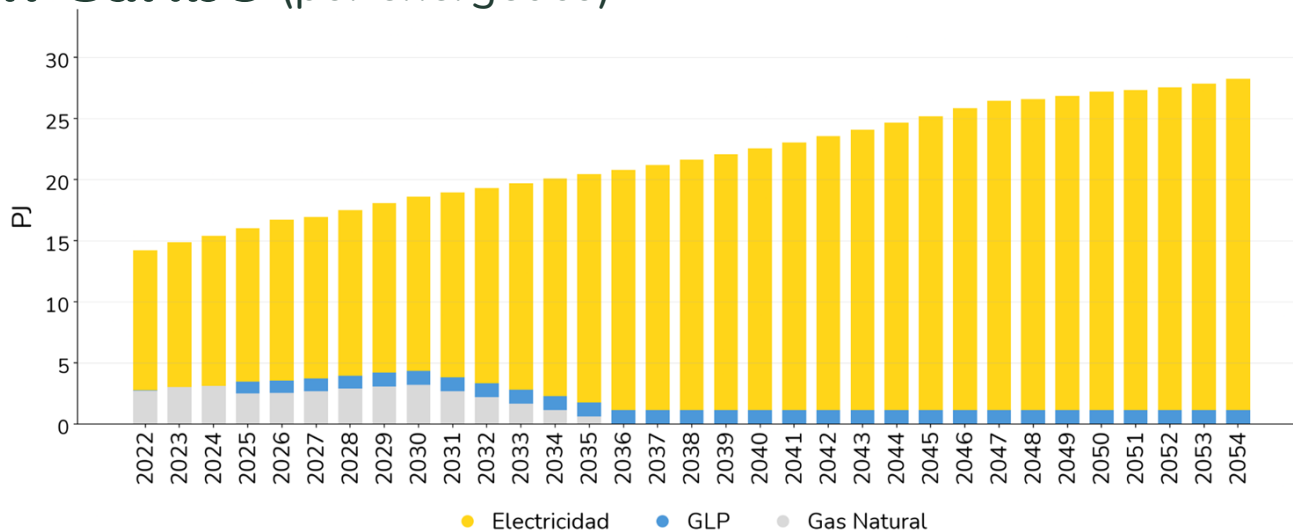
→ **Electrificación del sector terciario:** La electricidad se consolida como el principal energético del sector terciario en Antioquia, aumentando de 9,6 PJ en 2022 (77%) a 25,4 PJ en 2054 (96%), incrementando significativamente su participación dentro de la demanda del sector.

→ **Reducción del gas natural e incorporación del GLP:** El gas natural reduce progresivamente su participación, pasando de 2,9 PJ (23%) al inicio del periodo a desaparecer hacia 2036. En contraste, el GLP, que presenta una participación prácticamente nula en 2022, incorpora una mayor presencia desde 2025 y se estabiliza alrededor de 1,1 PJ, alcanzando cerca del 4% de la demanda en 2054.

→ **Transformación de la matriz energética del sector:** La demanda terciaria en Antioquia presenta una transición hacia una estructura con predominio eléctrico, acompañada por la sustitución progresiva del gas natural y una participación estable del GLP al final del horizonte de análisis.



Resultados Demanda Sector Terciario Regional - Región Caribe (por energético)

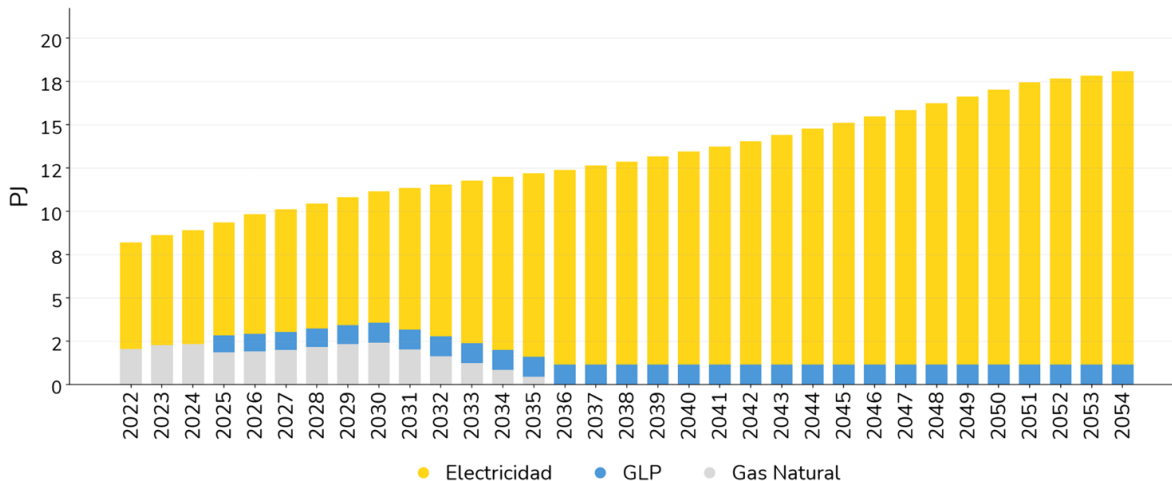


→ **Electrificación del sector terciario:** La electricidad se mantiene como el energético dominante del sector terciario en Caribe, aumentando de 11,5 PJ en 2022 (80%) a 27,1 PJ en 2054 (96%), consolidando su participación dentro de la demanda energética del sector.

→ **Reducción del gas natural e incorporación del GLP:** El gas natural disminuye progresivamente su participación, pasando de 2,7 PJ (19%) al inicio del periodo hasta desaparecer hacia 2036. En contraste, el GLP incorpora una participación más relevante a partir de 2025, estabilizándose alrededor de 1,1 PJ y alcanzando cerca del 4% de la demanda en 2054.

