



8 y 9 Noviembre

# **Potencial de la Energía Solar en la Matriz Energética Nacional**

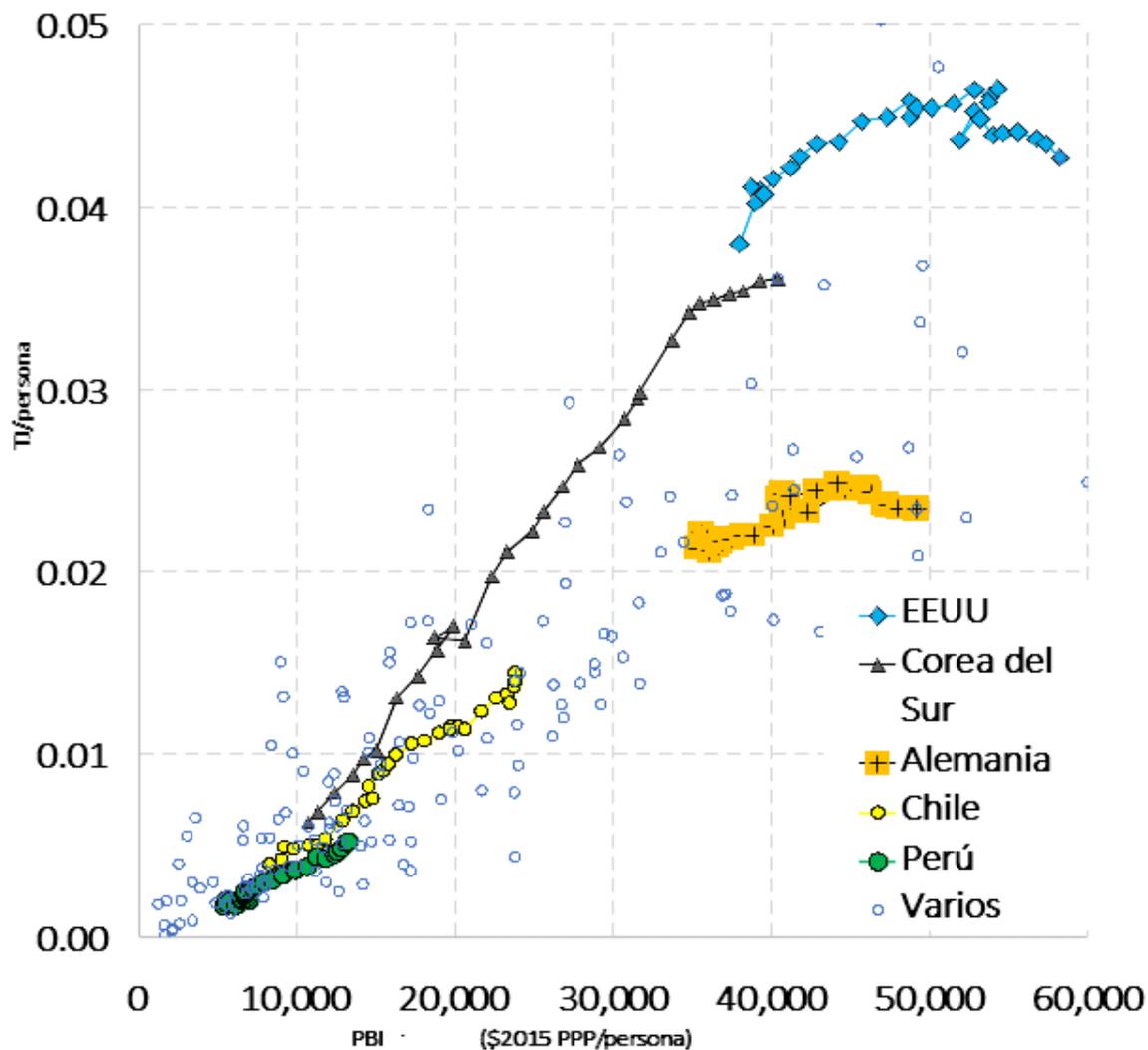
**Dr. Jaime E. Luyo**

08 de noviembre del 2021

# CONTENIDO

- Perspectiva Global: energía, PBI, emisiones, tecnología , RER.
- Matriz energética en Latinoamérica y Perú.
- Planeamiento y la matriz energética futura.
- Conclusiones preliminares.
- Planificación dinámica hacia una Matriz eléctrica sostenible y limpia.
- Conclusiones preliminares.
- Proyectos Normativos para la Modernización y Competencia en el mercado de Electricidad.
- Reflexiones finales

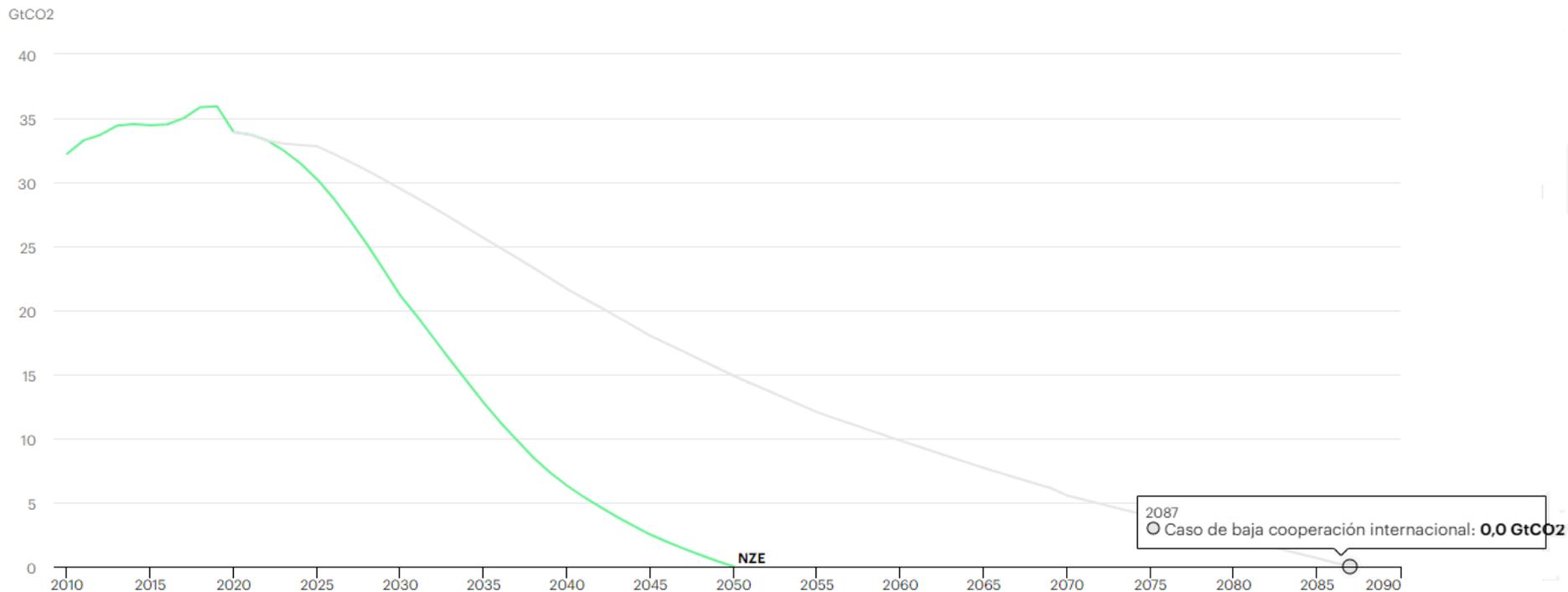
# Relación entre Consumo de Energía/persona y PBI/persona



Fuente: U.S. Energy Information Administration, "International Energy Statistics 2020"

COMENTARIO: progresión en las tres últimas décadas.

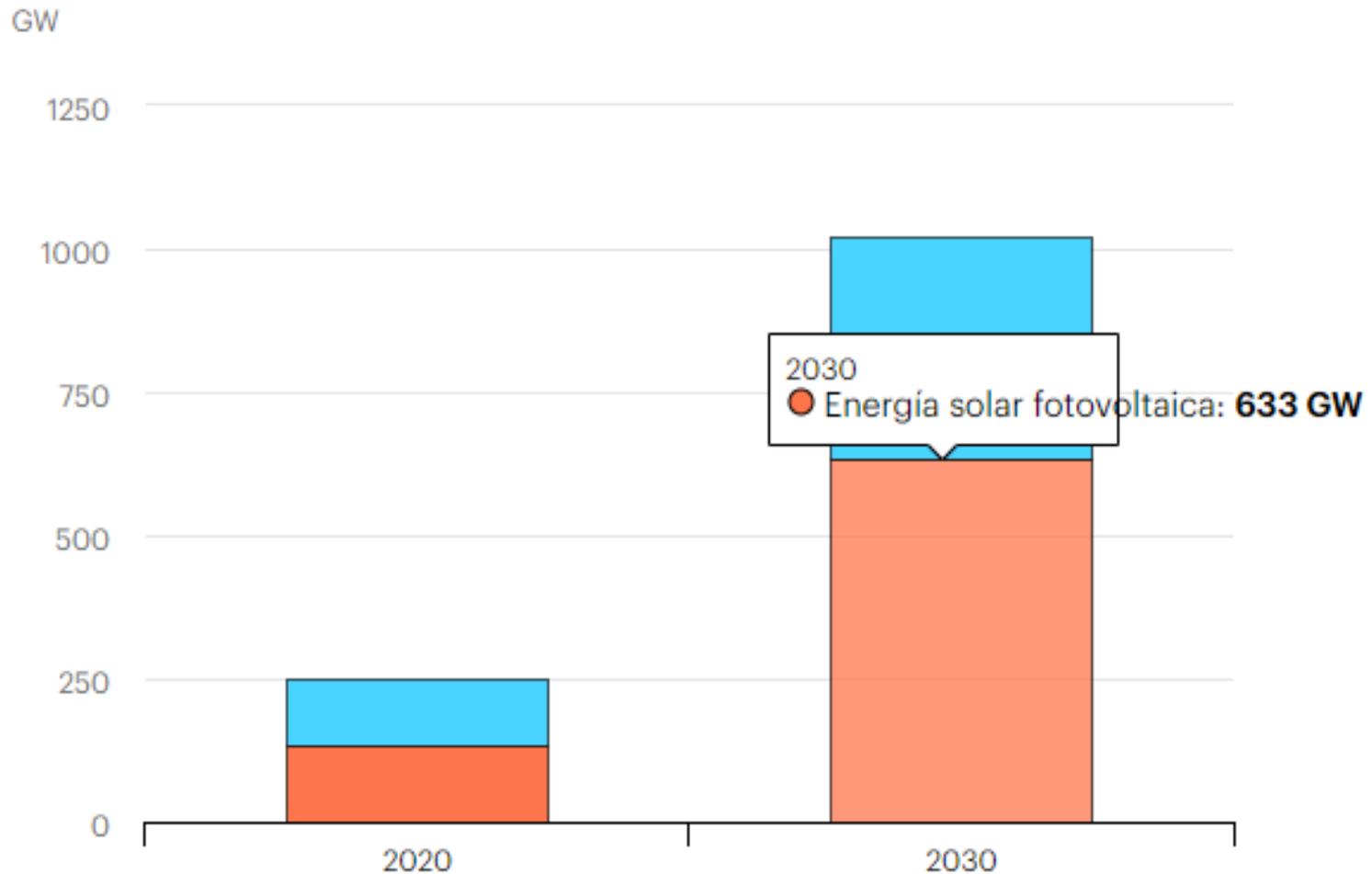
# Emisiones mundiales de CO2 con NZE. 2010-2090



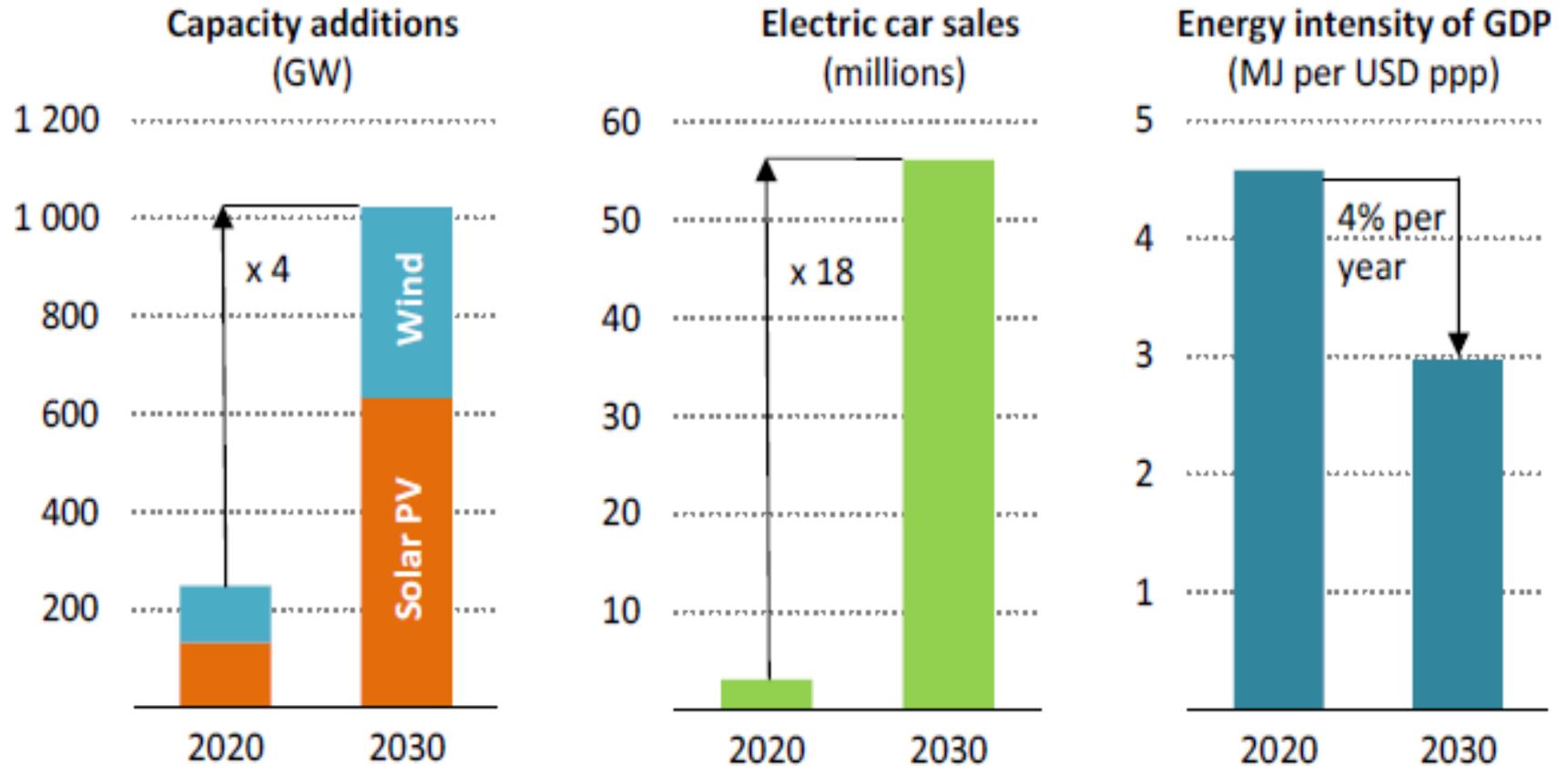
NZE : ruta de cero neto de emisiones

Source: IEA, may 2021

# Adiciones de capacidad de energía solar fotovoltaica y eólica-NZE. 2020-2030

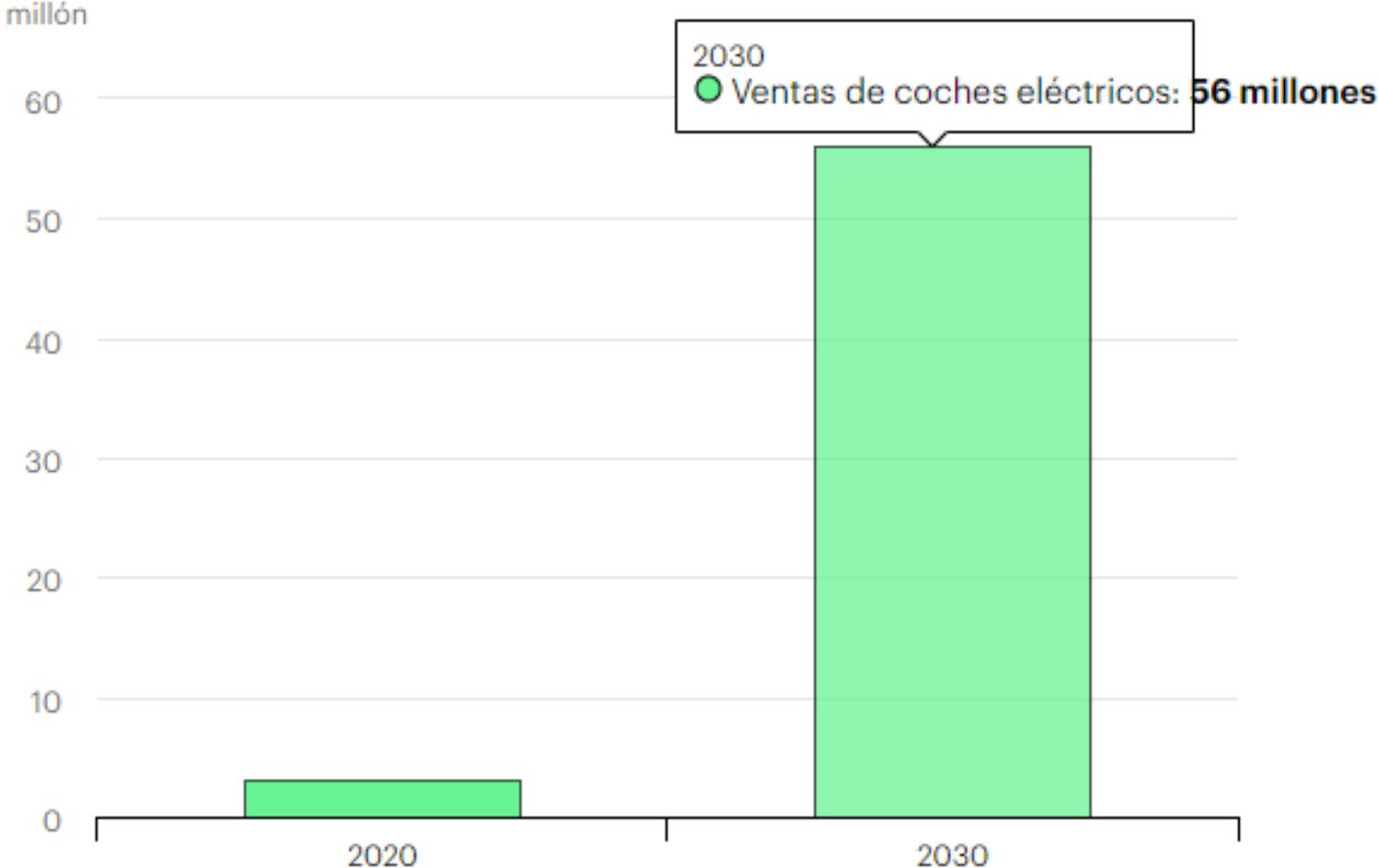


# Las tecnologías limpias clave aumentarán para 2030. NZE

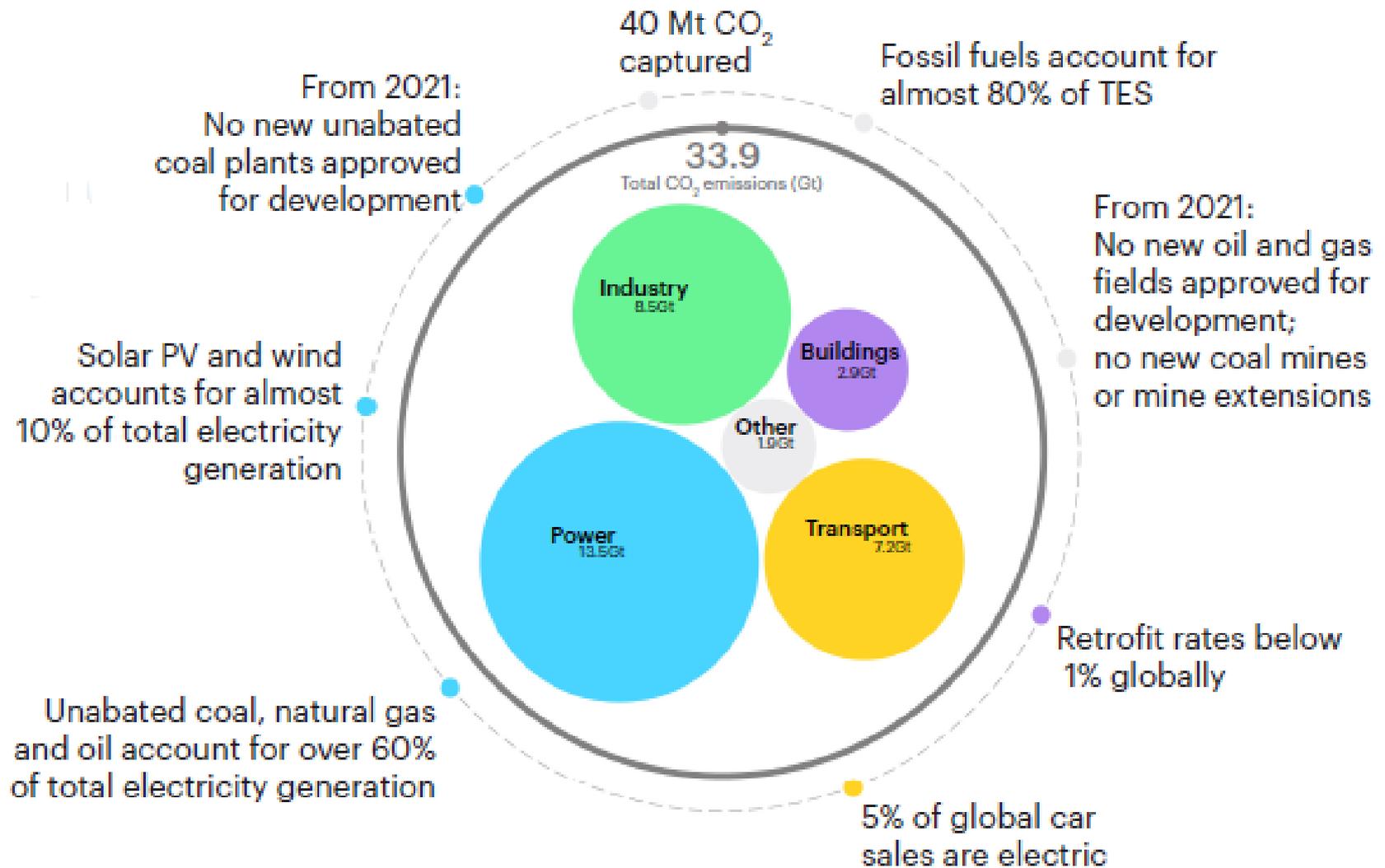


Note: MJ = megajoules; GDP = gross domestic product in purchasing power parity.