→ **Transformación de la matriz energética del sector:** El sector terciario en Caribe presenta una evolución similar a Antioquia, con una transición hacia una matriz dominada por electricidad, acompañada por la salida progresiva del gas natural y una participación estable del GLP al final del horizonte.

Resultados Demanda Sector Terciario Regional - Región Nordeste (por energético)

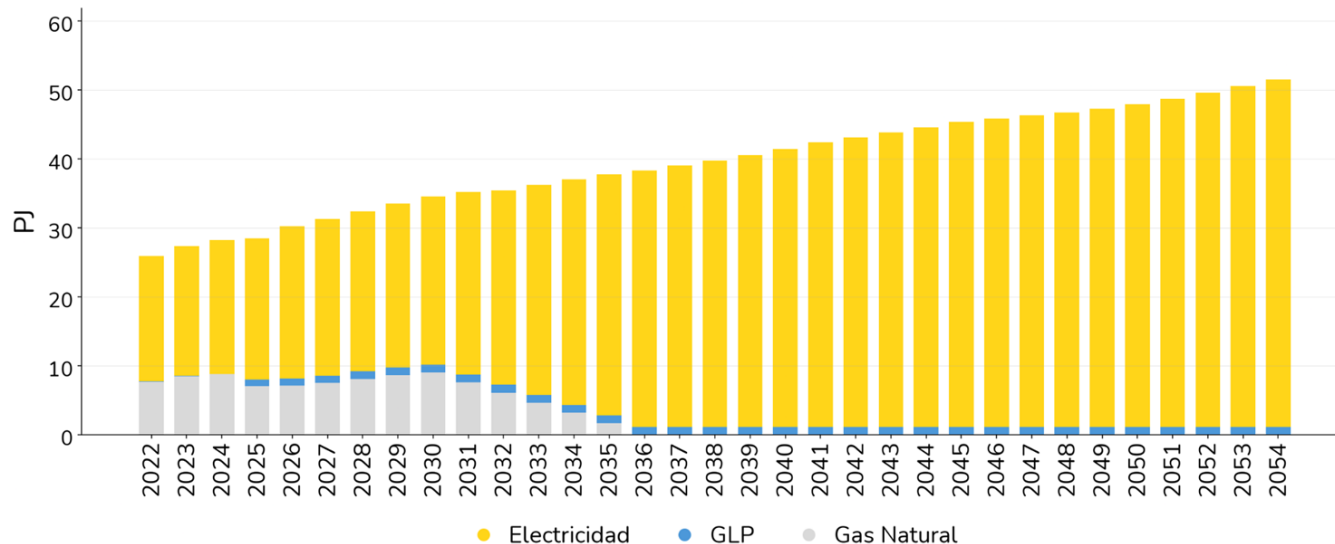


→ **Electrificación del sector terciario:** La electricidad se consolida como el energético predominante del sector terciario en Nordeste, aumentando de 6,1 PJ en 2022 (75%) a 16,9 PJ en 2054 (94%), incrementando significativamente su participación dentro de la demanda del sector.

→ **Reducción del gas natural e incorporación del GLP:** El gas natural reduce progresivamente su participación, pasando de 2,1 PJ (25%) en 2022 hasta desaparecer hacia 2036. En contraste, el GLP adquiere una participación estable desde 2025, alcanzando alrededor de 1,1 PJ, equivalente a cerca del 6% de la demanda en 2054.

→ **Transformación de la matriz energética del sector:** El sector terciario en Nordeste mantiene una trayectoria consistente con las demás regiones, caracterizada por una mayor electrificación de la demanda, la sustitución progresiva del gas natural y una participación creciente del GLP dentro de la estructura energética al final del horizonte.

Resultados Demanda Sector Terciario Regional - Región Oriente (por energético)