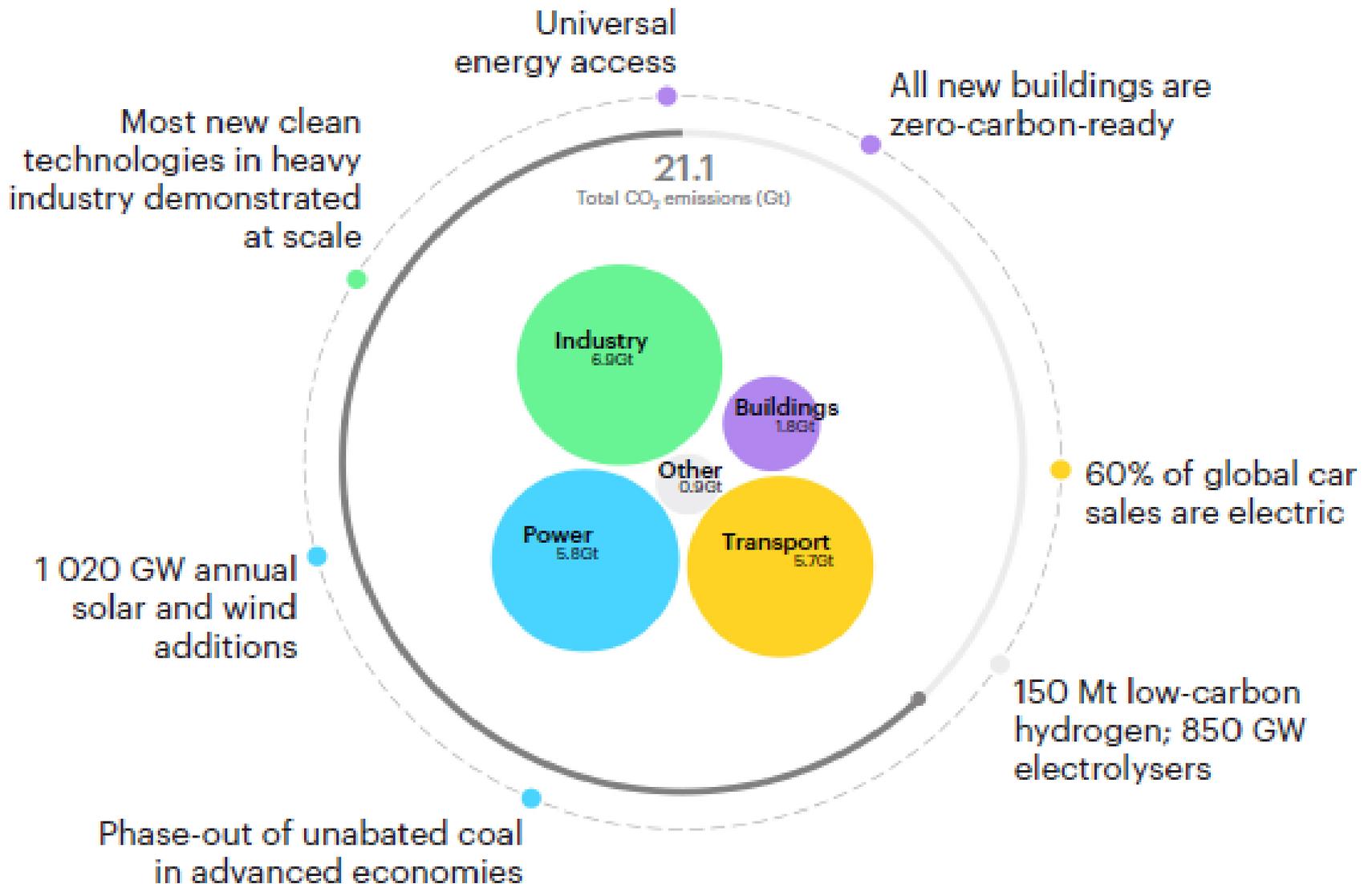
# Ventas de automóviles eléctricos . NZE. 2020-2030



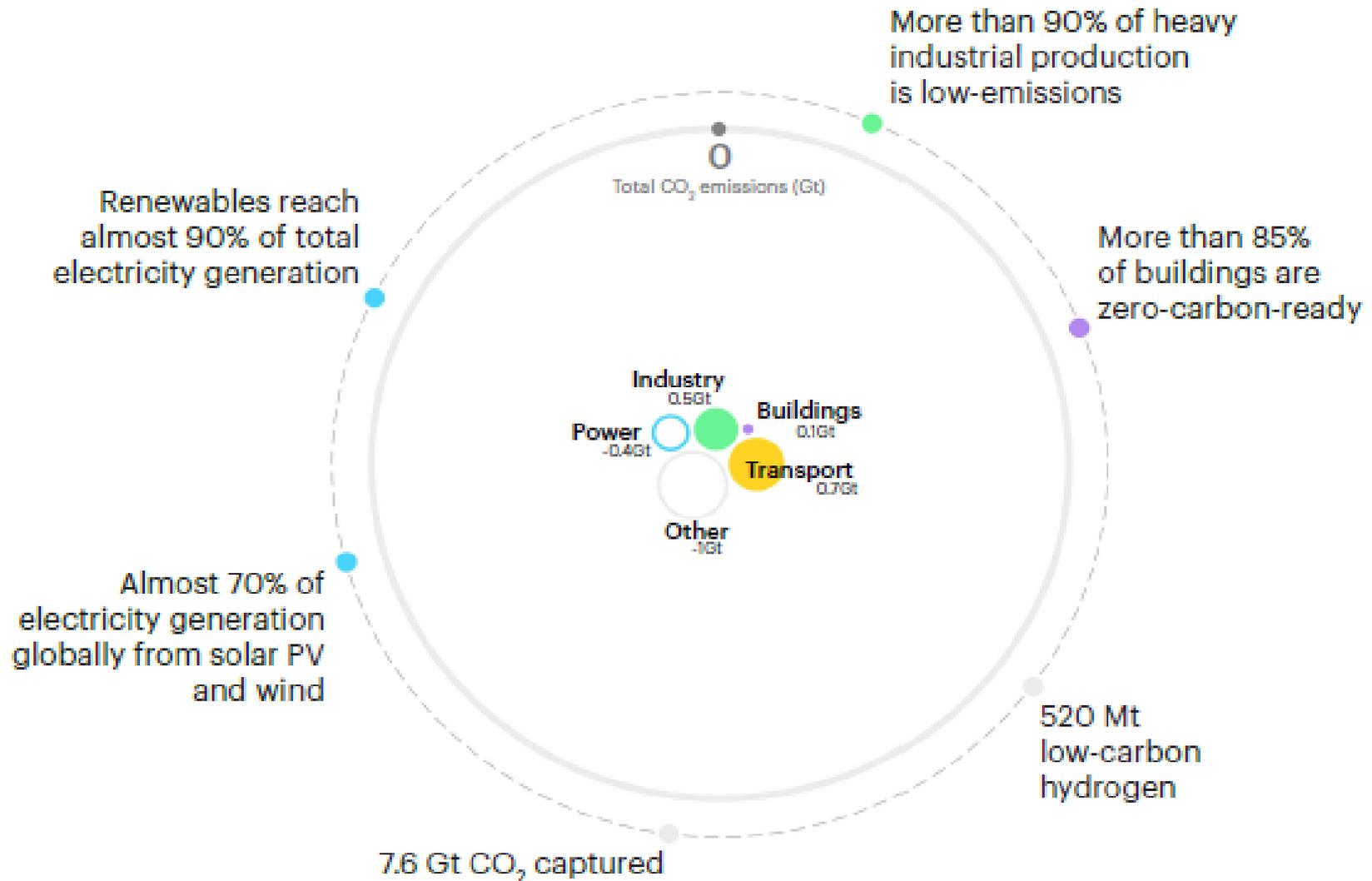
# Situación energética Global en el 2020



# Situación energética Global en el 2030. NZE

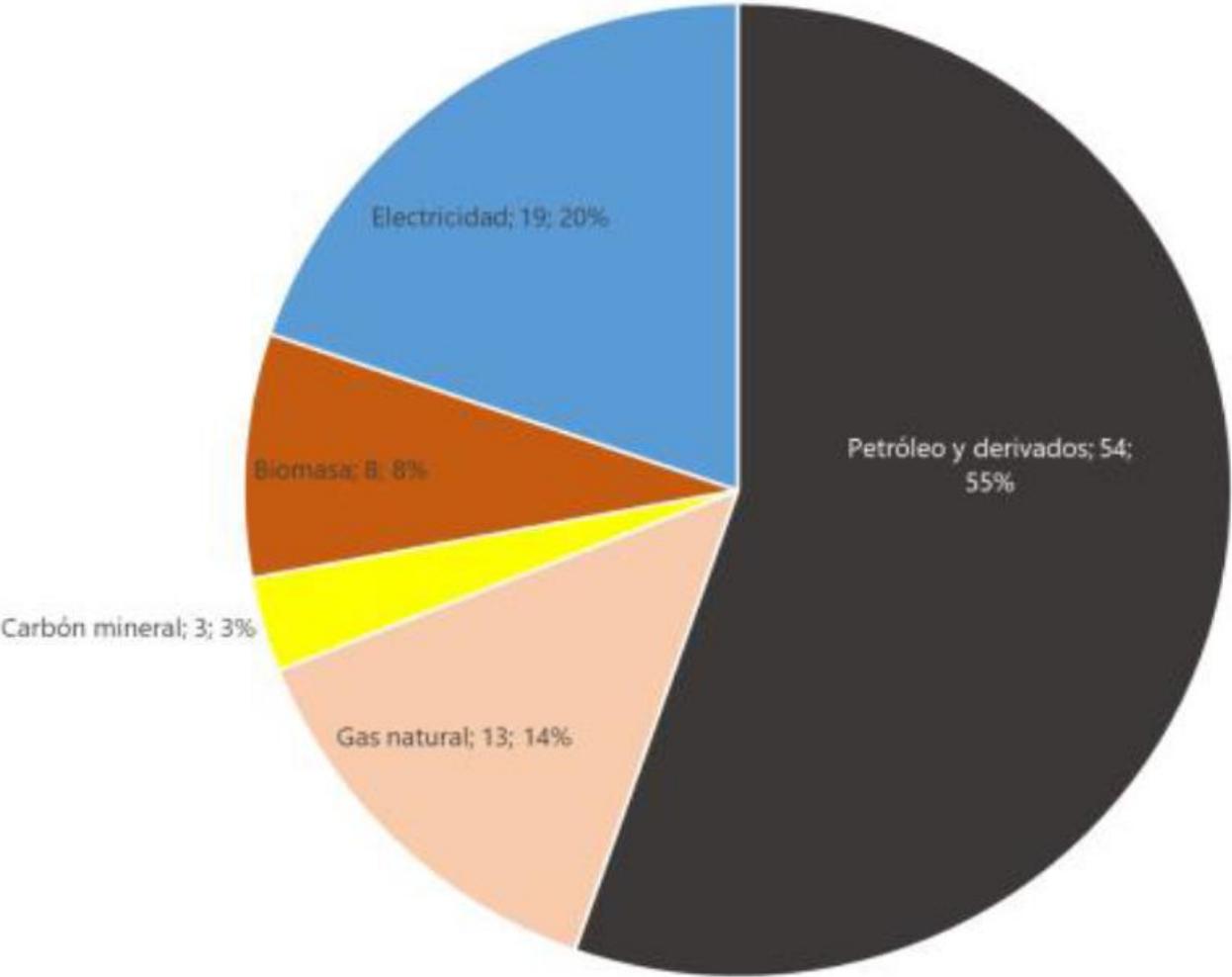


# Situación energética Global en el 2050. NZE



# **Matriz energética en LA y Perú**

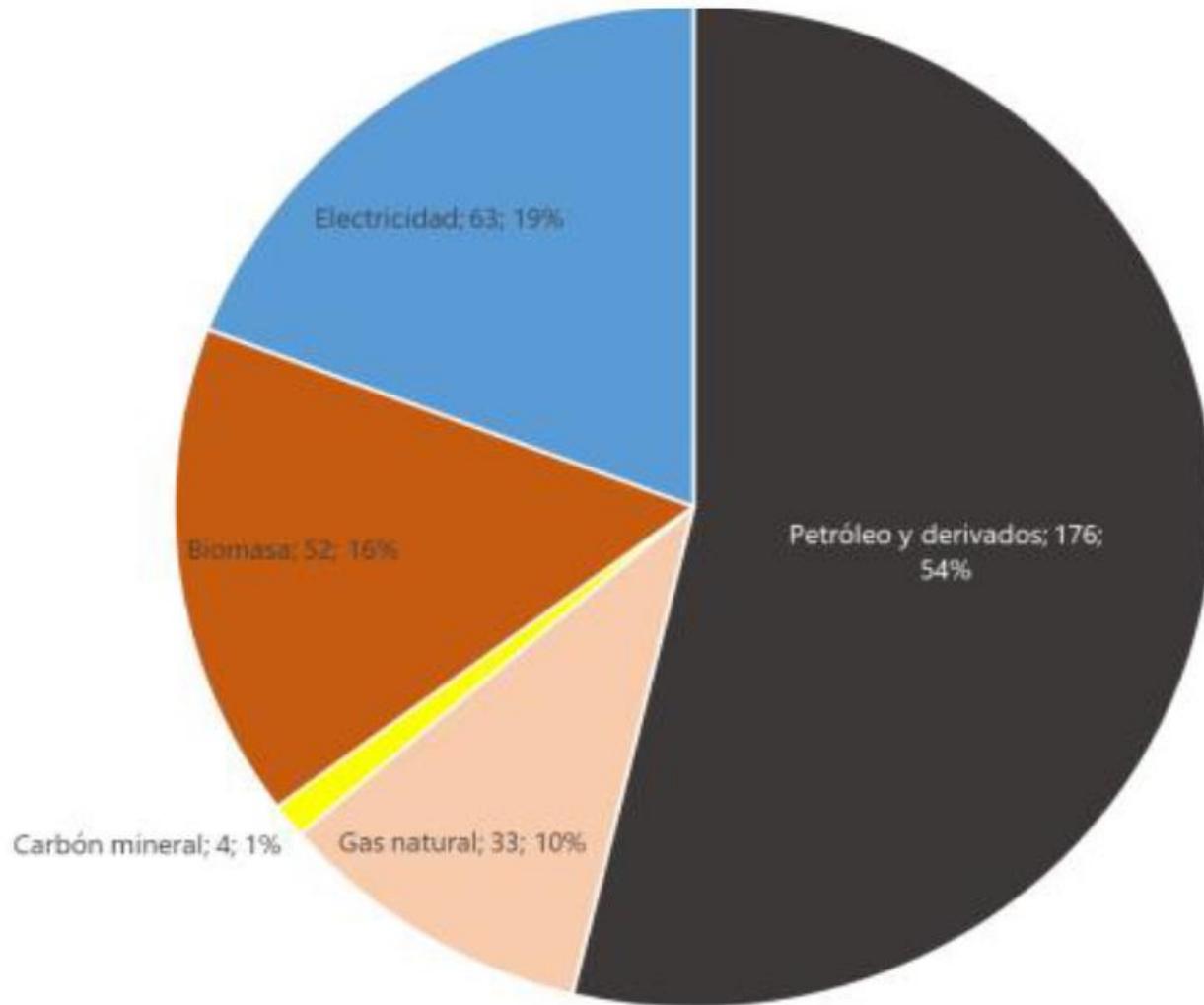
# Consumo final de energía subregión Zona Andina por fuente de energía, año 2019 [Mtep; %]



Fuente: OLADE

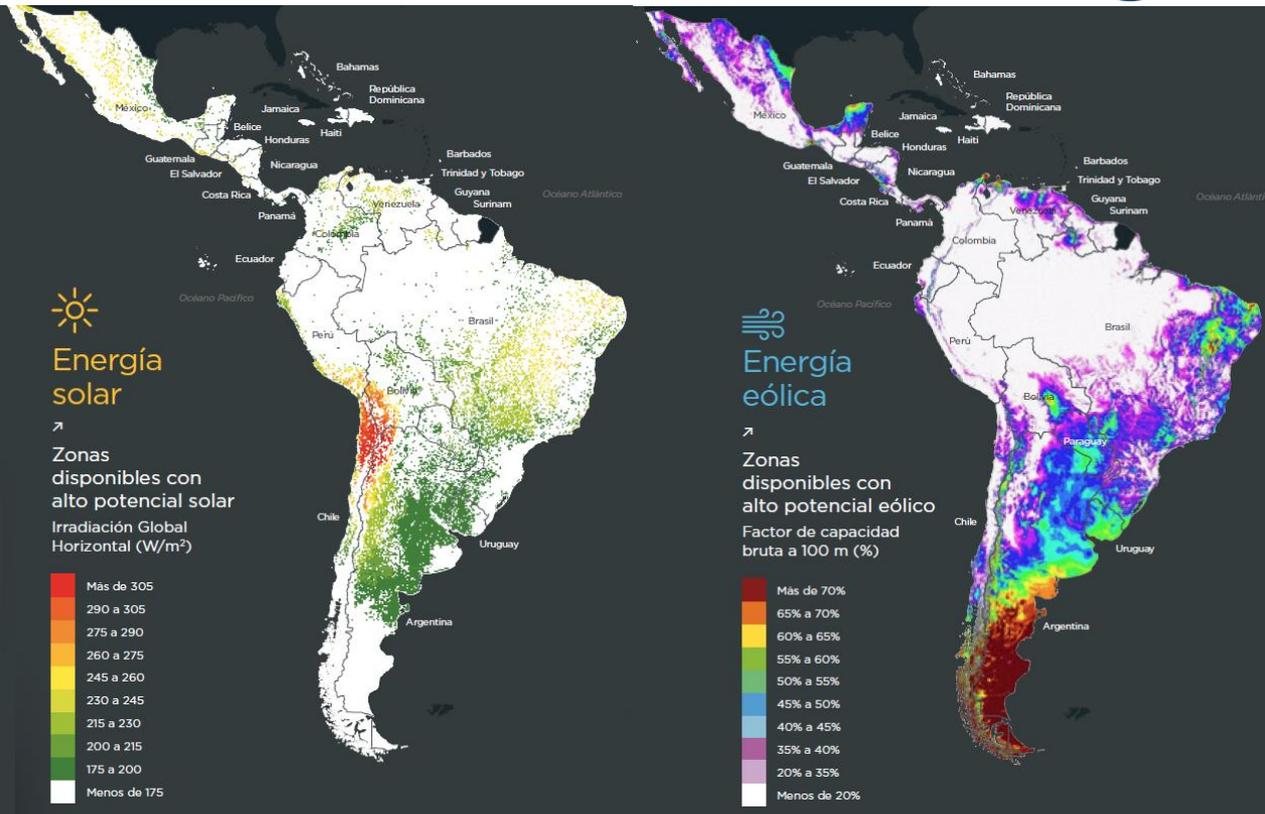
NOTA: La Zona Andina incluye Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. Tiene un consumo final de energía de 97 Mtep al año 2019

# Consumo final de energía subregión Cono Sur por fuente de energía, año 2019 [Mtep; %]



NOTA: La subregión del Cono Sur, abarca 5 países de Suramérica: Argentina, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay. Brasil y Argentina, consume más del 50% de la energía final de América Latina y el Caribe. Consume el Cono Sur 328 Mtep.

# El Perú aislado energéticamente

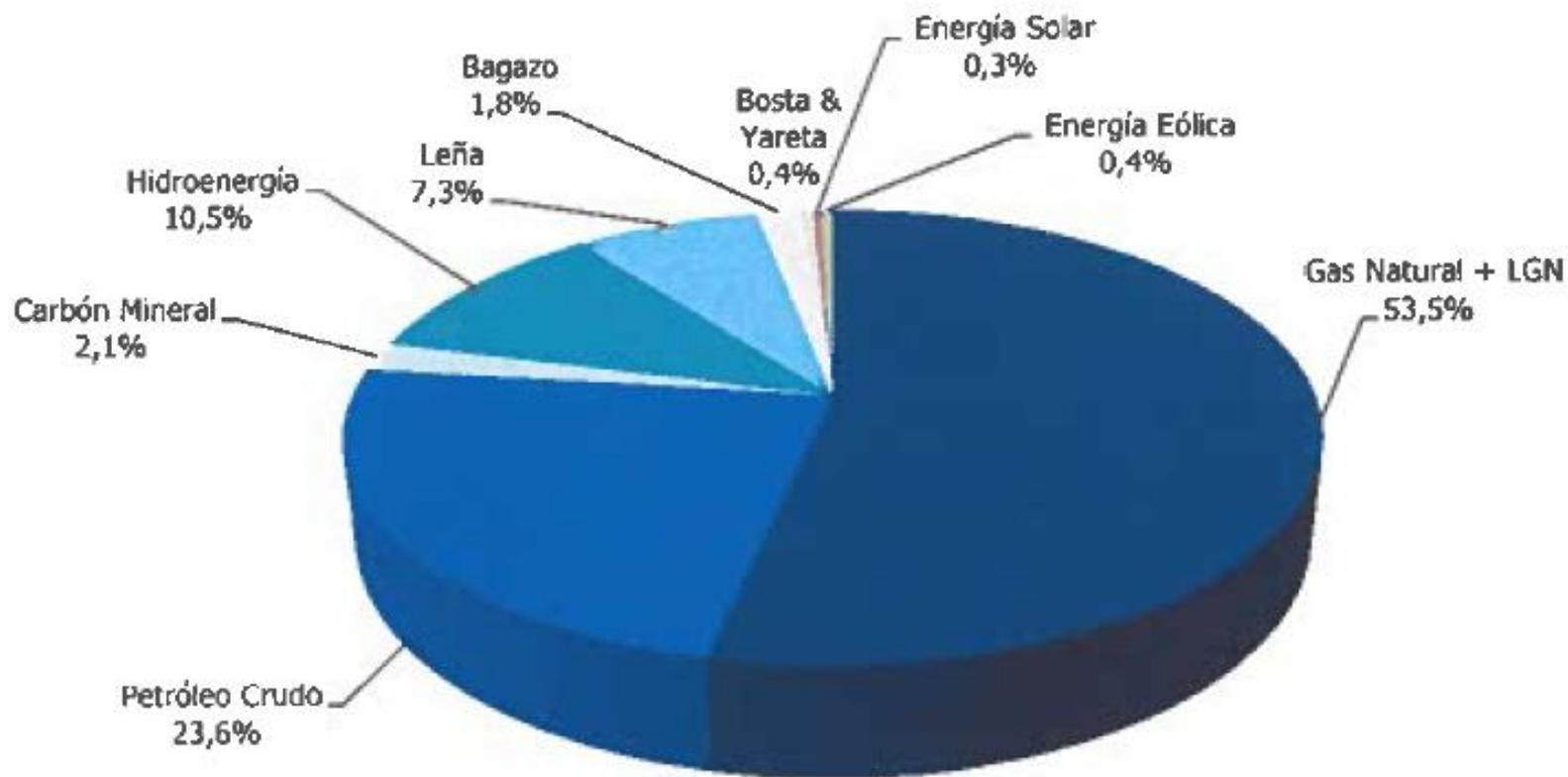


Fuente: La Red del Futuro - BID



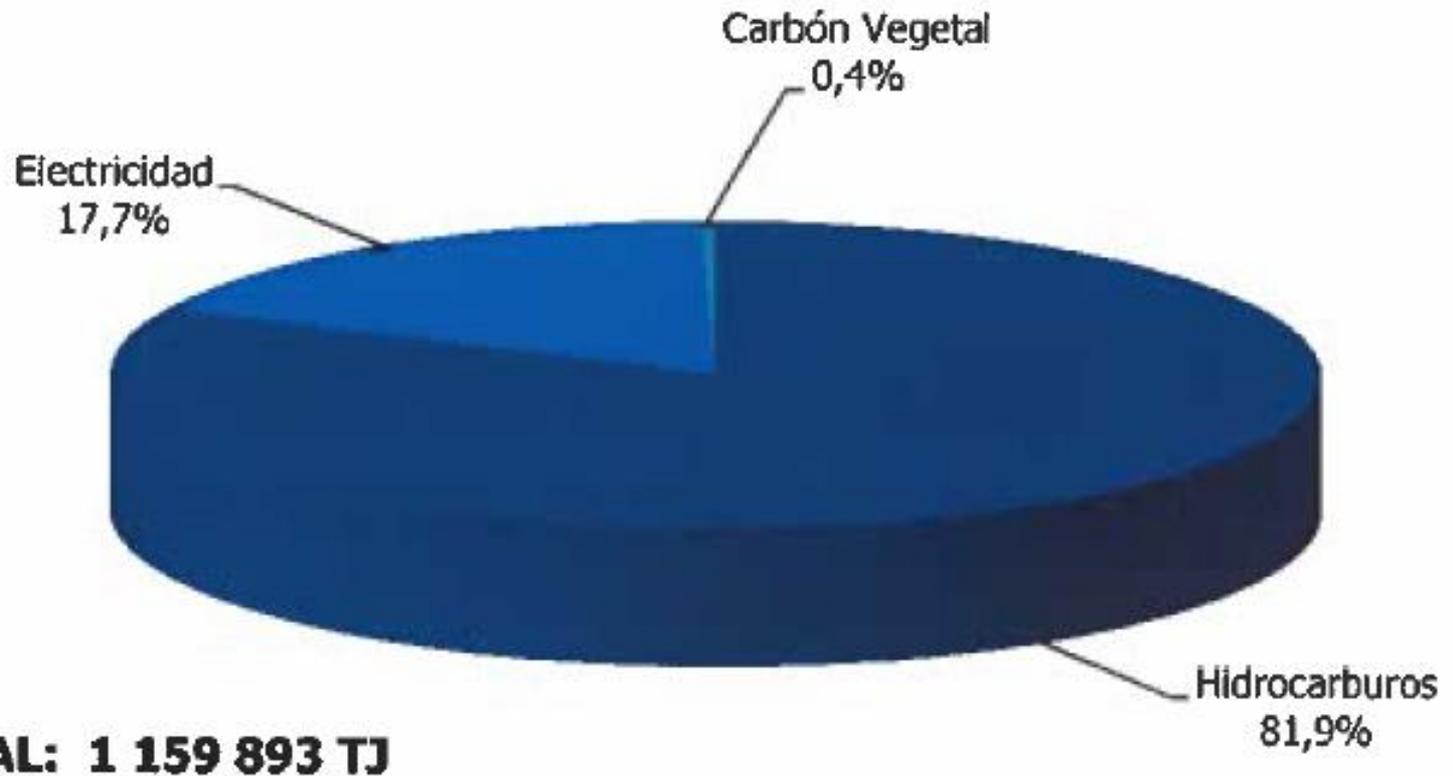
Fuente: colección Leuksman

## PARTICIPACIÓN DE LAS FUENTES EN LA OFERTA INTERNA BRUTA DE ENERGÍA PRIMARIA 2019

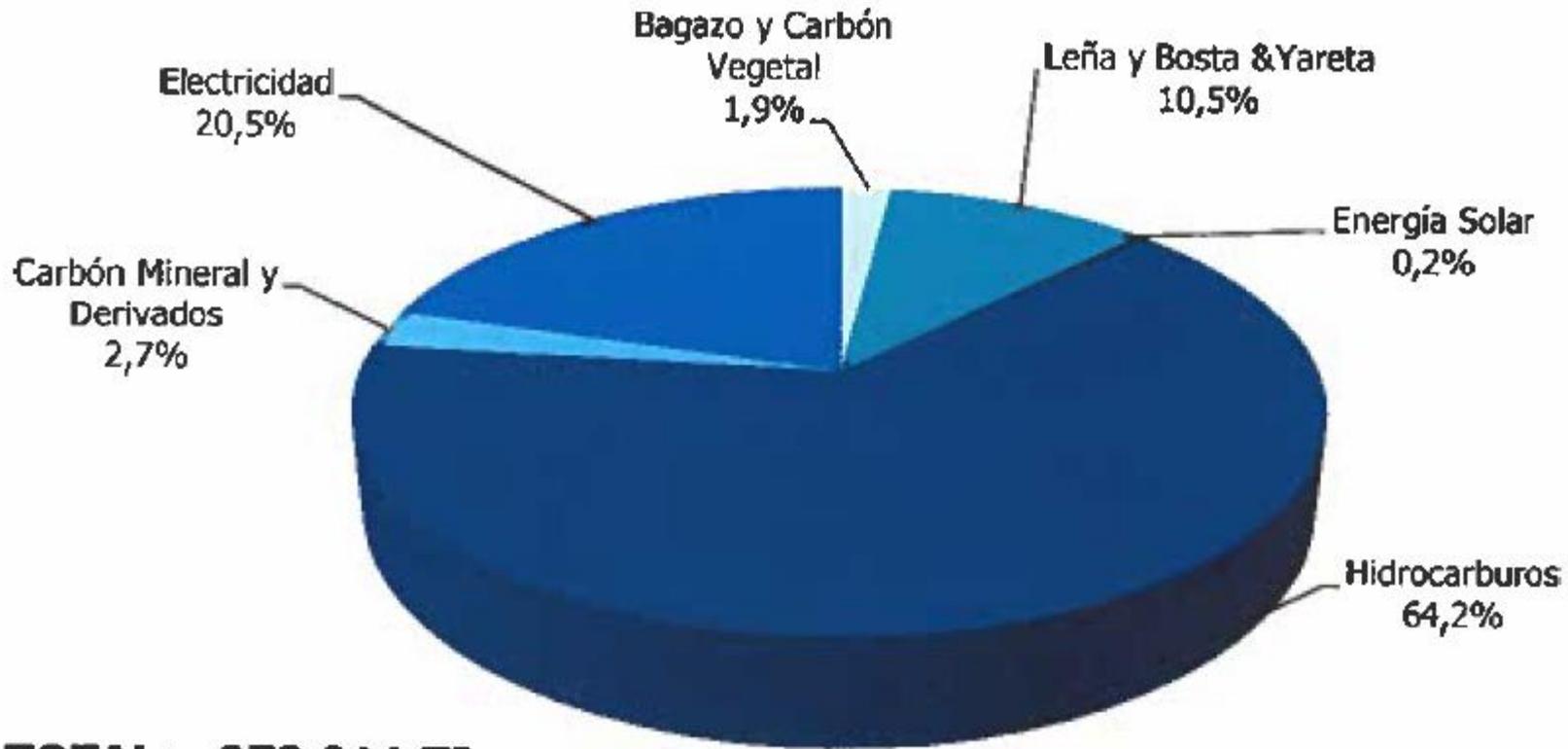


Fuente : BNE 2019, MINEM

## PRODUCCIÓN DE ENERGÍA SECUNDARIA 2019



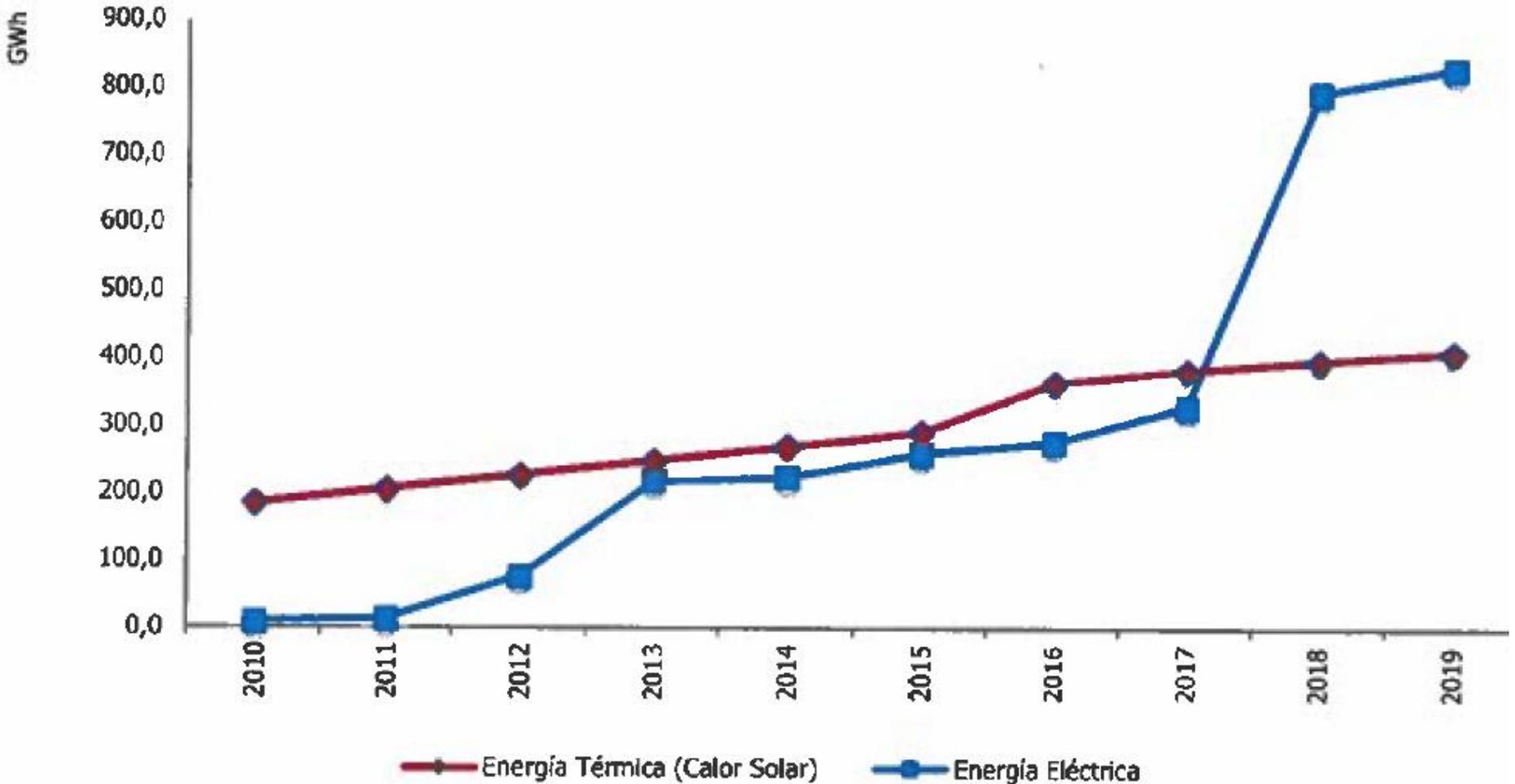
## PARTICIPACIÓN DE FUENTES DE ENERGÍA EN EL CONSUMO FINAL NACIONAL 2019



**TOTAL: 873 011 TJ**

COMENTARIOS: en la matriz energética de consumo final se observa que : hay un largo camino por avanzar en el consumo directo de la energía solar, así como reducir el excesivo consumo de derivados de hidrocarburos en el país.

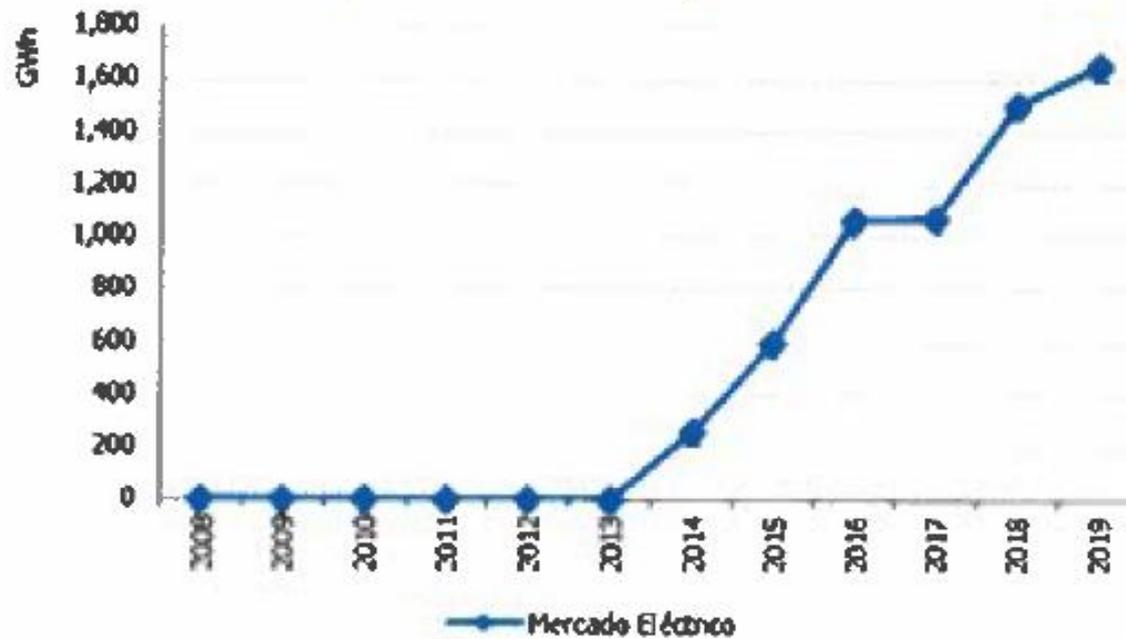
## EVOLUCIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA Y TÉRMICA SOLAR (UNIDAD: GWh)



Fuente: BNE 2019, MINEM.

COMENTARIOS: la producción de energía solar térmica desde el año 2010 ha aumentado a una tasa media anual de 9.3 %, llegando en el 2019 a **411.8 GWh**. En el mismo periodo, la energía solar fotovoltaica creció a una tasa media anual 65.6%, hasta alcanzar **832.8 GWh**.