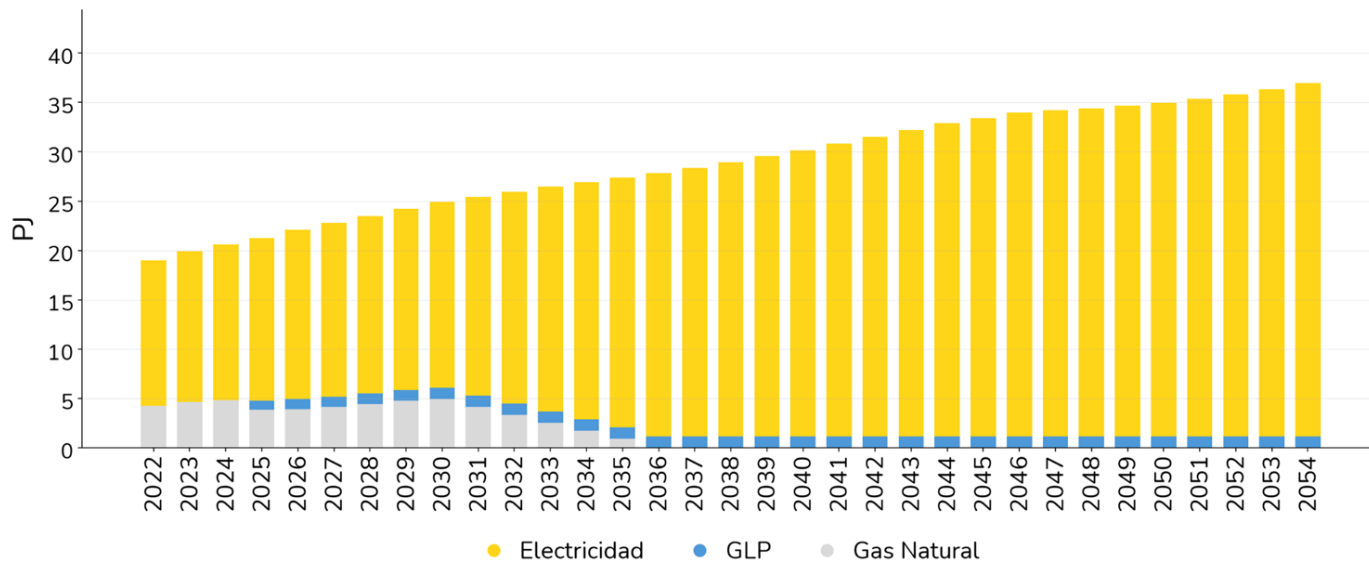


→ **Electrificación del sector terciario:** La electricidad se consolida como el energético principal del sector terciario en Oriente, aumentando de 18,2 PJ en 2022 (70%) a 50,4 PJ en 2054 (98%), convirtiéndose en la fuente dominante dentro de la demanda energética del sector.

→ **Reducción del gas natural e incorporación del GLP:** El gas natural reduce progresivamente su participación, pasando de 7,7 PJ (30%) al inicio del periodo hasta desaparecer hacia 2036. En contraste, el GLP incorpora una participación estable desde 2025, alcanzando aproximadamente 1,1 PJ, equivalente a cerca del 2% de la demanda en 2054.

→ **Transformación de la matriz energética del sector:** El sector terciario en Oriente mantiene la misma tendencia estructural observada en las demás regiones, con una transición hacia una matriz altamente electrificada, acompañada por la salida progresiva del gas natural y una participación estable del GLP al final del horizonte.

Resultados Demanda Sector Terciario Regional - Región Suroccidente (por energético)

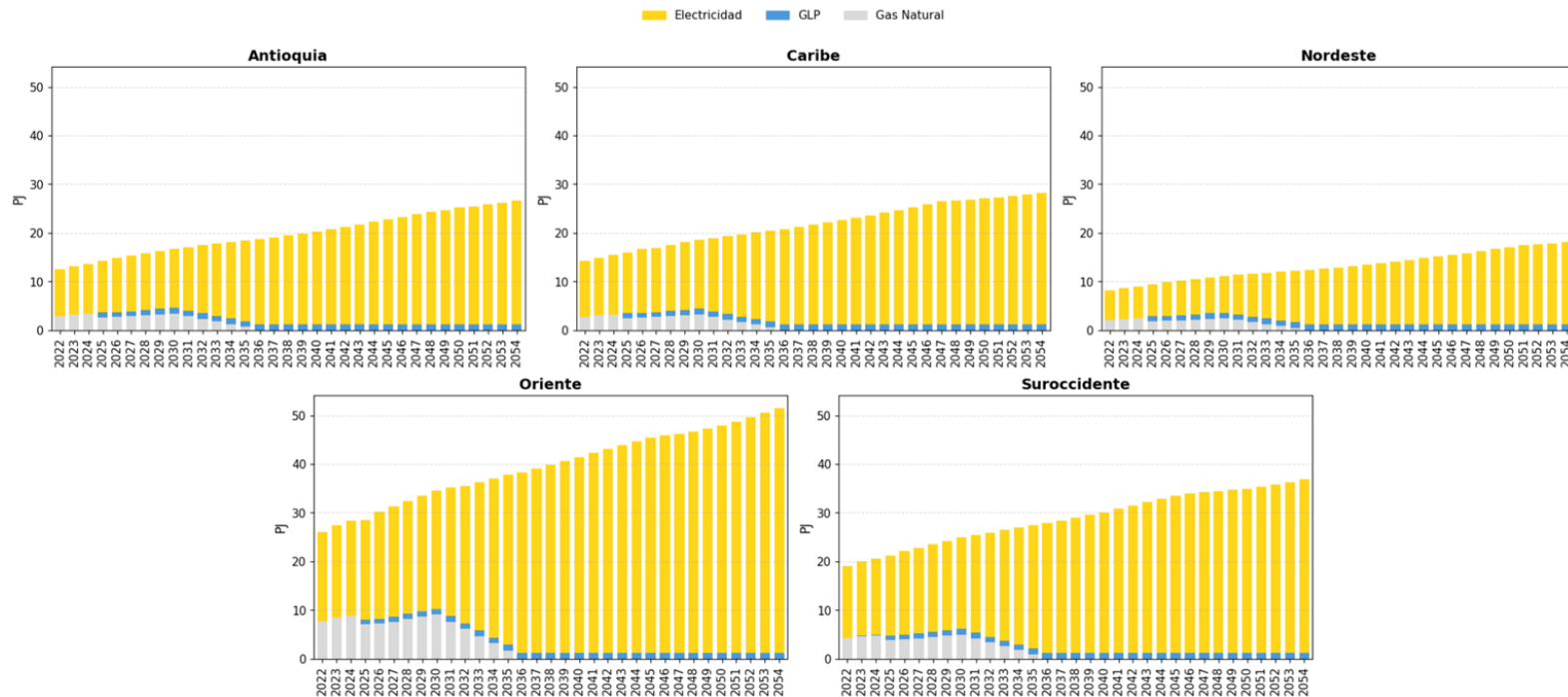


→ **Electrificación del sector terciario:** La electricidad se mantiene como el energético dominante del sector terciario en Suroccidente, incrementándose de 14,7 PJ en 2022 (78%) a 35,8 PJ en 2054 (97%), consolidando su participación dentro de la demanda energética del sector.