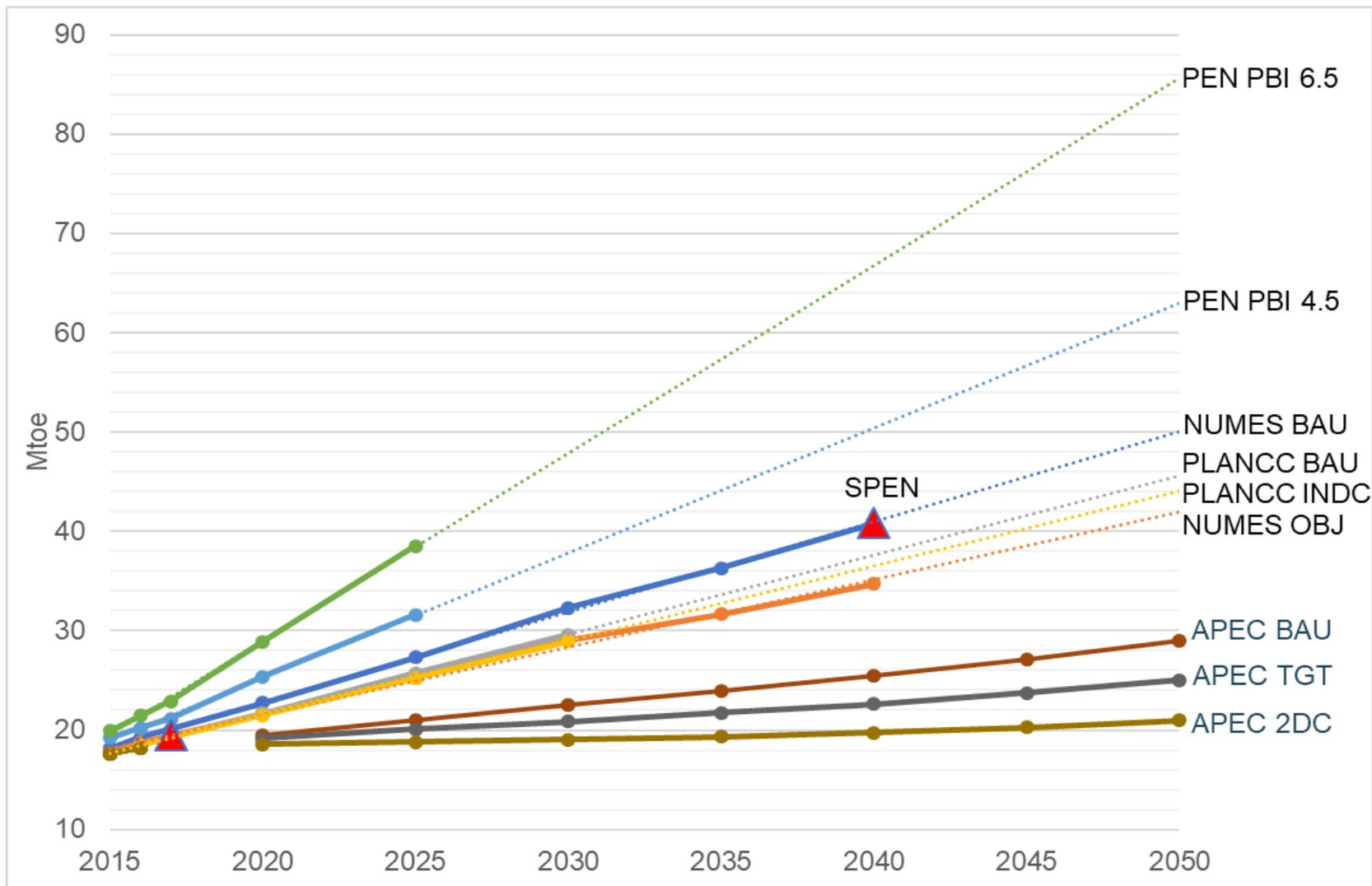
## EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE CENTRALES EÓLICAS DEL MERCADO ELÉCTRICO (UNIDAD: GWh)



Fuente . MINEM, 2021

# **Planeamiento y la matriz energética futura: *nueva metodología para Perú enfocada en la demanda***

**NOTA.** en lo que sigue la exposición está basada en algunos de los resultados de :  
J. Meza S. (PhD T.; asesores J.E. Luyo y R. Gonzáles)



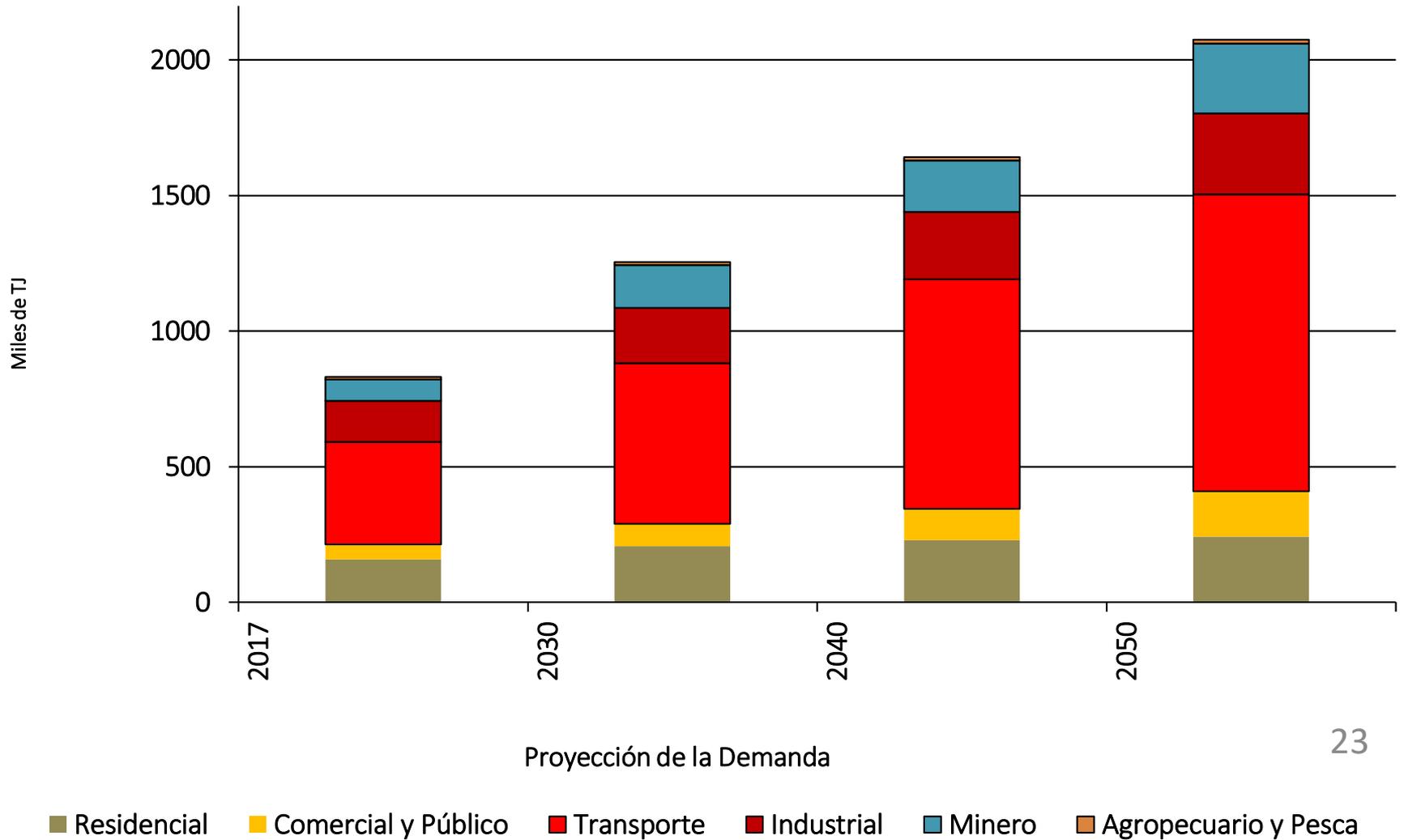
**Comparación de las proyecciones de la demanda de los escenarios evaluados en los estudios analizados**

Fuente: J.N. Meza (PhD. T.); J.E. Luyo y R. Gonzáles P. (asesores)

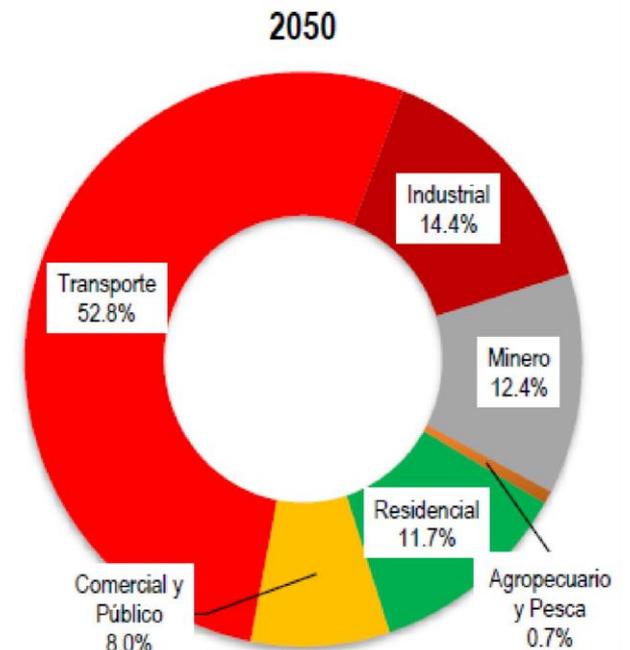
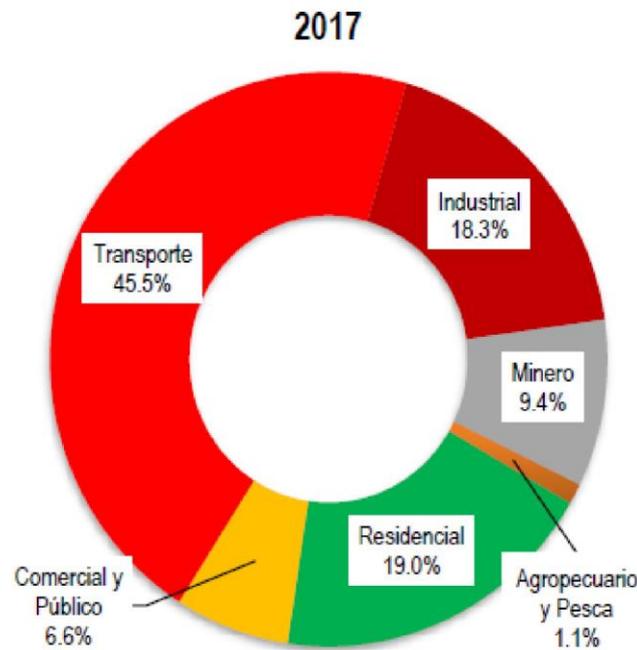
Supuestos considerados en el escenario base

Sector	Escenario Base
Demanda	<p>Sector Residencial:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Existe un efecto sustitución entre tecnologías</li> <li>- Se implementa el Etiquetado de equipos energéticos</li> <li>- Conexiones Domiciliarias de Gas Natural: 20% habilitadas para 2 puntos de suministro</li> </ul> <p>Sector Comercial y Público:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se ve fuertemente influenciado por el aumento de la PEA que impulsa el incremento en la demanda de servicios</li> </ul> <p>Sector Minero Metalúrgico e Industrial:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se realizan las inversiones y ampliaciones declarados por las empresas en el contexto del plan de transmisión</li> </ul> <p>Sector Transporte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Continúa la masificación de GN</li> <li>- Aún no se contempla uso de LGN para transporte de carga</li> <li>- Se implementa el Metro (línea 1 y 2 del metro de lima)</li> <li>- Ingreso de coches eléctricos al parque automotor</li> <li>- Aún no se prevé el ingreso de vehículos a celdas de combustible</li> </ul>
Oferta	<p>La estructura de generación de electricidad: 47.5% Hidroeléctricas - 47.5% Térmicas a gas natural - 5% RER</p> <p>No se contempla la implementación de generación distribuida</p> <p>Transporte de Gas Natural: Centro y Sur</p> <p>Ampliación Refinería de Talara</p> <p>No se prevé la implementación de Petroquímica</p>

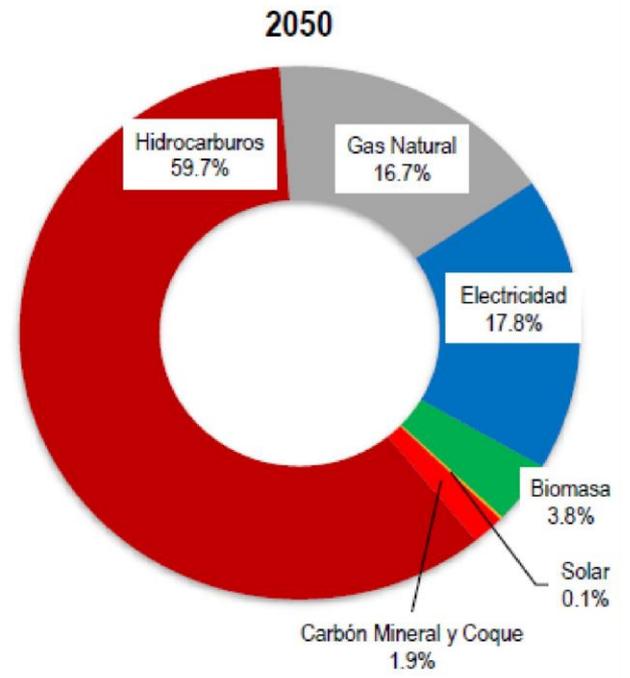
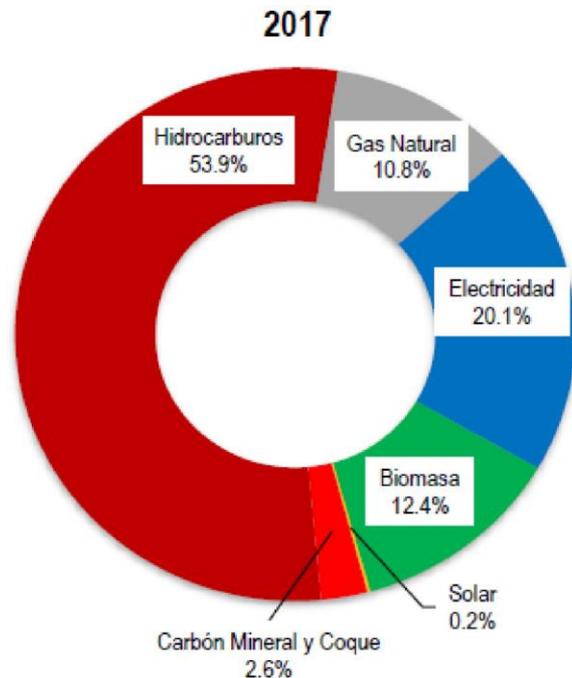
# Principales Resultados



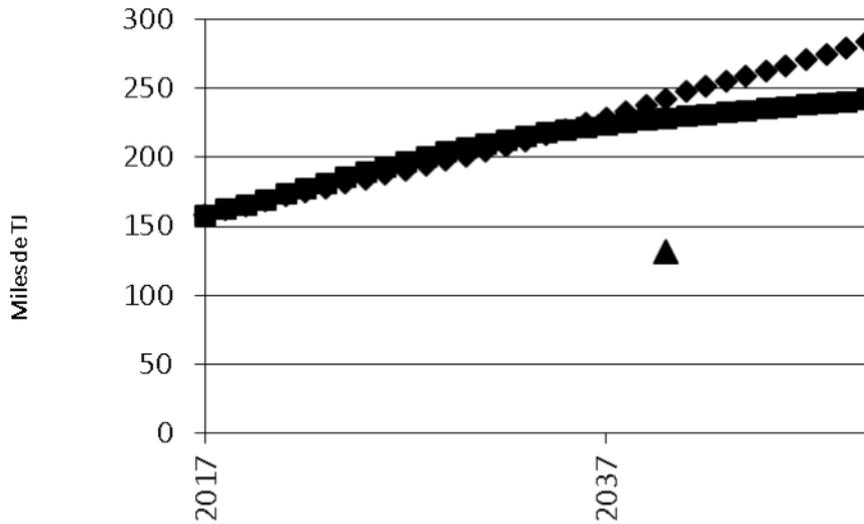
## Proyección de la Demanda de Energía por Sectores – Escenario Base (BAU)



## Proyección de la Demanda de Energía por Energéticos – Escenario Base

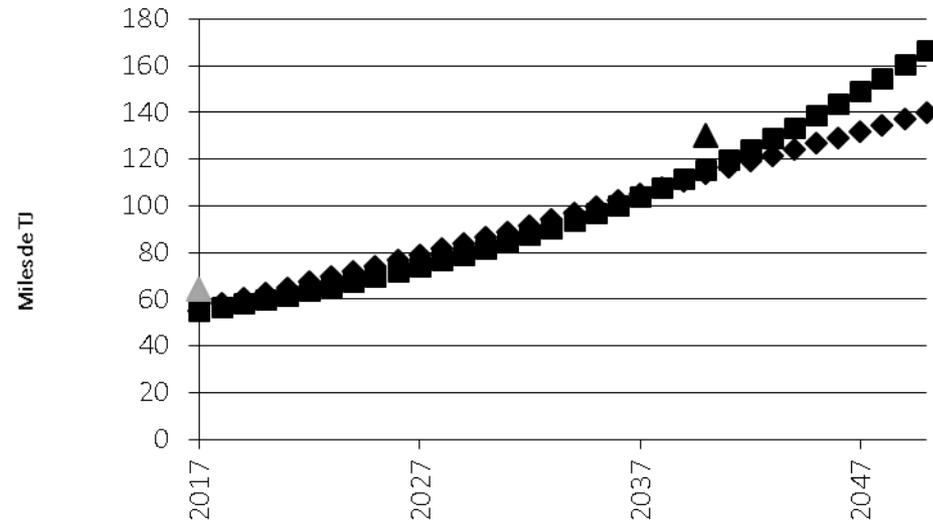


# Discrepancias en la Proyección de la Demanda



- ◆ Modelo Econometrico
- Modelo Propuesto

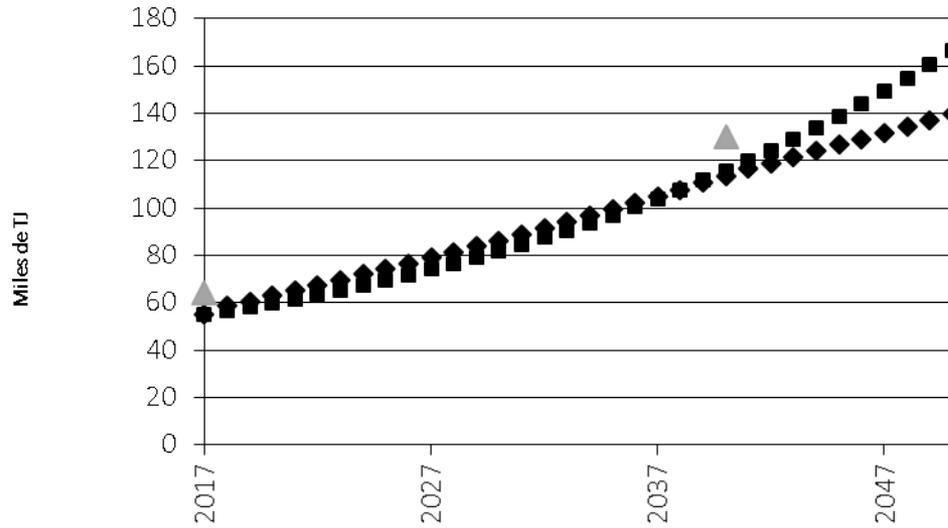
**Comparación de la demanda del sector residencial con otros métodos de proyección**



- ◆ Modelo Econometrico
- Modelo Propuesto
- ▲ Modelo de Optimización (SPEN)

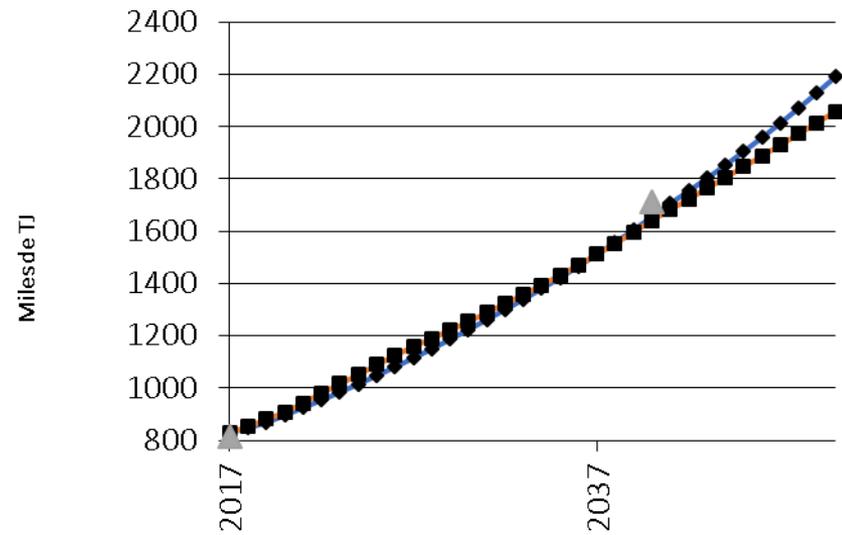
**Comparación de la demanda del sector comercial y público con otros métodos de proyección**

# Discrepancias en la Proyección de la Demanda



- ◆ Modelo Econometrico
- ▲ Modelo de Optimización (SPEN)
- Modelo Propuesto

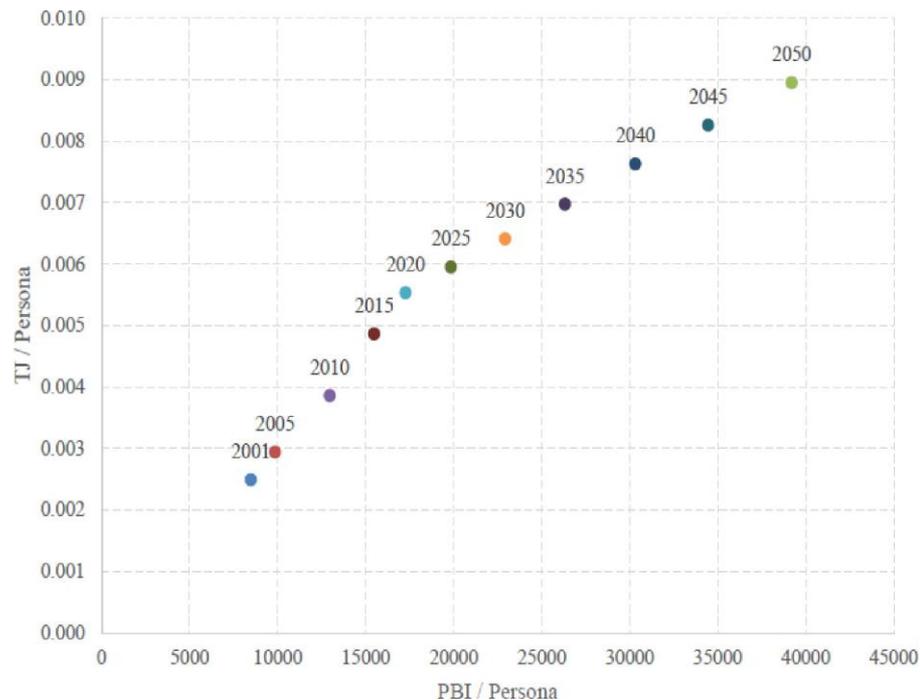
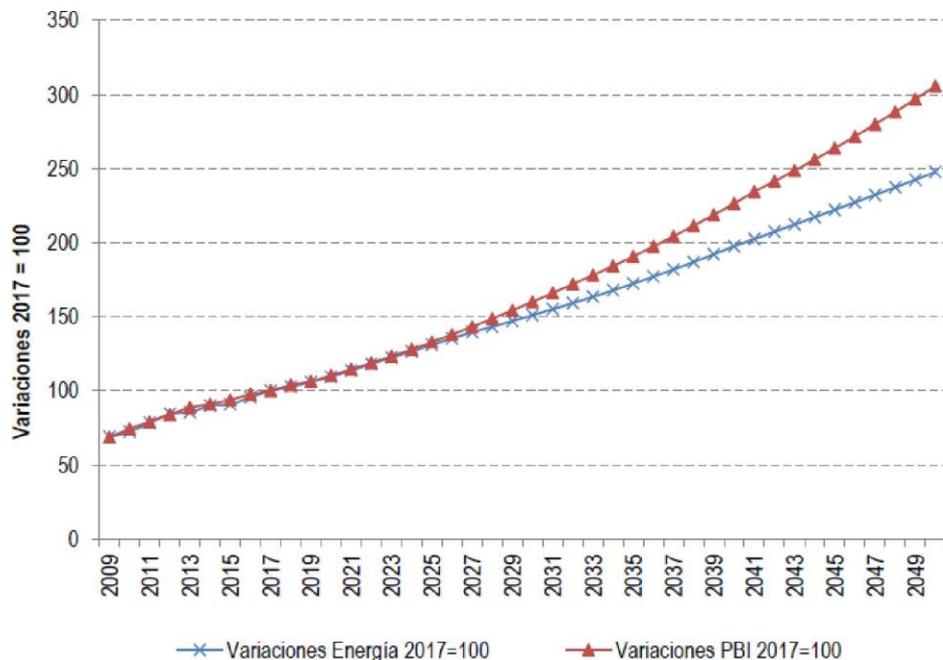
**Comparación de la demanda del sector transporte con otros métodos de proyección**



- ◆ Modelo Econometrico

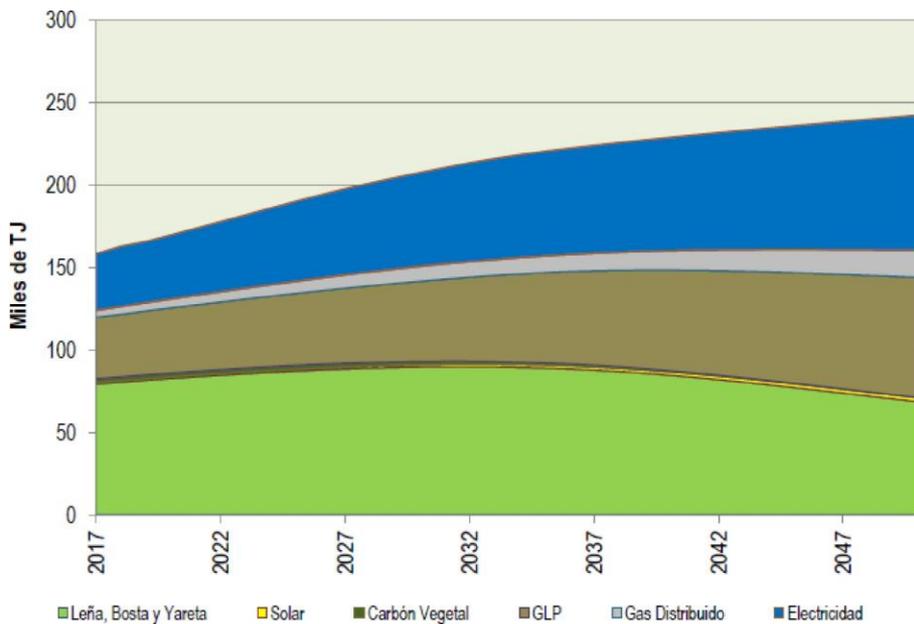
**Comparación de la demanda total de energía con otros métodos de proyección**

# Desacople del Consumo de Energía y el PBI del Perú

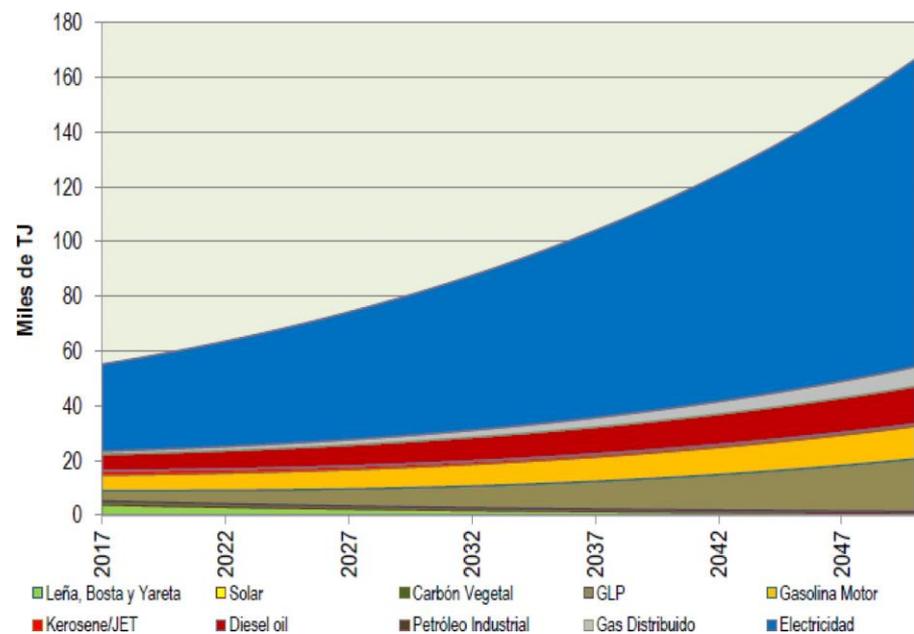


Comparación de las variaciones de la demanda final de energía y PBI en el periodo de análisis (año base 2017 = 100)

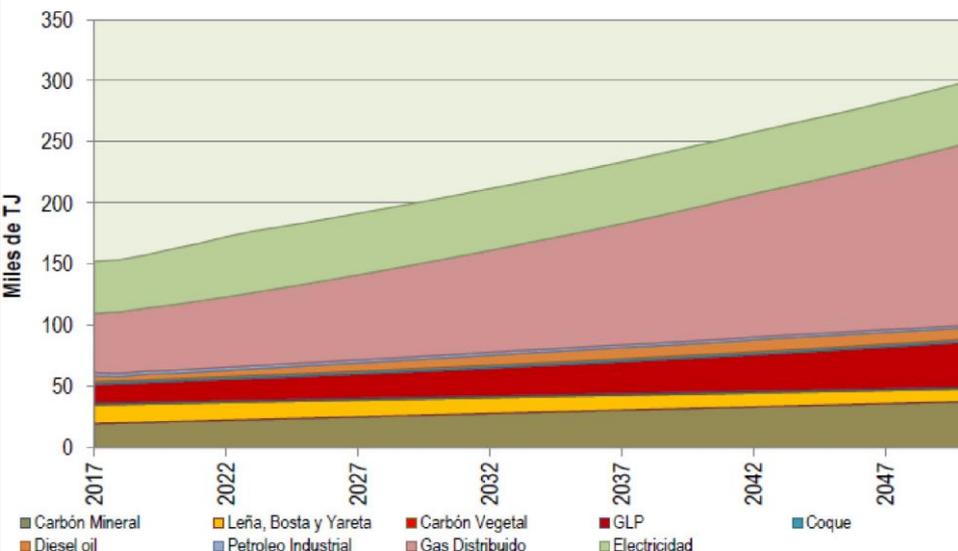
Relación entre el consumo de energía/persona y PBI/persona, de la proyección de demanda realizada



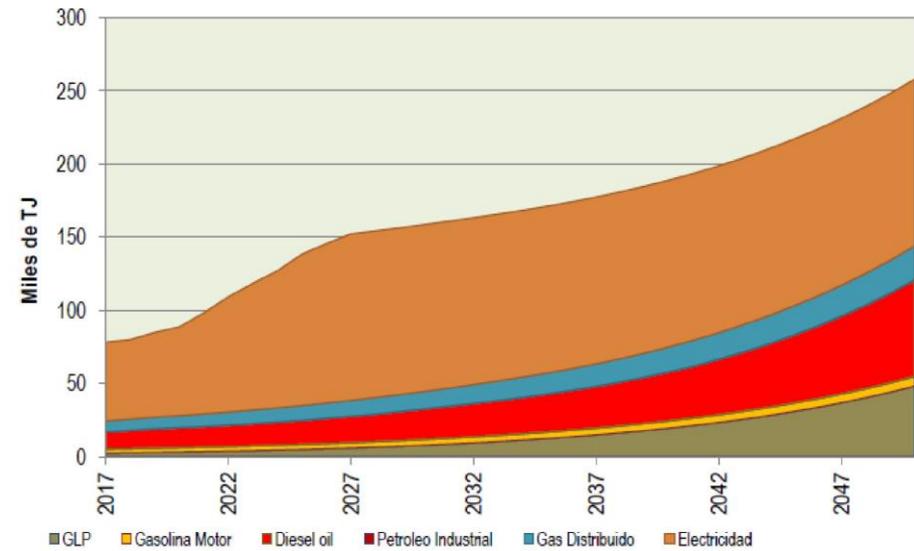
**Demanda en el Sector Residencial - Escenario Base**



**Demanda en el Sector comercial y público- Escenario Base**

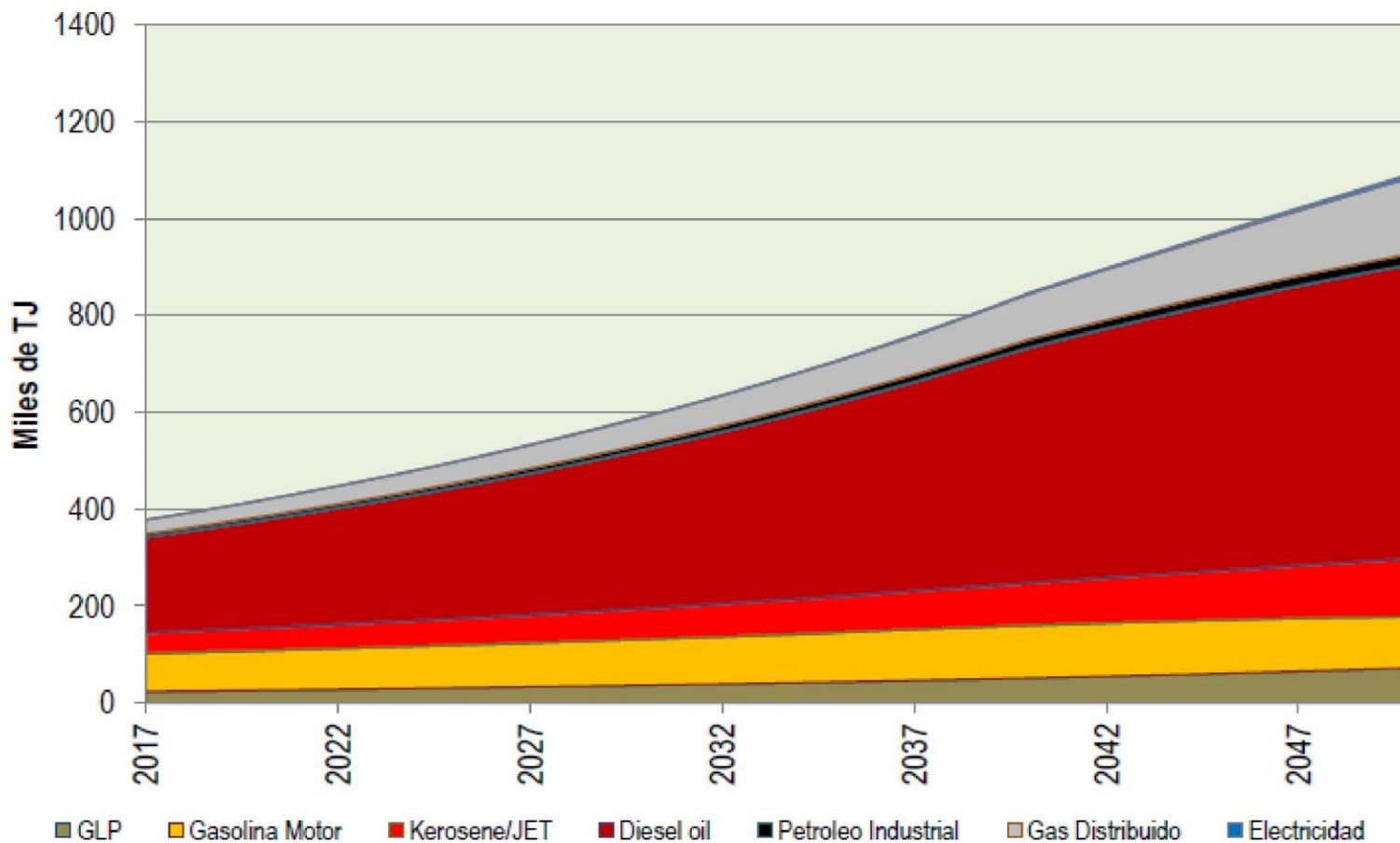


**Demanda en el Sector Industrial -Escenario Base**



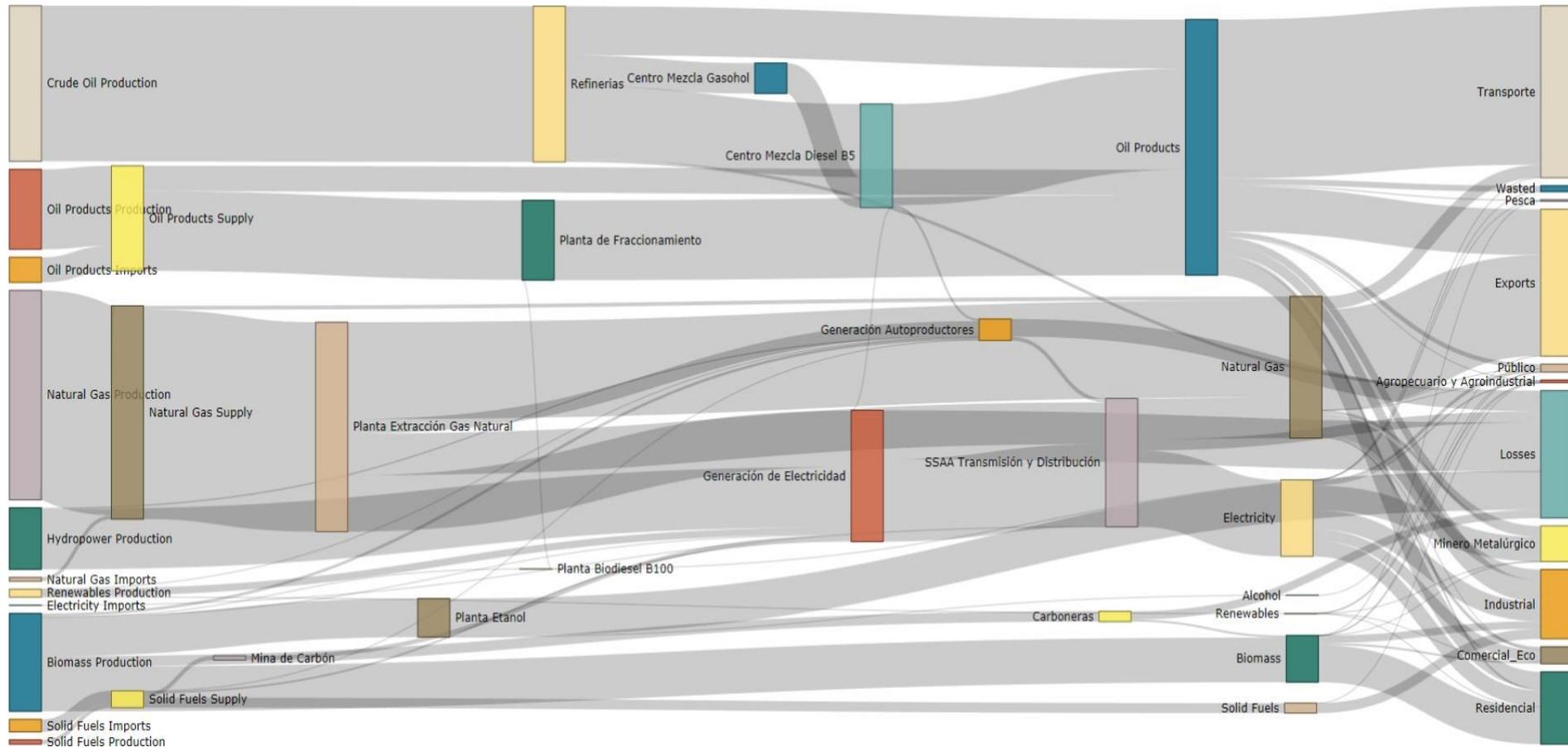
**Demanda en el Sector Minería -Escenario Base**

# Demanda en el Sector Transporte - Escenario Base



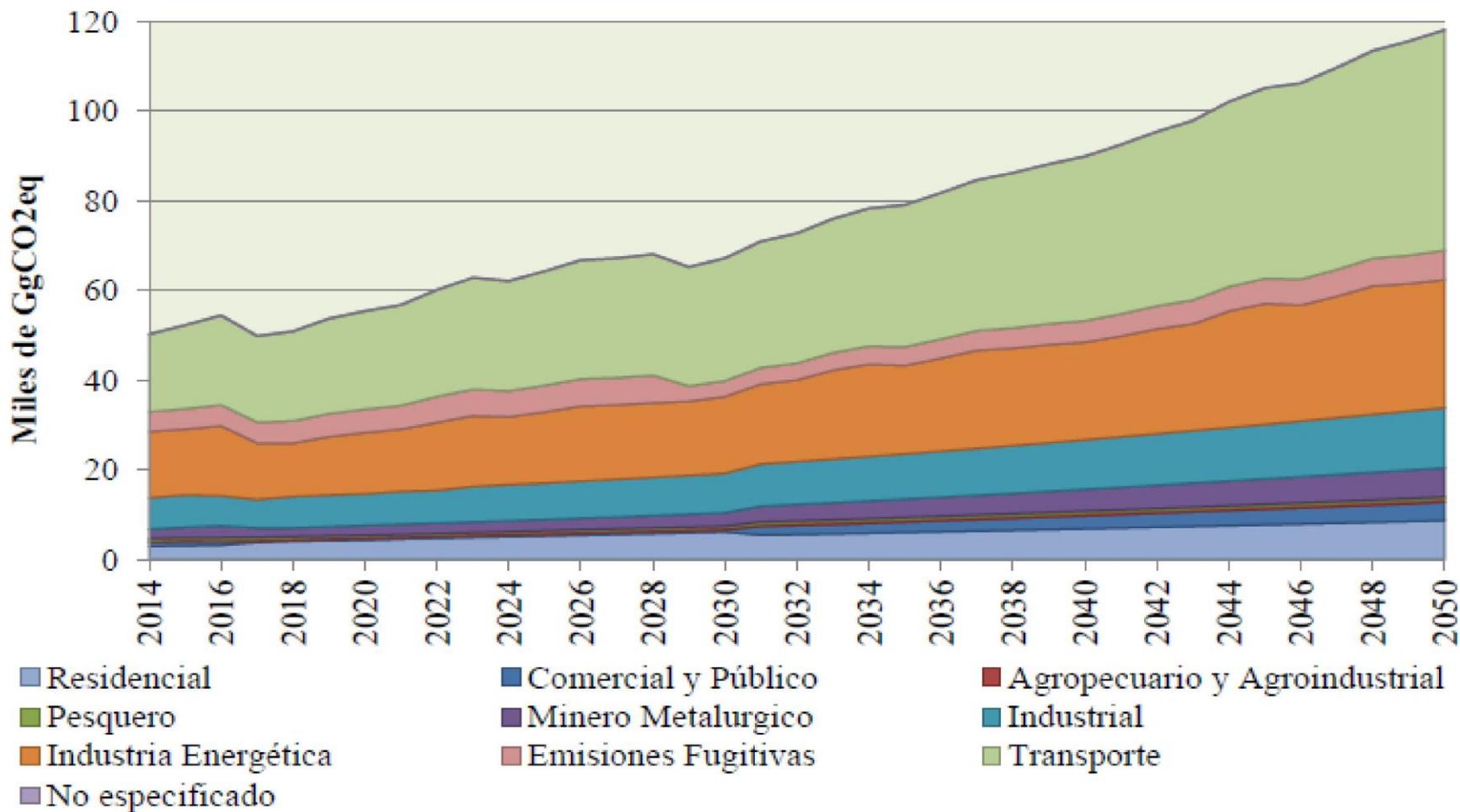
Fuente: J.N. Meza (PhD. T.); J.E. Luyo y R. Gonzáles P.(asesores)