→ **Reducción del gas natural e incorporación del GLP:** El gas natural reduce progresivamente su participación, pasando de 4,2 PJ (22%) en 2022 hasta desaparecer hacia 2036. En contraste, el GLP adquiere una participación más relevante desde 2025 y se estabiliza alrededor de 1,1 PJ, representando cerca del 3% de la demanda en 2054.

→ **Transformación de la matriz energética del sector:** El sector terciario en Suroccidente presenta una evolución alineada con la tendencia general del sector, caracterizada por una mayor electrificación de la demanda, la sustitución progresiva del gas natural y una participación estable del GLP al final del horizonte.

Resultados Demanda Sector Terciario Regional



En todas las regiones, el sector terciario presenta una transición energética altamente homogénea, caracterizada por el fortalecimiento de la electricidad como energético dominante y la sustitución progresiva del gas natural, que desaparece hacia mediados del horizonte de análisis. Paralelamente, el GLP adquiere una participación estable, aunque minoritaria, como energético complementario. Las diferencias entre regiones se concentran principalmente en la magnitud de la demanda, siendo Oriente la de mayor consumo.



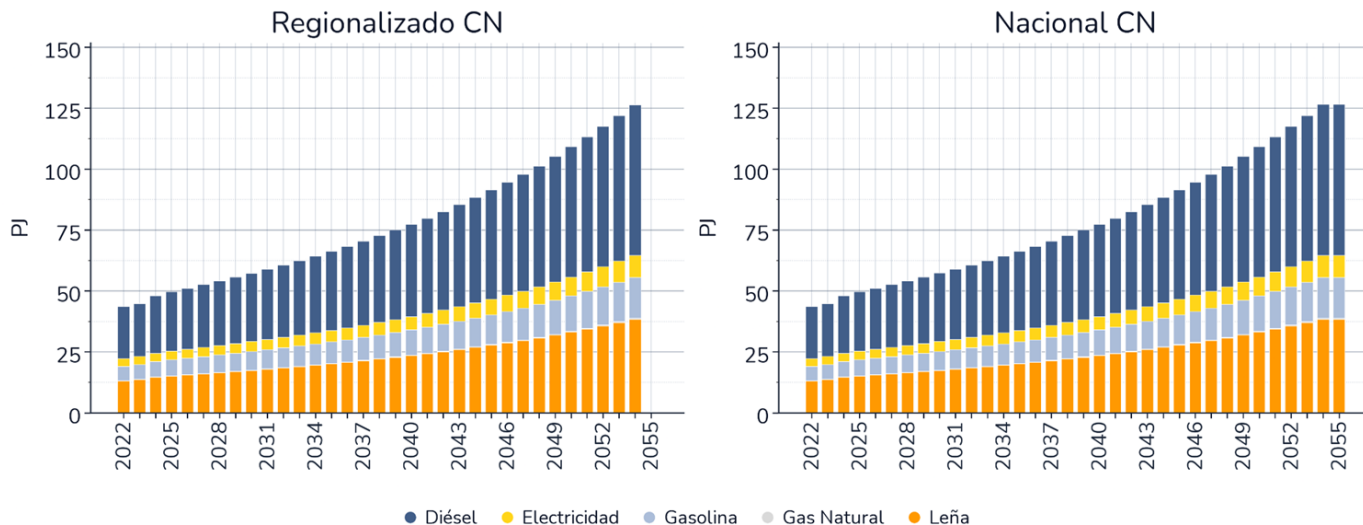
Sector Agroforestal





Escenario Carbono-Neutralidad (CN) - Sector Agroforestal

Demanda Regional vs Demanda Nacional (por energético)

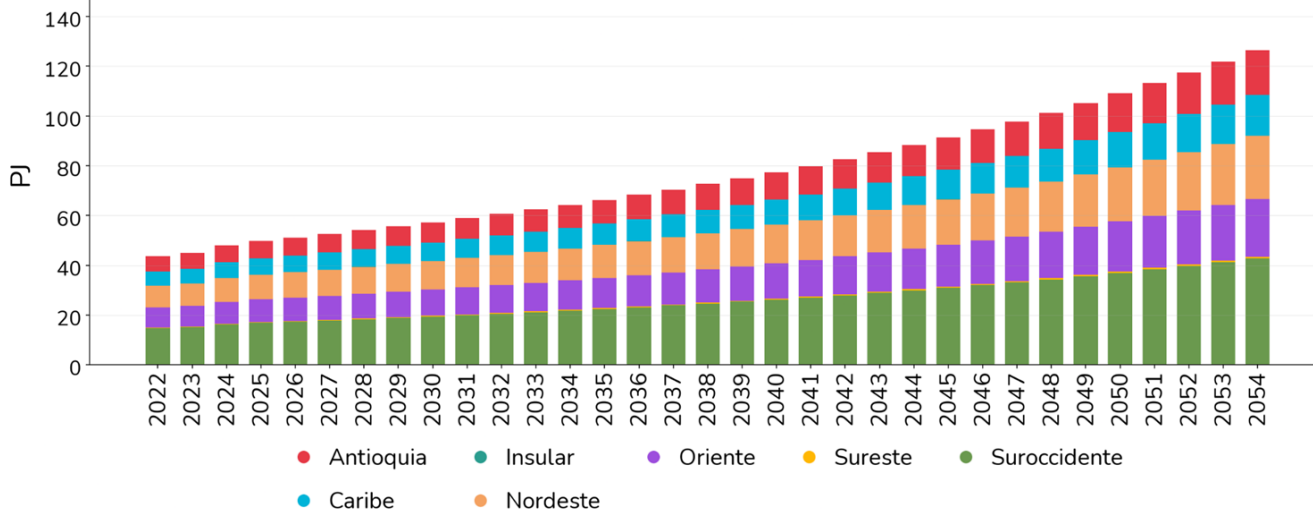


→ **Crecimiento de la demanda:** Ambos escenarios presentan un comportamiento prácticamente idéntico, con un incremento sostenido de la demanda agroforestal durante todo el horizonte de análisis. El **diésel** se mantiene como el principal energético, aumentando de **21,4 PJ** en 2022 a cerca de **61,9 PJ** al final del período.