# Flujo de la Matriz Energética Simulada año 2050



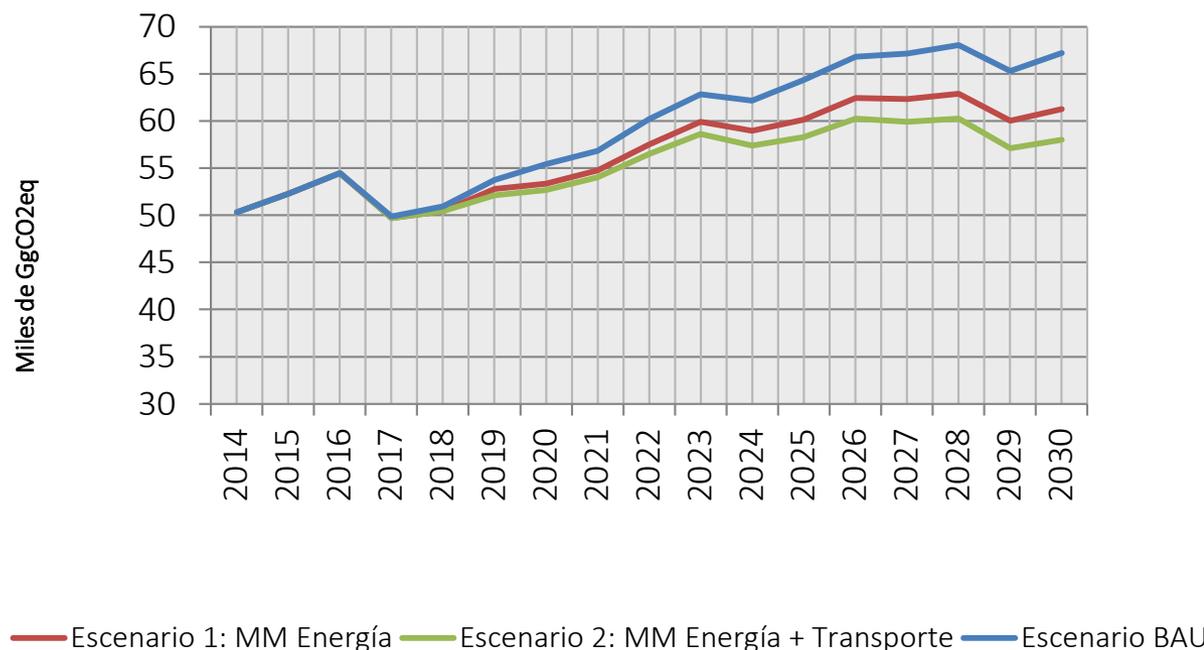
Fuente: J.N. Meza (PhD. T.); J.E. Luyo y R. Gonzáles P.(asesores)

# Proyección de Emisiones de GEI del sector energía (escenario BAU)



# Reducción de Emisiones de GEI en el Perú

Descripción	Sector Energía (sin transporte)		Sector Transporte	
	Cantidad	Mitigación GgCO2eq	Cantidad	Mitigación GgCO2eq
Medidas de Mitigación Propuesta iNDC	23	9 500	9	3 045
Medidas de mitigación simuladas en la investigación	23	5 900	9	3 200
Medidas de Mitigación Catalogo	24	10 200	14	6 900



## Análisis de medidas de mitigación de GEI

Fuente: La Contribución Nacional del Perú - iNDC: agenda para un desarrollo climáticamente responsable

Catálogo de Medidas de Mitigación,» Ministerio del Ambiente 2019

Elaboración propia

## Proyección de Emisiones de GEI para Escenarios Evaluados

Fuente: Elaboración propia

Si comparamos los 9 100 GgCO2eq que representa la reducción del escenario 2 con el compromiso total de la iNDC del Perú de 89 500 GgCO2eq, se observa que representa solo el 9.2% de dicho compromiso, mientras que el peso de las emisiones de GEI generadas por el sector energía son de aproximadamente el 30% del total de emisiones de GEI generadas en el Perú.

# Conclusiones preliminares

- « Una metodología más adecuada para el planeamiento energético de un país endesarrollado como el Perú, debe tener como punto central un buen nivel de elaboración y detalle de la demanda de energía, ya que la evolución de la demanda de energía no obedece a un modelo de **crecimiento económico infinito**, como asumen generalmente los modelos energéticos aplicados actualmente en base de modelos económicos neo-clásicos, sino que existe un punto de desacople con el crecimiento económico el cual es explicado por la saturación en la tenencia de equipos y por la mejora en la eficiencia energética de estos. No tomar en cuenta esto, induce el sobredimensionamiento del lado de la oferta del sistema energético peruano.»\*
- La desatención de la demanda energética real de los sectores de consumo y, en lugar de ser un instrumento de orientación de política más bien ha incentivado la adopción de decisiones contraproducentes;
- la nueva metodología de proyección de la demanda presentada permite capturar efectos de incremento en la capacidad de producción de los sectores industrial y minero en el corto plazo, resultando la demanda mayor que en el método econométrico, además en el largo plazo permite incorporar los efectos del **cambio tecnológico** (como la producción y consumo de hidrógeno «verde») e incremento de la **eficiencia** de los equipos que ingresarán al parque;

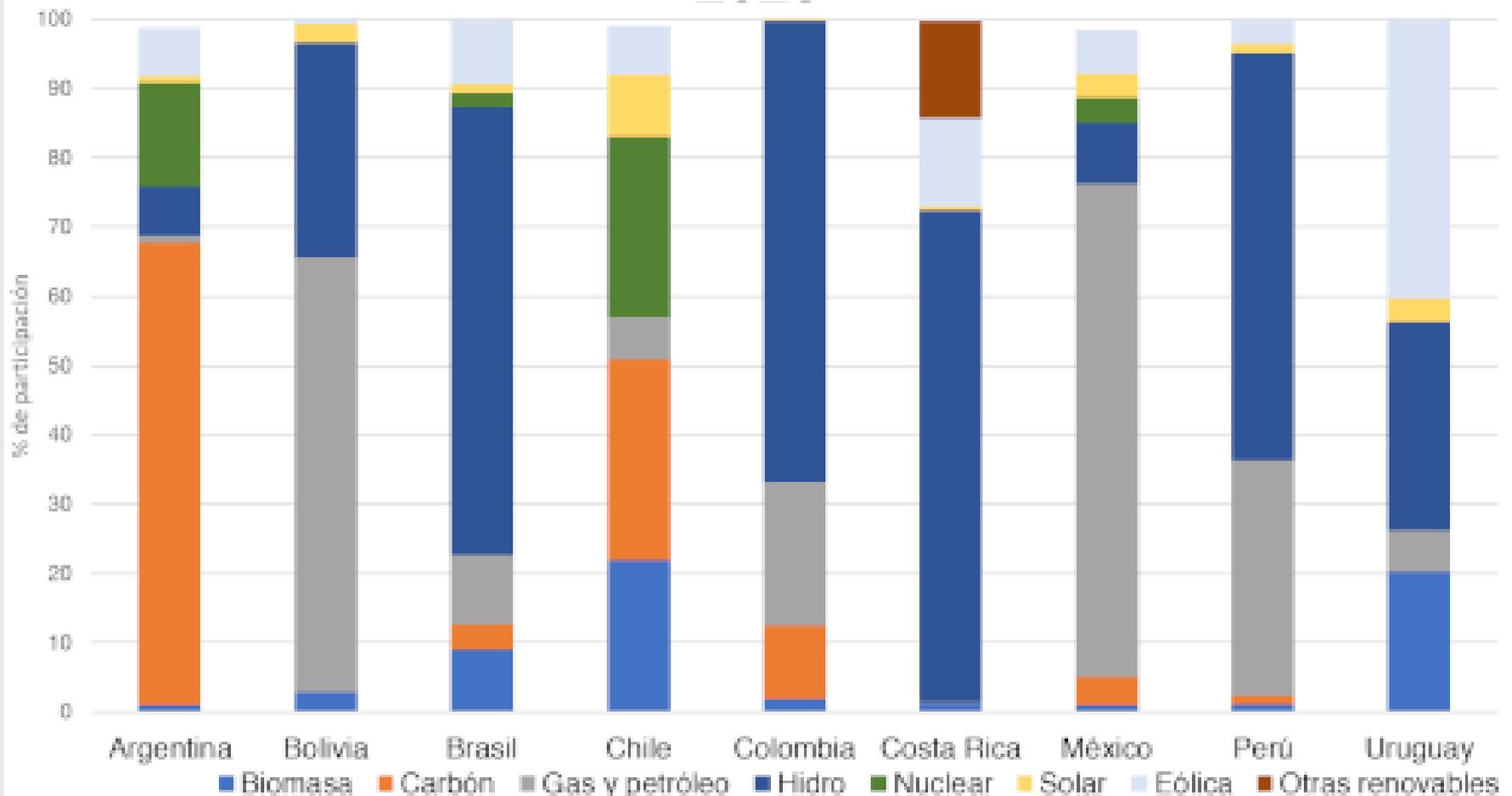
# Conclusiones preliminares

- El sector transporte es el mayor consumidor de energía y principalmente de fuentes hidrocarburíferas y por lo tanto es el más contaminante; el Gas de Camisea se debió orientar en parte hacia el consumo vehicular (GNV) en lugar de exportarlo y a precios más bajos que para el mercado nacional, sobretodo, hacia una industria petroquímica nacional (actualmente se está importando fertilizantes para la agricultura y, e insumos industriales).
- No se ha tomado en cuenta que hay medidas orientadas al lado de la demanda y otras al lado de la oferta con lo cual, de sumarse de manera aritmética la mitigación de GEI resultante de cada medida **se está realizando una doble contabilidad** de la mitigación.
- se identifica para el mediano y largo plazo un “***desacople***” entre el consumo de energía y crecimiento económico nacional y, la posibilidad de evaluar y alcanzar el ***sétimo objetivo de desarrollo sostenible***, de la Agenda 2030 : energía asequible, segura, sostenible, moderna y no contaminante .
- es evidente que el aporte de las fuentes RER, en el escenario BAU, resulta cada vez menor e insignificante en la **matriz energética** futura, particularmente **la energía solar**.

# Planificación dinámica hacia una Matriz eléctrica sostenible y limpia

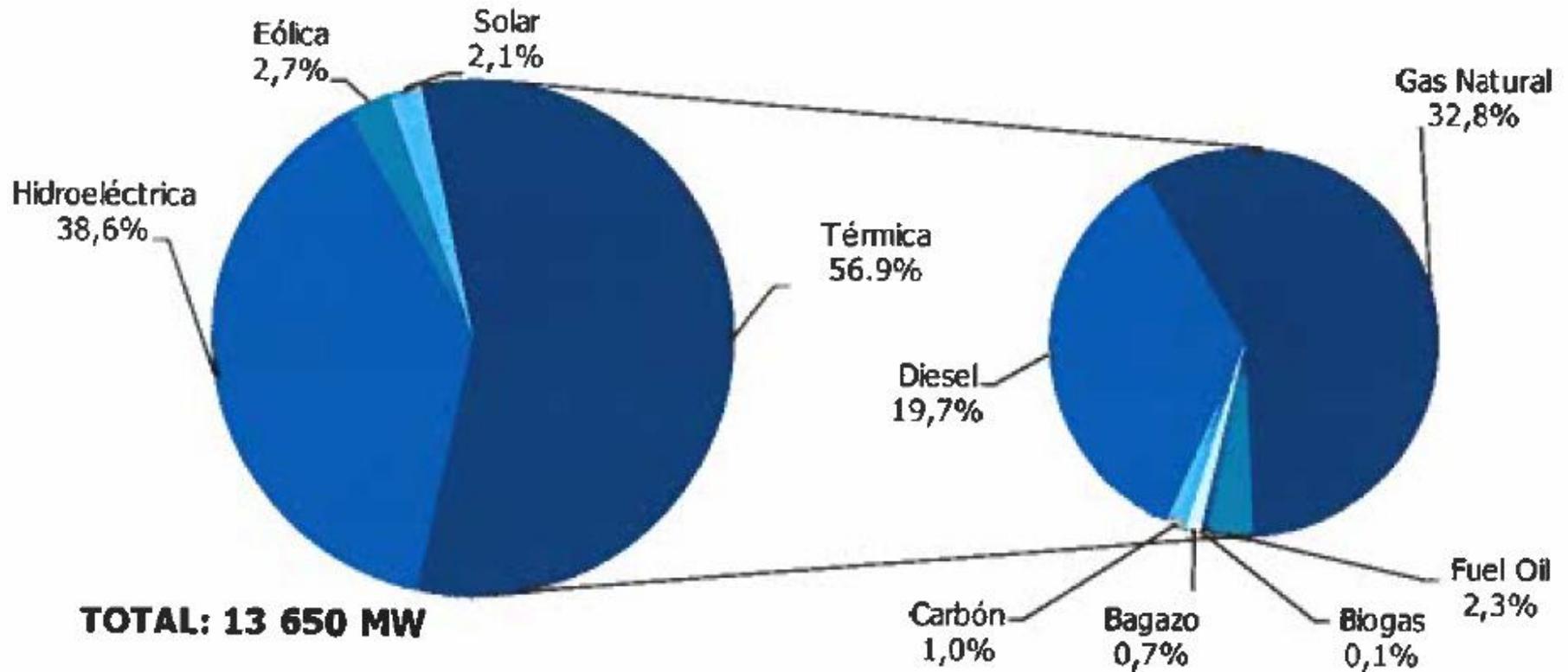
**NOTA .-** En lo que sigue, los gráficos y resultados tienen como fuente :  
F. Jara (PhD. T.) ; J.E. Luyo (Advisor)

# Generación eléctrica por tipo de energía 2020



Fuente: obela.org; con datos de Global Electricity Review 2021

## PARTICIPACIÓN DE TECNOLOGÍAS Y FUENTES EN LA POTENCIA INSTALADA - MERCADO ELÉCTRICO



Fuente : MINEM, abril 2021

NOTA : se incluye la reserva fría (CT RF Ilo) y el Nodo energético del sur (NES, Puerto Ilo y Puerto Bravo)

# Objetivo principal y específicos

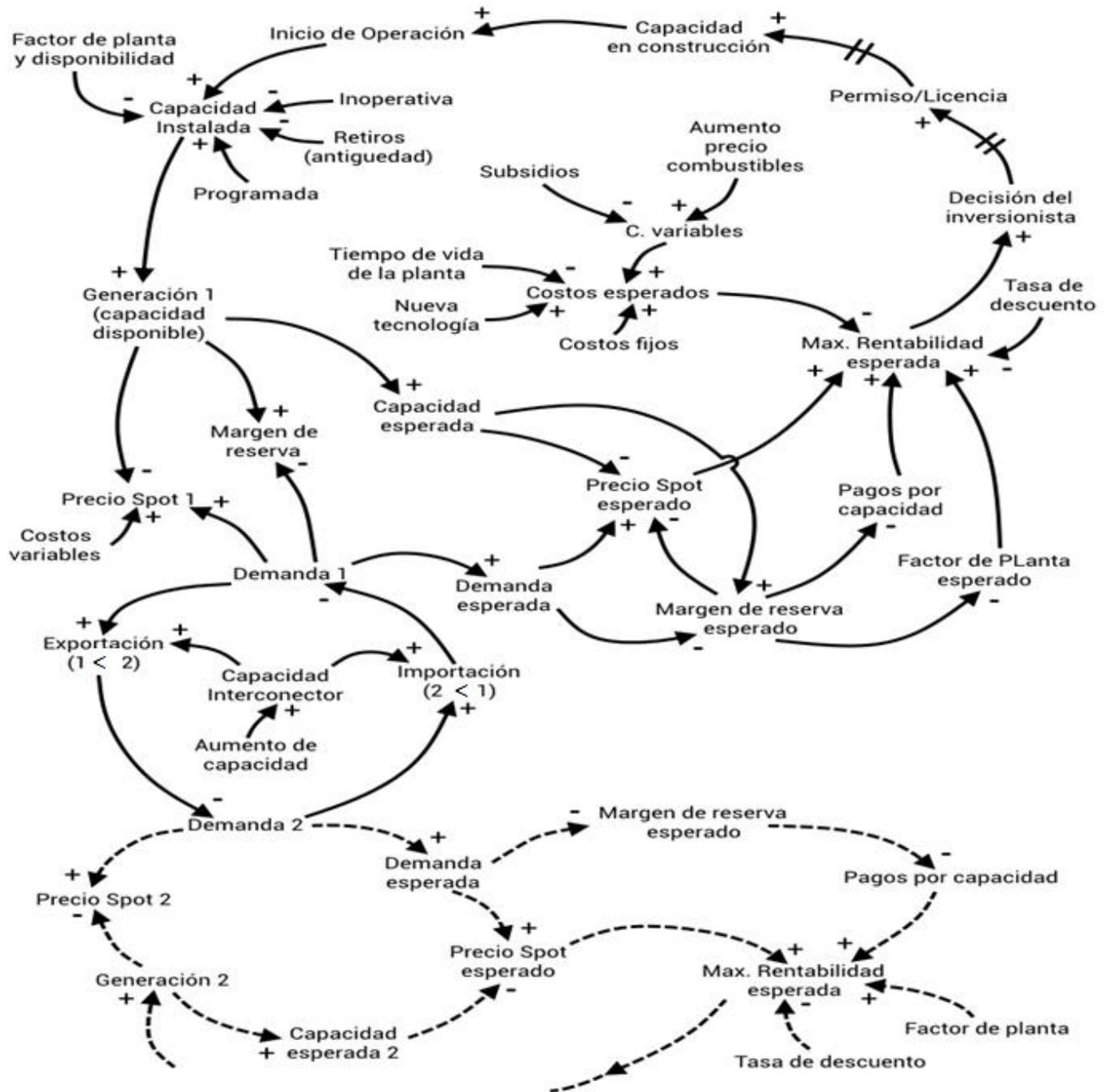
Determinar el efecto en la matriz eléctrica de oferta futura, la complementariedad energética y los precios de la electricidad en países fronterizos con un mercado acoplado, debido a la implementación unilateral de políticas de desarrollo energético, de suficiencia de capacidad de generación y de interconexión.

Analizar el impacto en la matriz eléctrica de oferta y en los precios de la electricidad en el mediano y largo plazo en los mercados de electricidad transfronterizos, debido a políticas de subsidios en el precio de los combustibles, de ampliación del interconector.

Determinar la existencia de complementariedad energética entre dos países fronterizos, uno con una política de desarrollo de generación termoeléctrica a GN y el otro hacia la implementación de plantas de generación con fuentes RER-NC; así como, de la incorporación de la tecnología CSP.

# Modelado

## Diagrama de causalidad de mercados transfronterizos de electricidad

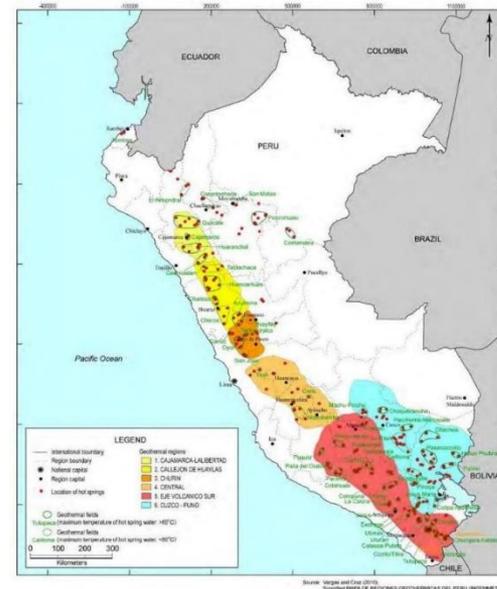
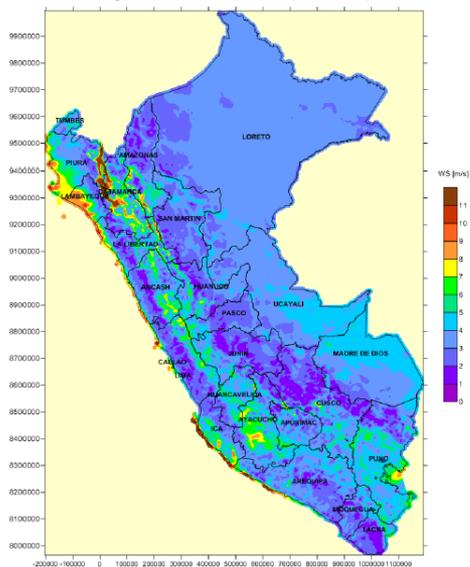


Fuente: F. Jara (PhD.T.) y J.E. Luyo (advisor)

# Potencial energético técnico de los recursos energéticos renovables en Perú

Recurso energético renovable	Potencia técnica aprovechable	Potencia instalada (MW)	Porcentaje
Total hidráulico	69,445	4,942.4 (*)	7%
Eólico	20,493	375.46	2%
Solar	25,000	285.02	1%
Biomasa	450 - 900	70.90	8%
Geotérmica	2,859.4	0	0%

Figura 50. Atlas Eólico del Perú a 100 m (resolución 1 km).