→ **Mayor participación de energéticos tradicionales:** La **leña** incrementa su consumo de **13,1 PJ** a **38,4 PJ**, mientras que la **gasolina** pasa de **5,8 PJ** a **16,8 PJ**. La **electricidad** también aumenta gradualmente, de **3,2 PJ** a **9,0 PJ**, aunque mantiene una participación menor dentro de la matriz energética.

→ **Comparación de escenarios:** Los escenarios **regionalizado** y **nacional** presentan resultados prácticamente iguales durante todo el horizonte de análisis, con diferencias mínimas en los valores finales, lo que evidencia una regionalización consistente de la demanda agroforestal bajo el escenario de Carbono Neutralidad.

Resultados Demanda Sector Agroforestal Regional - Distribución de demanda entre regiones



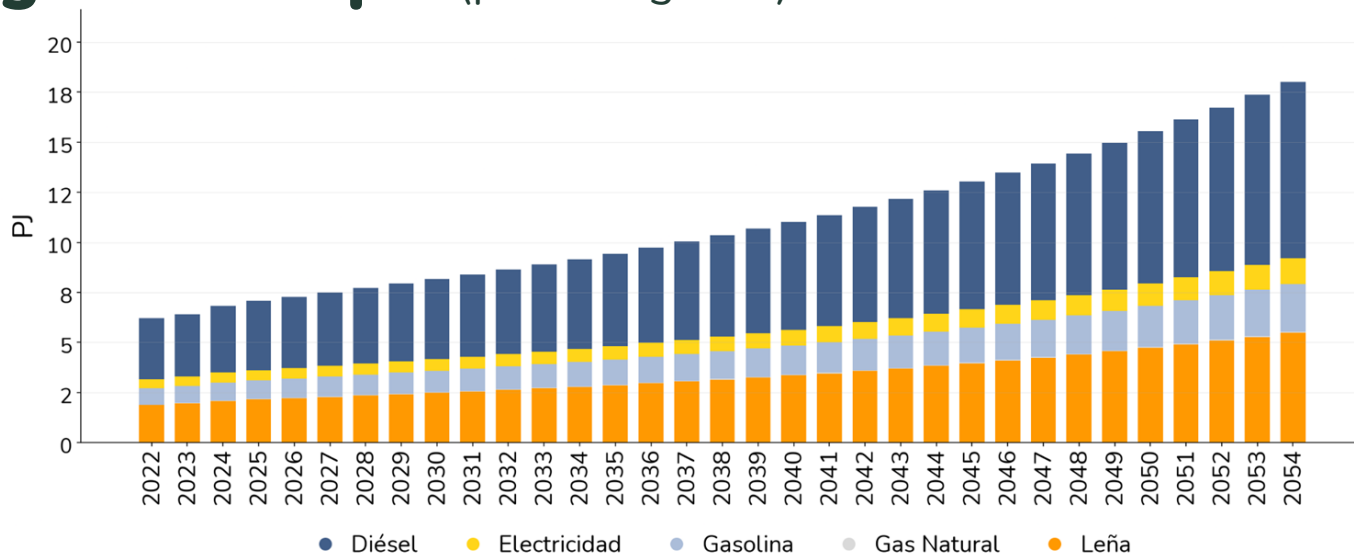
→ **Concentración regional:** **Suroccidente** concentra la mayor demanda del sector agroforestal durante todo el horizonte, incrementando su consumo de **14,8 PJ** en 2022 a **42,8 PJ** en 2054. Le siguen **Nordeste** y **Oriente**, que aumentan de **8,7 PJ** a **25,3 PJ** y de **8,0 PJ** a **23,2 PJ**, respectivamente.

→ **Crecimiento regional:** **Antioquia** y **Caribe** presentan incrementos sostenidos, pasando de **6,2 PJ** a **18,0 PJ** y de **5,7 PJ** a **16,5 PJ**, respectivamente, reflejando un crecimiento generalizado de la demanda agroforestal.

→ **Participación regional:** Las regiones **Insular** y **Sureste** mantienen una participación marginal, con demandas inferiores a **1 PJ** al final del horizonte, evidenciando que el consumo continúa concentrándose principalmente en **Suroccidente, Nordeste y Oriente**.

Resultados Demanda Sector Agroforestal Regional

- Región Antioquia (por energético)