Fuente: MINEM

# Potencial energético técnico de los recursos energéticos renovables en Chile

Recurso energético renovable	Potencia técnica aprovechable	Potencia instalada (MW)	Porcentaje
Total hidráulico	15,938	6,887	43%
Eólico	40,452	1,958	5%
Solar	400,000	2,675	1%
Biomasa	903	378	42%
Geotérmica	3,350	40	1%



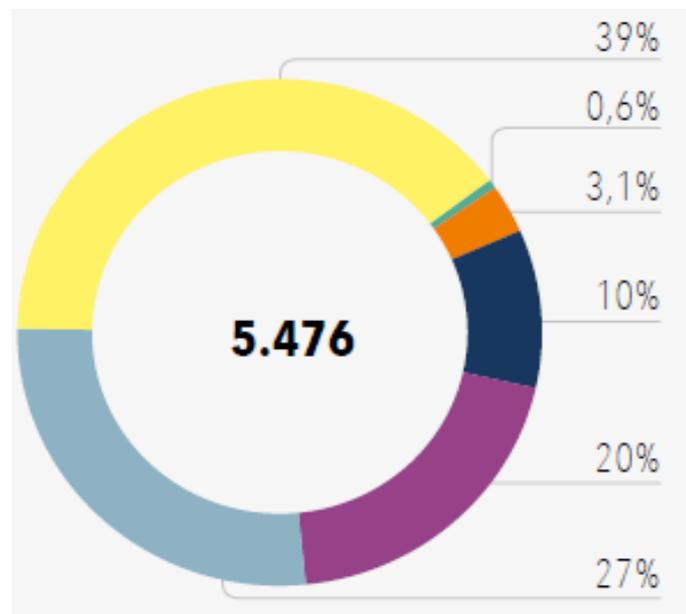
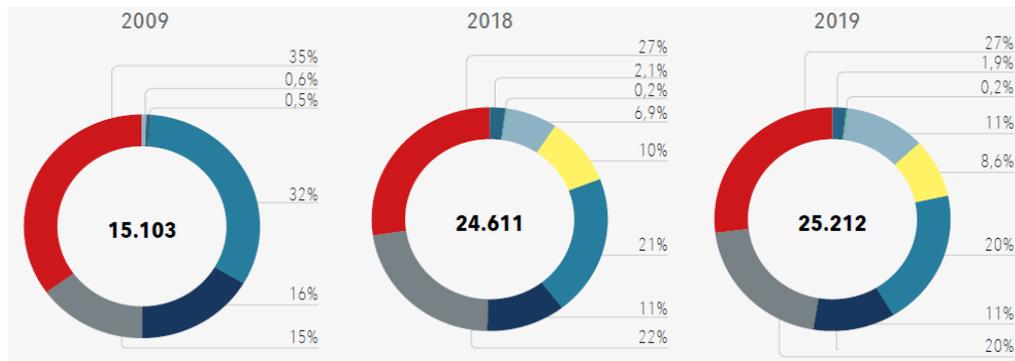
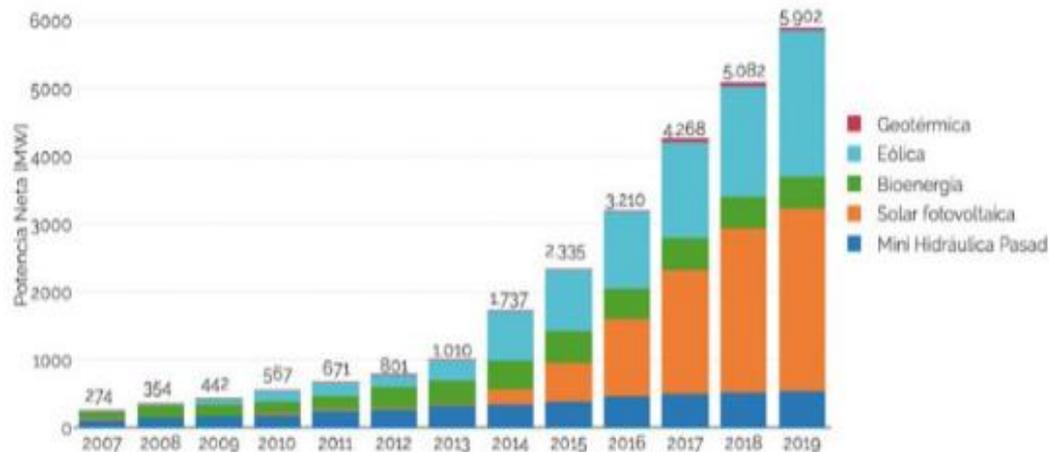
## Potencial geotérmico en Chile



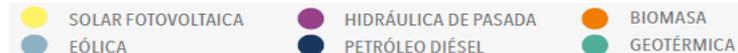
Fuente: <http://www.energiandina.cl/category/geoterminia/>

Fuente: Ministerio de Energía Chile

# El Sector Eléctrico Chileno: Política de Promoción de Generación con Fuentes de Energía Renovable

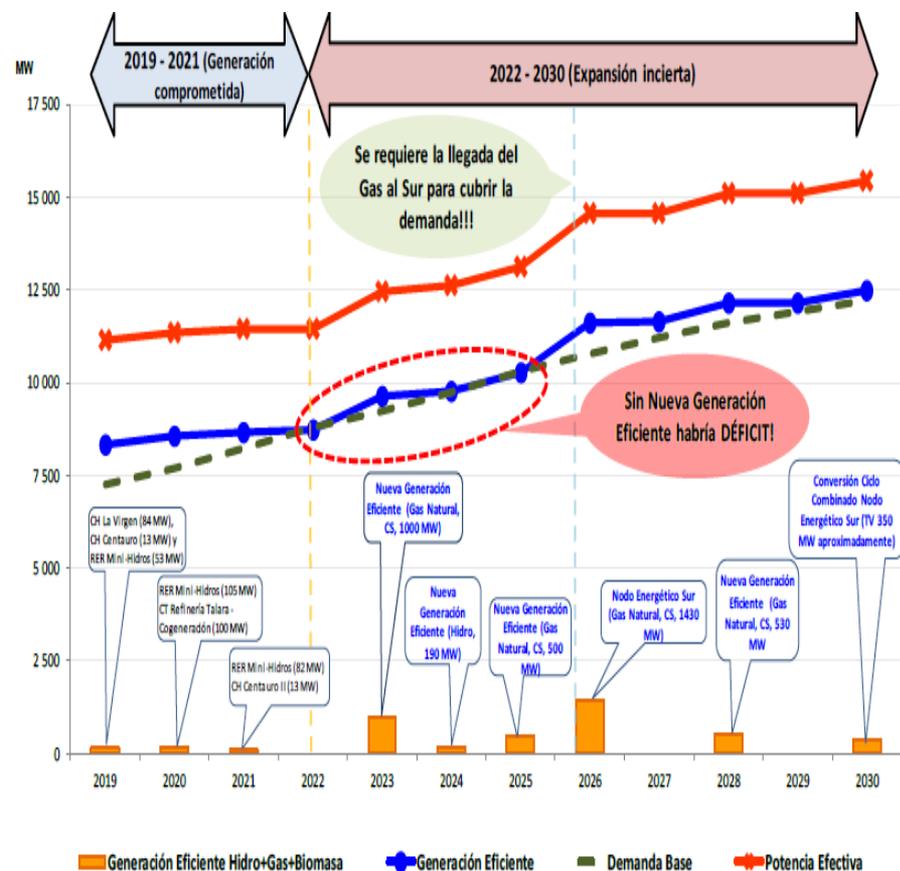
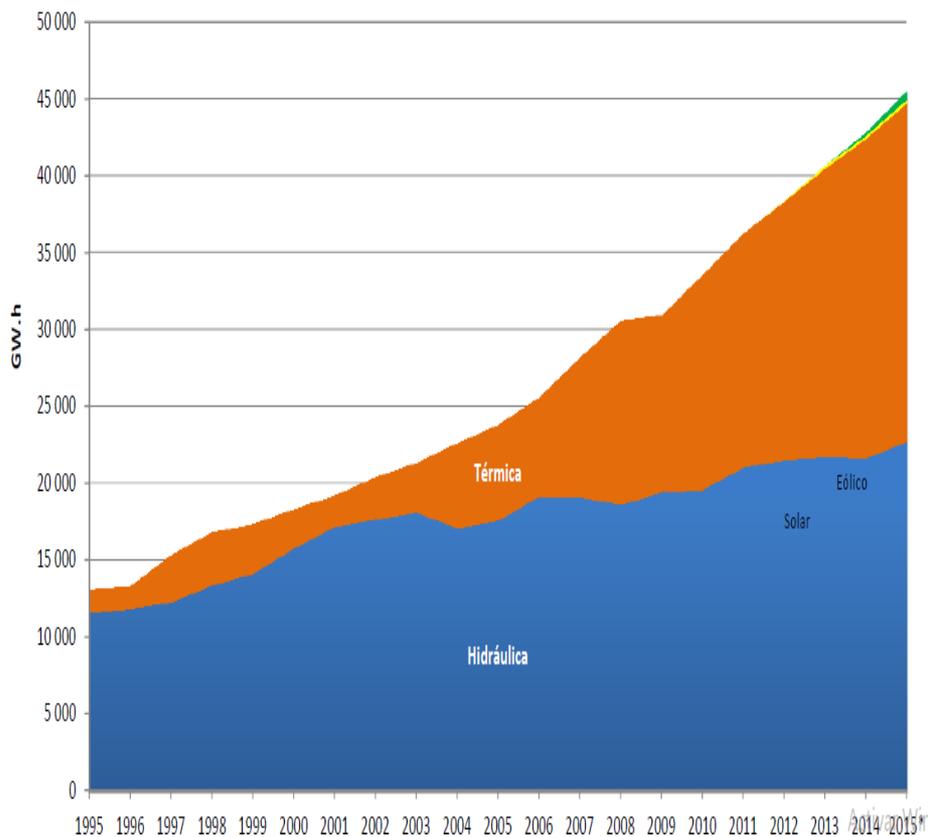


Fuente: Comisión Nacional de Energía - Chile



Puesta en servicio en el periodo 2020-2024 (MW)

# Sistema Eléctrico Peruano: Política de Promoción de Generación Termoeléctrica a GN



Fuente: COES

# Escenarios evaluados

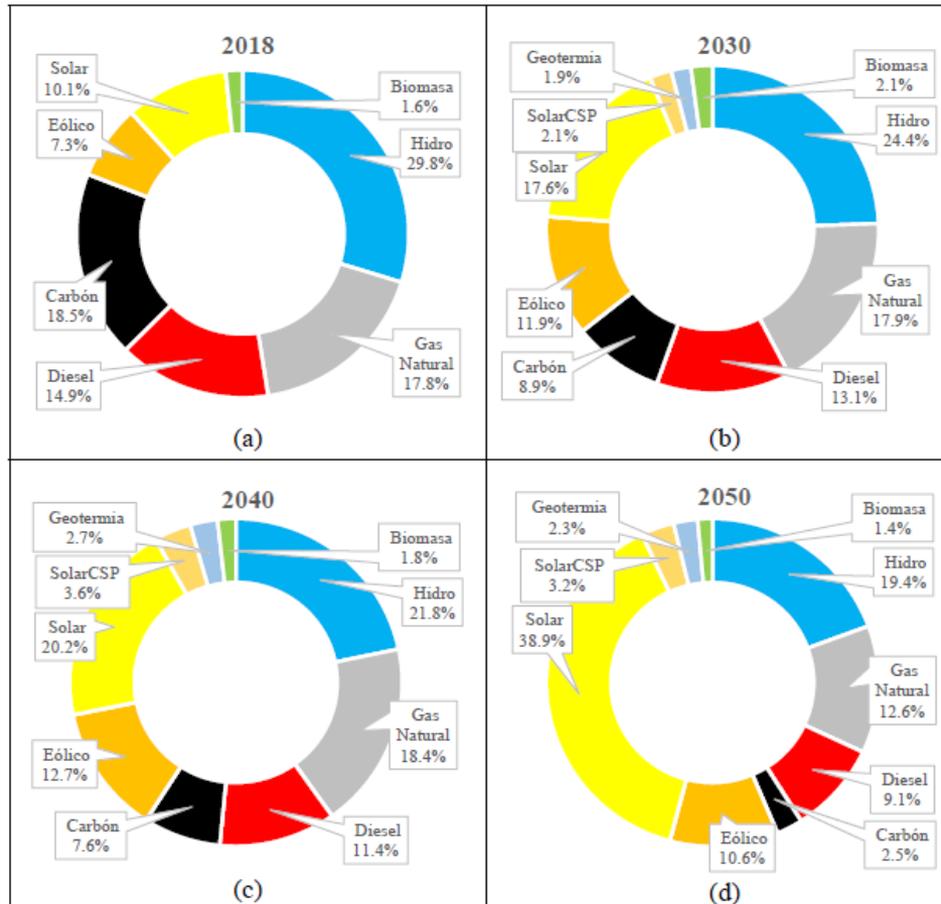
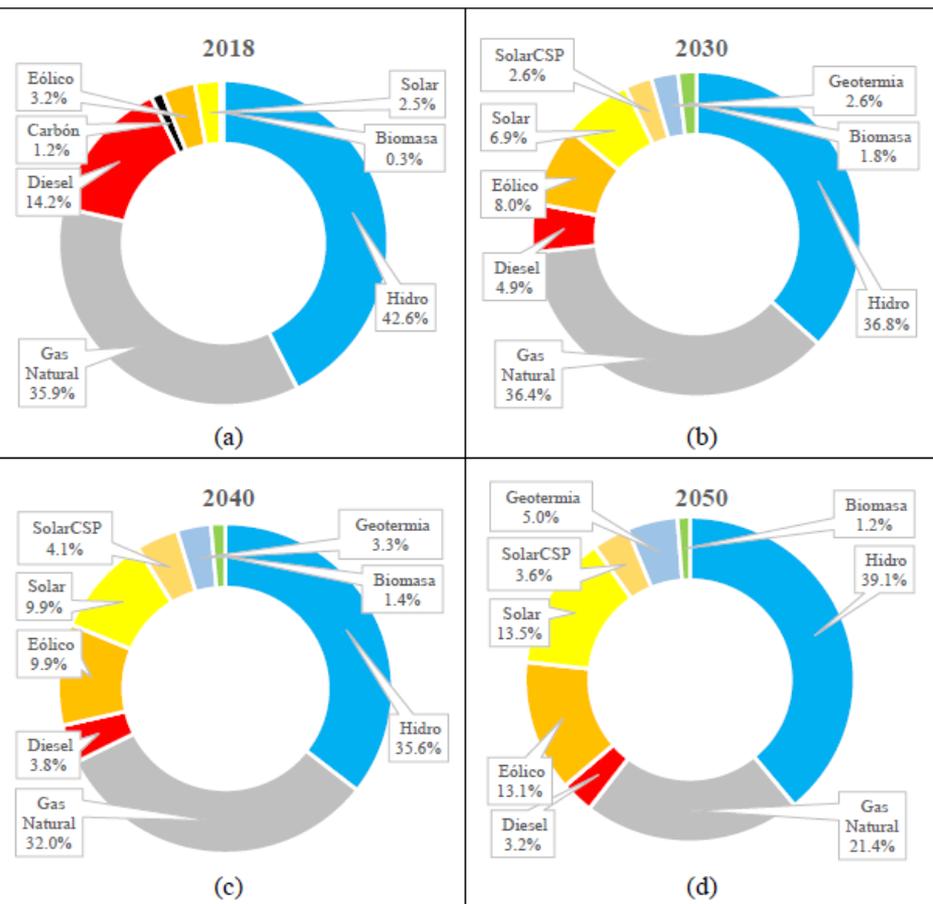
Escenario	Interconexión	Precio de GN	CSP	GSP	RER >70%
PC01	2023: 200 MW 2032: 500 MW	P: Variable C: Variable	Si	Si	Si
PC02		P: Constante C: Variable	Si	Si	Si
PC03		P: Variable C: Variable	Si	No	Si
PC04			Si	Si	No
PC05			No	Si	Si
PC06		No		Si	Si

P : Perú ; C: Chile    Precio GN: variable (mercado internac.); Constante ( regulado-subsidios)  
 CSP: plantas solares de concentración;    GSP : gasoducto Sur peruano (ahora Sist. Integrado de Transporte, SITGas);    RER: RR.EE. renovables

# Evolución de la Matriz eléctrica por tecnología ( PC01)

## Perú

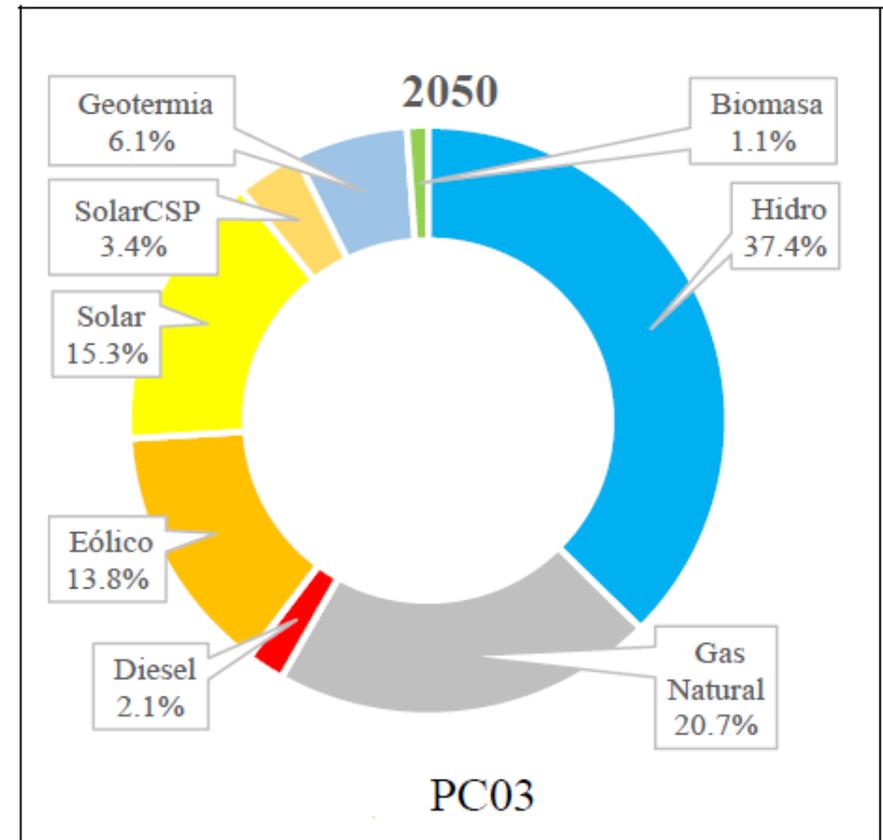
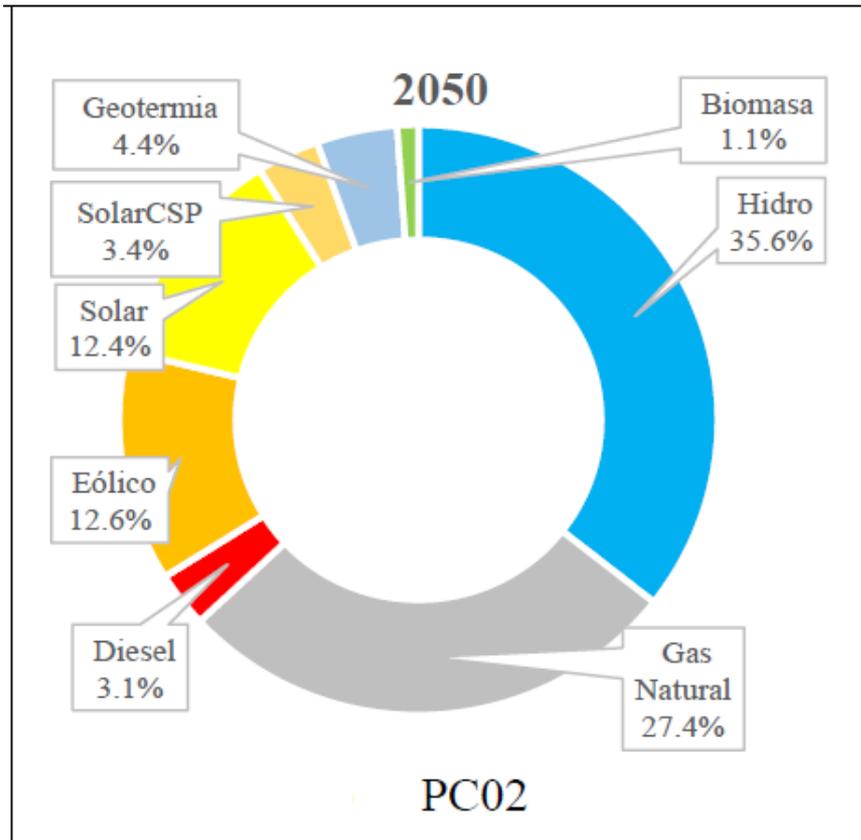
## Chile



**COMENTARIOS** : - en este escenario, para el 2050 tanto Perú como Chile tendrían una matriz eléctrica más limpia y sostenible con 75% basada en RER.

-Pero, el Perú tendría que adoptar una **política explícita y agresiva** hacia la incorporación de RER ( se ha asumido en la simulación, que todas las tecnologías compiten sin restricciones. Las RER actualmente tienen restricciones) como ya lo decidió **Chile en el 2017** con su estrategia «Energía 2050» para alcanzar por lo menos el 70% de RER en su matriz eléctrica y se observa que **si la alcanzará.**

# Impacto del GSP y el precio de GN en la matriz eléctrica de Oferta

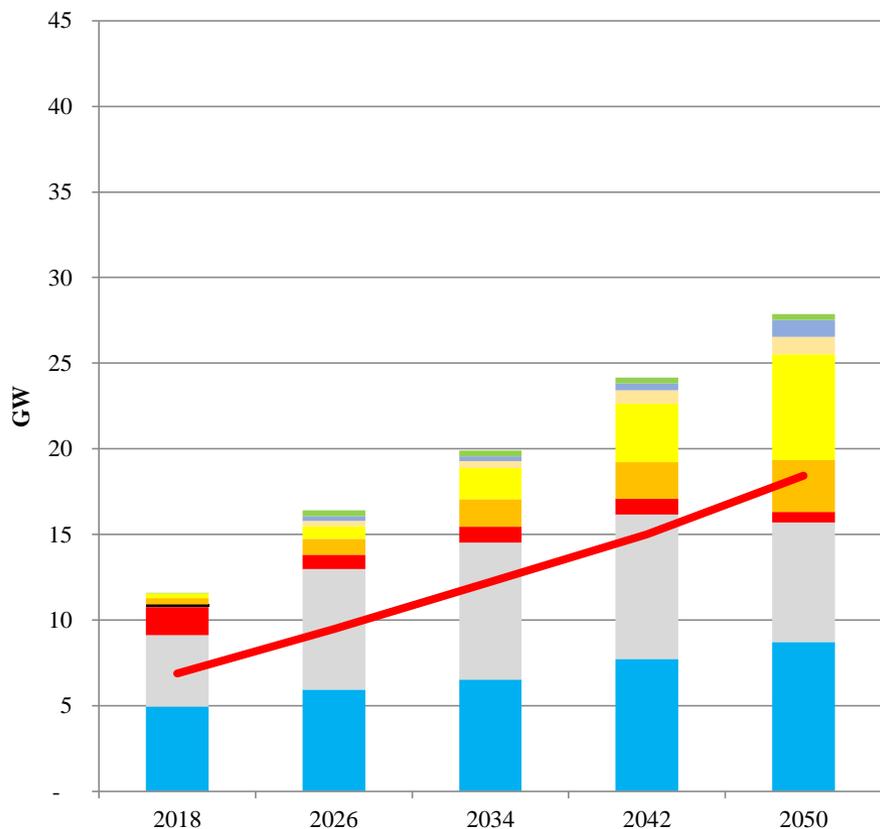


PC02 : con GSP y precio GN regulado (subsidiado)

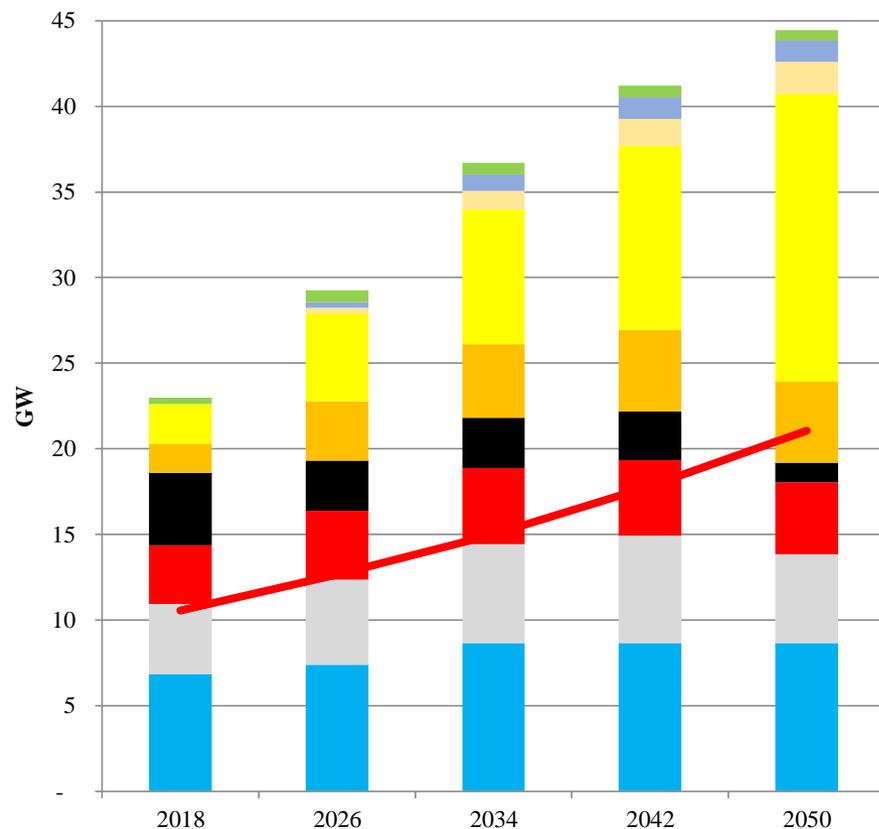
PC03 : sin GSP y precio internacional del GN

**COMENTARIOS** : - En PC02, la participación de RER es de 69.5% ; mientras que, en PC03 los RER es de 77.2 % .

# Capacidad instalada de generación (PC01)



PERÚ



CHILE

Hidro  
Solar

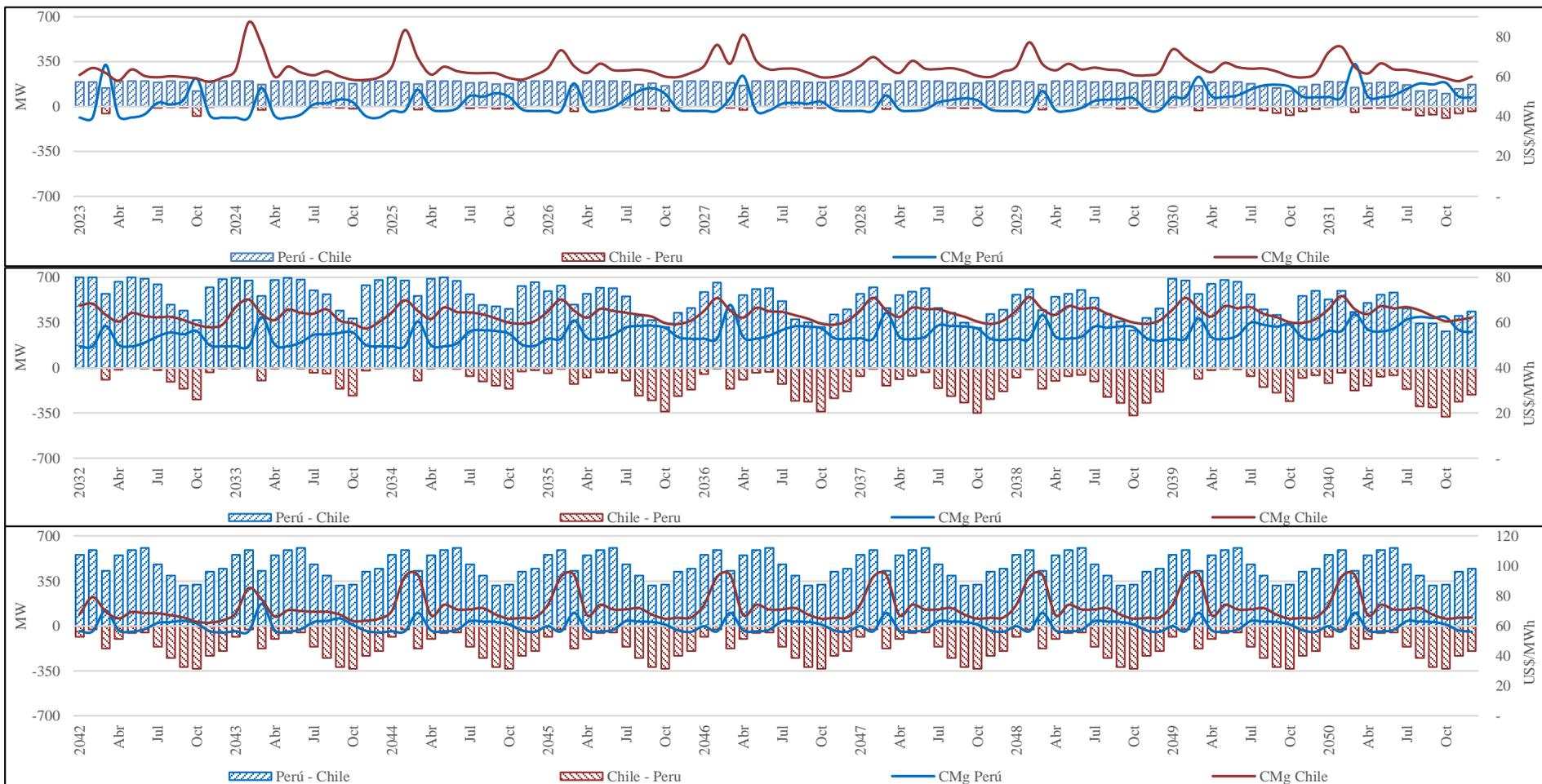
Gas Natural  
SolarCSP

Diesel  
Geothermia

Carbón  
Biomasa

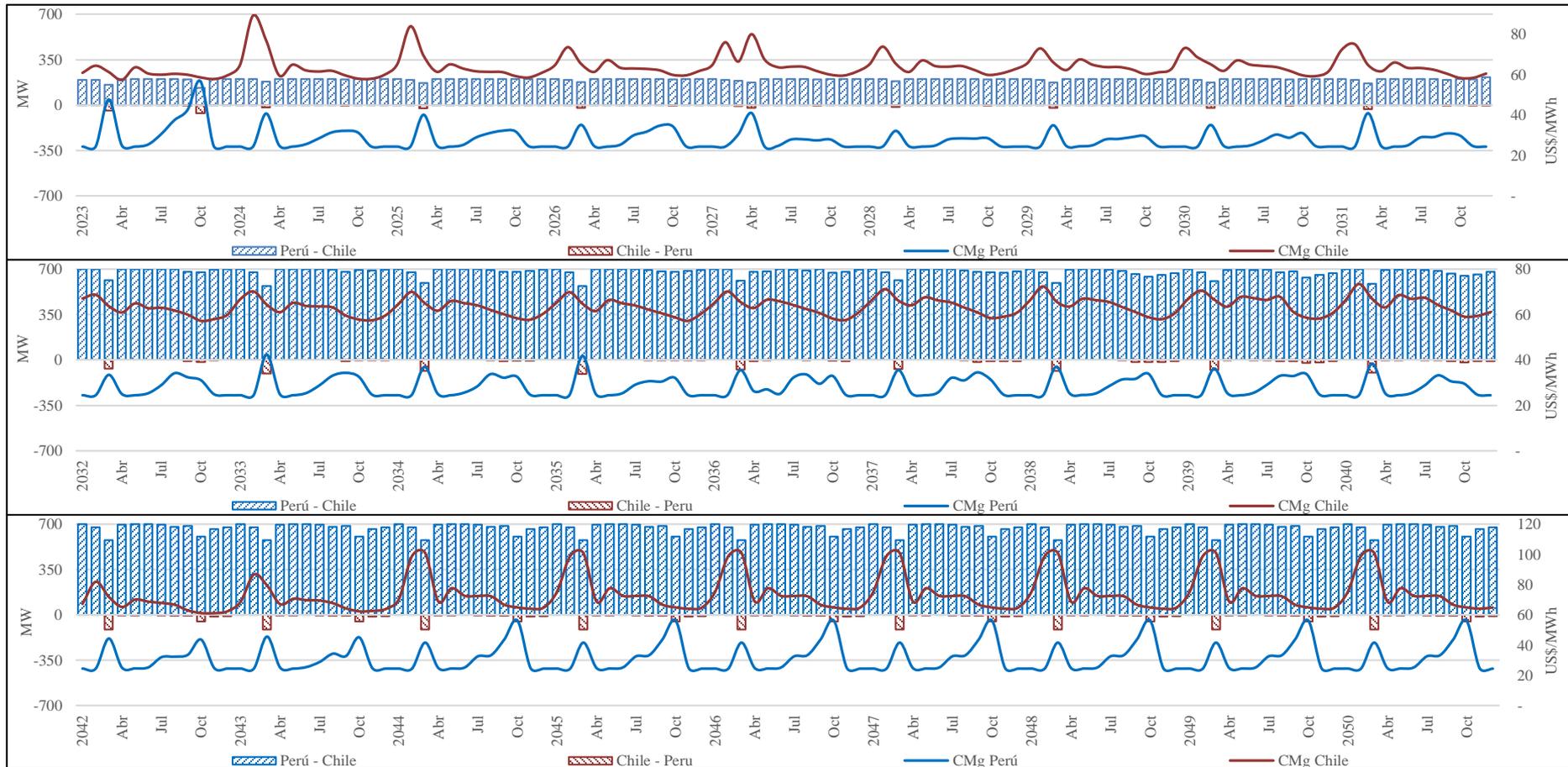
Eólico  
Demanda

# Flujo de energía en la interconexión (PC01)



**COMENTARIOS:** - Hasta el año 2035 prácticamente no hay complementariedad energética; en los siguientes años hasta el 2050 el flujo de energía en promedio se reparte aprox. : **Perú/Chile = 80/20** .

# Flujo de energía PCO2 (con subsidios al GN en Perú y GSP)



**COMENTARIOS :** - **No** hay **complementariedad energética** . - Se exportan **subsidios a** Chile. - Se **reducen** los precios de la electricidad del importador y **suben** en el país exportador.

# Conclusiones preliminares

- La planificación dinámica realizada para la interconexión eléctrica Perú-Chile, se demuestra que: la matriz eléctrica resultante ***es más sostenible y limpia*** para ambos países, cuando ***no se considera el GSP (SIT-Gas)***. ***Y si se eliminan los subsidios al GN*** en Perú para generación eléctrica, también que los precios de la electricidad se ***reducen a mediano y largo plazo***.
- La matriz eléctrica peruana es ***menos sostenible y limpia*** para el caso de operación del GSP y, si se mantienen los subsidios al GN, además se estarían ***exportando subsidios***.
- El GSP ***no es indispensable*** para la suficiencia en capacidad eléctrica del país.
- Los escenarios simulados con el supuesto de que, las fuentes RER-NC no tienen restricciones para competir con las tecnologías convencionales, demuestran que las matrices eléctricas de oferta de capacidad peruana y chilena pueden alcanzar el 75% de participación de RER-NC.

# Conclusiones preliminares

- Se suponía que, al desarrollarse una gran capacidad de generación solar el norte chileno habría un gran flujo eléctrico complementario hacia el sur peruano; pero se ha demostrado que, en la interconexión eléctrica Perú-Chile, ***no hay complementaridad energética*** entre ambos países. En todos los casos simulados el flujo de electricidad va desde Perú a Chile en una ***proporción igual o mayor al 80%*** la mayor parte del periodo de tiempo estudiado .
- Además, los precios de la electricidad en el país exportador (Perú) ***aumentarán*** mientras mas se exporte, mientras que en el país importador ***se reducirán***.
- La participación de las fuentes solar FV y CSP en ***conjunto superan en el mediano y largo plazo*** la participación de la generación eólica en Perú y Chile.

**Proyectos Normativos para la Modernización y  
Competencia en el mercado de Electricidad.  
Portafolio de inversiones en Generación con RER**

# IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN INTELIGENTE

## Objetivo

- Evitar los incrementos tarifarios que se generarían en los 8 millones de Usuarios Regulados.

## Propuesta

1. Se habilita a que se realice programas piloto aplicadas únicamente a usuarios que no califican como vulnerables.
2. Se elimina el plazo de 8 años de despliegue para los 8 millones de Usuarios Regulados.
3. Los medidores inteligentes de los pilotos son pagados por los propios usuarios beneficiarios.
4. Obligación de las Distribuidoras de elaborar una estrategia clara y objetiva de divulgación de los Sistemas de Medición Inteligente.
5. Se establece obligaciones para Osinergmin para evaluar las experiencias pilotos y proponer el plan de despliegue definitivo.



NOTA.- Está en proceso un Proyecto de DS formulado en octubre reciente, según las características arriba indicadas; para el despliegue ordenado y gradual del SMI y, considerando el impacto en la tarifas eléctricas.

# MEDIDAS PARA PROMOVER EL INGRESO DE CENTRALES RER-NC

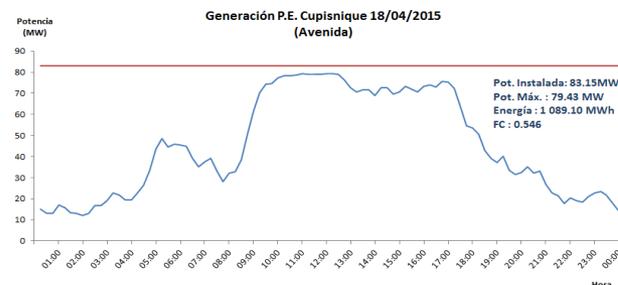
## Objetivo

Precio a Nivel Generación que pagan los 8 millones de Usuarios Regulados y que representa aproximadamente el 50% de la tarifa a usuario final, capture los bajos precios de las tecnologías eólica y fotovoltaica, además de permitir mayor competencia en el mercado de comercialización.

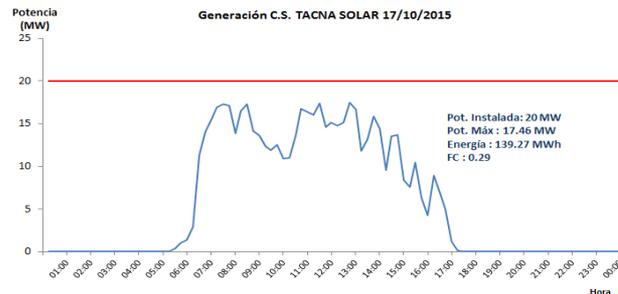
## Propuesta

1. Establecer bloques horarios y separación de compra de potencia y energía para licitaciones de suministro para el Mercado Regulado, con la finalidad de que el diseño de las licitaciones permita a todas las tecnologías aprovechar sus perfiles de producción, el cual depende fundamentalmente de su recurso energético primario (gas, agua, radiación solar y viento).

### Curva de carga de una central eólica



### Curva de carga de una central fotovoltaica solar



**NOTA.** Está en proceso un Proyecto de Ley formulado en el mes de octubre reciente, con las características arriba indicadas, para posibilitar la competencia de todas las tecnologías de generación, sin restricciones.

# Portafolio de Proyectos de Generación con RER

## Centrales de generación hidroeléctrica

Nº	Central Hidroeléctrica	Potencia (MW)	Inversión (USD MM)	Fecha de Puesta en Servicio propuesta por la Concesionaria (En Trámite)
1	CH Charcani VII	20,92	53.7	Feb-24
2	CH Tulumayo V	83.2	158.1	Ene-23
3	CH Tulumayo IV	56.2	105.2	Mar-24
4	CCHH Anto Ruiz III y Anto Ruiz IV	102,1 103,8	190.4 201,2	Dic-2025 Dic-2026
5	C.H. Lluclla	288	489.7	Dic-27
6	C.H. Huallaga I	392	988.5	Dic-27
<b>TOTAL</b>		<b>1 046.2</b>	<b>2 186.9</b>	

**16 Proyectos  
por US\$ 3,355  
Millones de  
inversión**

## Generación con RER-NC

Nº	Central	Potencia (MW)	Inversión (USD MM)	Nueva Fecha de Puesta en Servicio propuesta por la Concesionaria (En Trámite)
1	CSF Continua Pichu Pichu 60 MW	60	46.4	Jun-2022
2	CSF Continua Chachani 100 MW	100	74.3	Oct-2022
3	CSF Continua Misti 300 MW	300	210.2	Jun-2022
4	C.E. Wayra Extensión	108	148.4	Dic-22
5	C.S. Clemesí	116,45	95.3	Feb-23
6	CH Santa Lorenza I	18.7	38.7	Ago-23
7	C.E. Punta Lomitas	260	323.5	Jun-24
8	CH Moquegua 1	15,3	48.7	Jul-24
9	CH Moquegua 3	18,7	54.6	Jul-24
10	C.E. Parque Eólico San Juan	131,1	127.9	Dic-24
<b>TOTAL</b>		<b>846.7</b>	<b>1168.0</b>	

Fuente: MINEM, oct. 2021

# Reflexiones finales

- Resulta evidente y necesario establecer una política integral que oriente el desarrollo energético sostenible, con una planificación dinámica que considere los recursos energéticos renovables abundantes así como los no-renovables del país, la gestión de la demanda, la eficiencia y cambio tecnológico energéticos .
- Que, será más factible lograr una matriz eléctrica con 70% de RER y más limpia en el mediano plazo, que con una matriz energética que tiene actualmente más del 70% de participación de hidrocarburos.
- De mantenerse la actual política en el sector energía peruano, con una matriz energética contaminante, menos asequible e insostenible, no se podrán alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las NN.UU. (ODS).
- es perentorio una reorientación de políticas en el sector energía y diferenciadas según los sectores de consumo ya que, de mantenerse las actuales políticas (BAU) no se cumplirán los ODS, alejándonos de la **Transición Energética**.