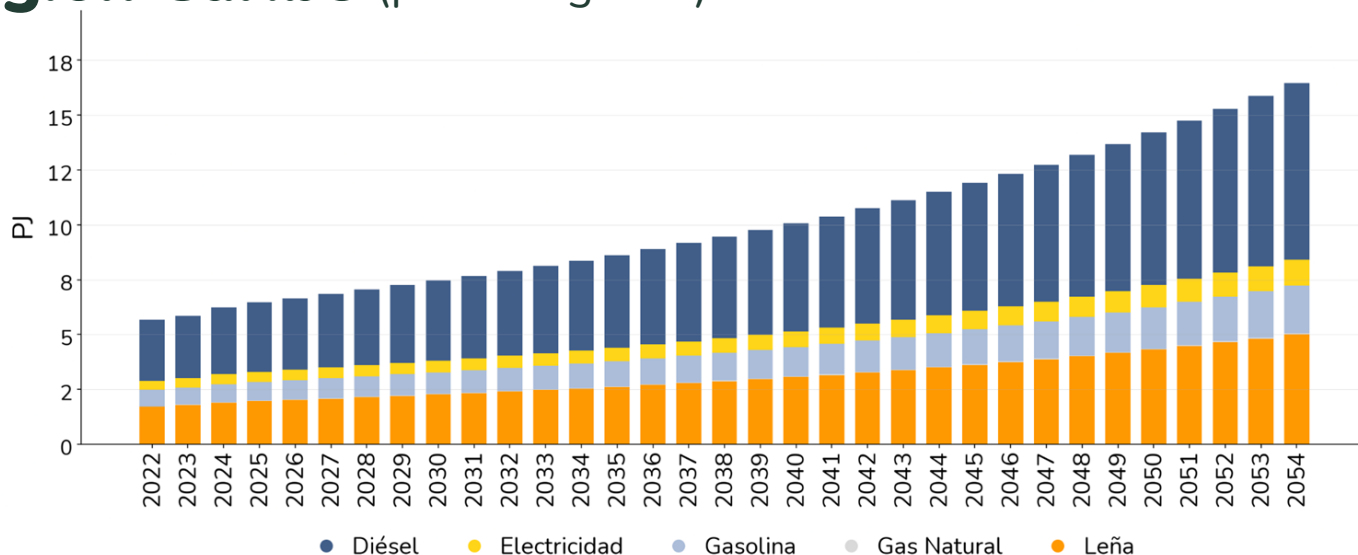
→ **Predominio del diésel:** El **diésel** se mantiene como el principal energético del sector agroforestal en la región, incrementando su consumo de **3,05 PJ** en 2022 a cerca de **8,81 PJ** en 2054.

→ **Crecimiento de los energéticos:** La **leña** aumenta de **1,86 PJ** a **5,47 PJ**, mientras que la **gasolina** pasa de **0,83 PJ** a **2,39 PJ** y la **electricidad** de **0,45 PJ** a **1,28 PJ**, reflejando un crecimiento sostenido de la demanda.

→ **Matriz energética:** El **gas natural** mantiene una participación marginal durante todo el horizonte, aumentando ligeramente de **0,02 PJ** a **0,06 PJ**, por lo que la demanda regional continúa concentrándose principalmente en el **diésel** y la **leña**.

Resultados Demanda Sector Agroforestal Regional

- Región Caribe (por energético)



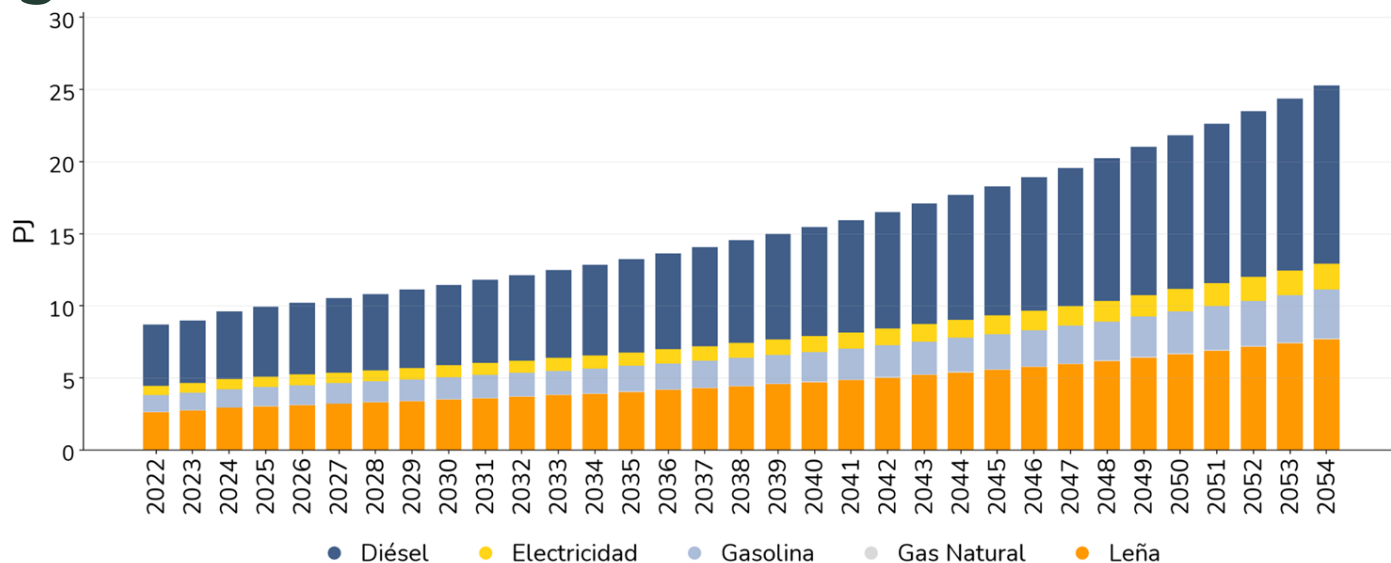
→ **Predominio del diésel:** El **diésel** se mantiene como el principal energético del sector agroforestal en la región, incrementando su consumo de **2,78 PJ** en 2022 a cerca de **8,05 PJ** en 2054.

→ **Crecimiento de los energéticos:** La **leña** aumenta de **1,70 PJ** a **5,00 PJ**, mientras que la **gasolina** pasa de **0,76 PJ** a **2,19 PJ** y la **electricidad** de **0,41 PJ** a **1,17 PJ**, reflejando un crecimiento sostenido de la demanda.

→ **Matriz energética:** El **gas natural** mantiene una participación marginal durante todo el horizonte, aumentando ligeramente de **0,02 PJ** a **0,05 PJ**, por lo que la demanda regional continúa concentrándose principalmente en el **diésel** y la **leña**.

Resultados Demanda Sector Agroforestal Regional

- Región Nordeste (por energético)



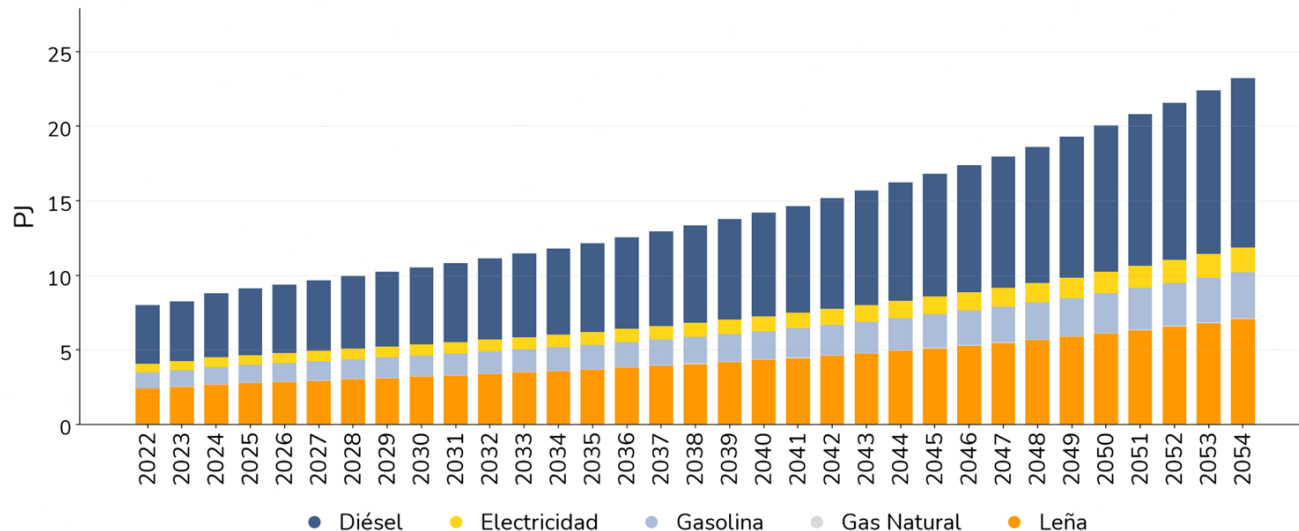
→ **Predominio del diésel:** El **diésel** se mantiene como el principal energético del sector agroforestal en la región, incrementando su consumo de **4,27 PJ** en 2022 a cerca de **12,36 PJ** en 2054.

→ **Crecimiento de los energéticos:** La **leña** aumenta de **2,61 PJ** a **7,68 PJ**, mientras que la **gasolina** pasa de **1,16 PJ** a **3,36 PJ** y la **electricidad** de **0,64 PJ** a **1,79 PJ**, reflejando un crecimiento sostenido de la demanda.

→ **Matriz energética:** El **gas natural** mantiene una participación marginal durante todo el horizonte, aumentando ligeramente de **0,03 PJ** a **0,08 PJ**, por lo que la demanda regional continúa concentrándose principalmente en el **diésel** y la **leña**.

Resultados Demanda Sector Agroforestal Regional

- Región Oriente (por energético)



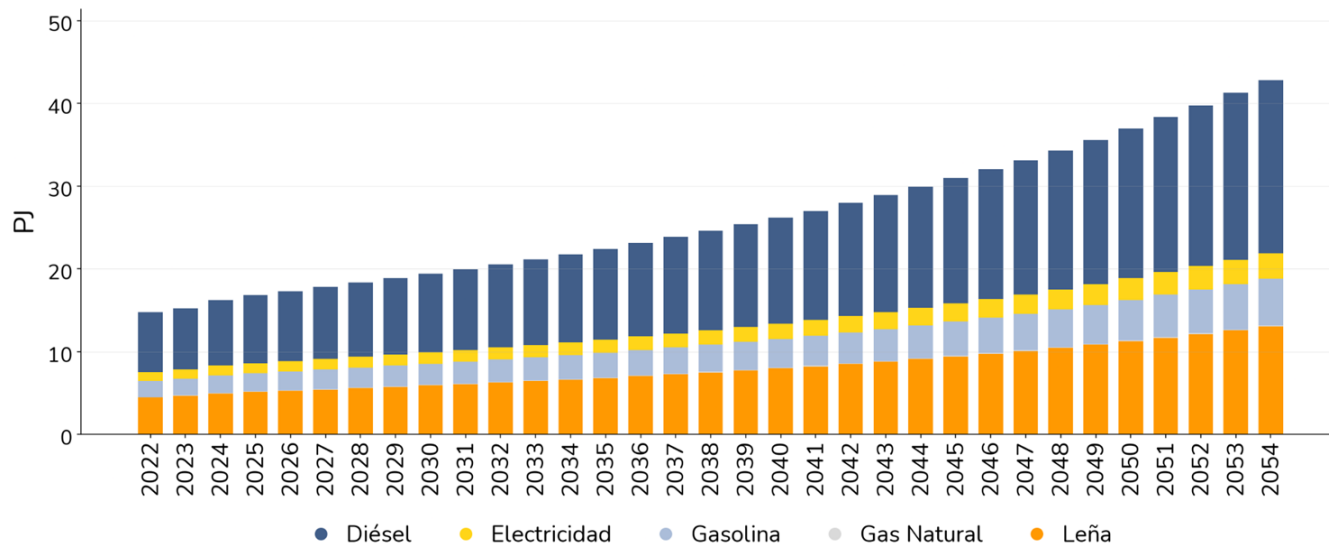
→ **Predominio del diésel:** El **diésel** se mantiene como el principal energético del sector agroforestal en la región, incrementando su consumo de **3,93 PJ** en 2022 a cerca de **11,36 PJ** en 2054.

→ **Crecimiento de los energéticos:** La **leña** aumenta de **2,40 PJ** a **7,05 PJ**, mientras que la **gasolina** pasa de **1,07 PJ** a **3,09 PJ** y la **electricidad** de **0,59 PJ** a **1,65 PJ**, reflejando un crecimiento sostenido de la demanda.

→ **Matriz energética:** El **gas natural** mantiene una participación marginal durante todo el horizonte, aumentando ligeramente de **0,03 PJ** a **0,07 PJ**, por lo que la demanda regional continúa concentrándose principalmente en el **diésel** y la **leña**.

Resultados Demanda Sector Agroforestal Regional

- Región Suroccidente (por energético)



→ **Predominio del diésel:** El **diésel** se mantiene como el principal energético del sector agroforestal en la región, incrementando su consumo de **7,24 PJ** en 2022 a cerca de **20,93 PJ** en 2054.

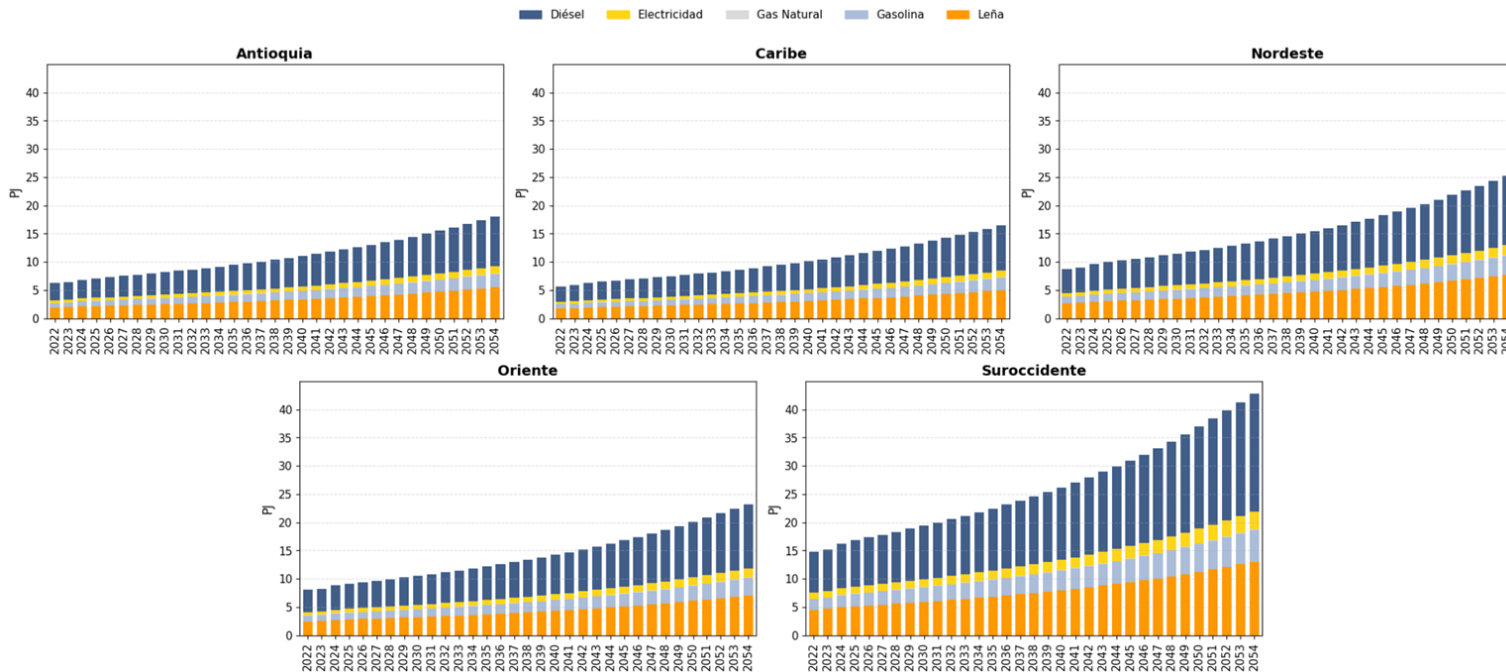
→ **Crecimiento de los energéticos:** La **leña** aumenta de **4,43 PJ** a **13,00 PJ**, mientras que la **gasolina** pasa de **1,97 PJ** a **5,69 PJ** y la **electricidad** de **1,08 PJ** a **3,04 PJ**, reflejando un crecimiento sostenido de la demanda.

→ **Matriz energética:** El **gas natural** mantiene una participación marginal durante todo el horizonte, aumentando ligeramente de **0,05 PJ** a **0,13 PJ**, por lo que la demanda regional continúa concentrándose principalmente en el **diésel** y la **leña**.

Resultados Demanda Sector Agroforestal Regional



Unidad de Planeación
Minero Energética



El sector agroforestal presenta un crecimiento sostenido de la demanda energética en todas las regiones, manteniendo una estructura de consumo prácticamente inalterada durante todo el horizonte de análisis. El diésel continúa siendo el energético predominante y concentra el mayor incremento de la demanda, seguido por la leña, que conserva una participación importante como segundo energético del sector. En paralelo, la gasolina y la electricidad también aumentan de forma gradual, aunque mantienen una participación significativamente menor dentro de la matriz energética, mientras que el gas natural conserva un papel marginal en todas las regiones.