

Conferencia

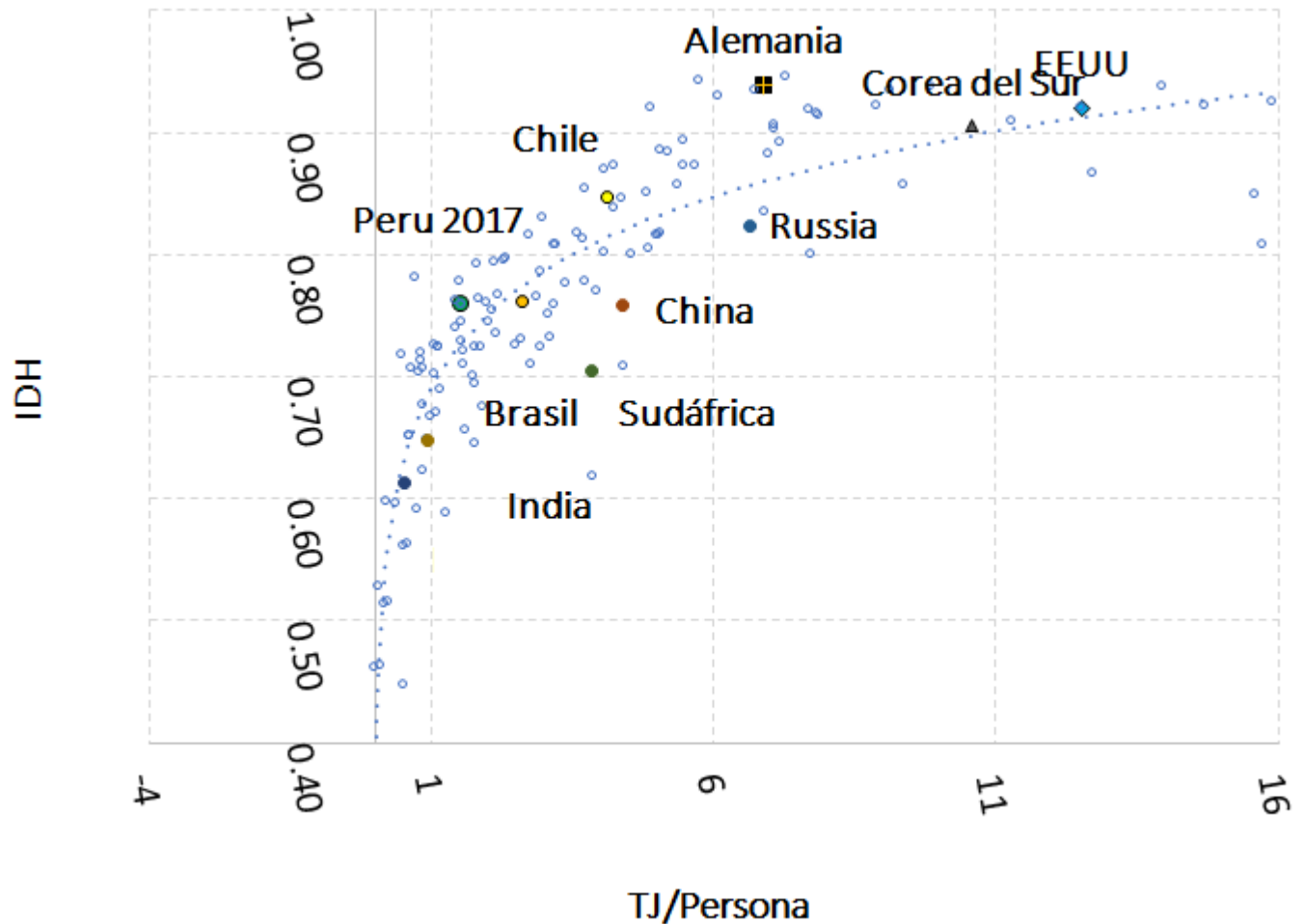
Planificación energética sostenible :
conveniencia de un enfoque desde la demanda

Dr. Jaime E. Luyo

06 de agosto del 2021

Un país en desarrollo:

- Índice de desarrollo humano (mayor a 0.800)
- PBI per cápita (mayor a los 8000 US\$/persona)
- Una economía significativamente grande como es el caso de los llamados BRICS.

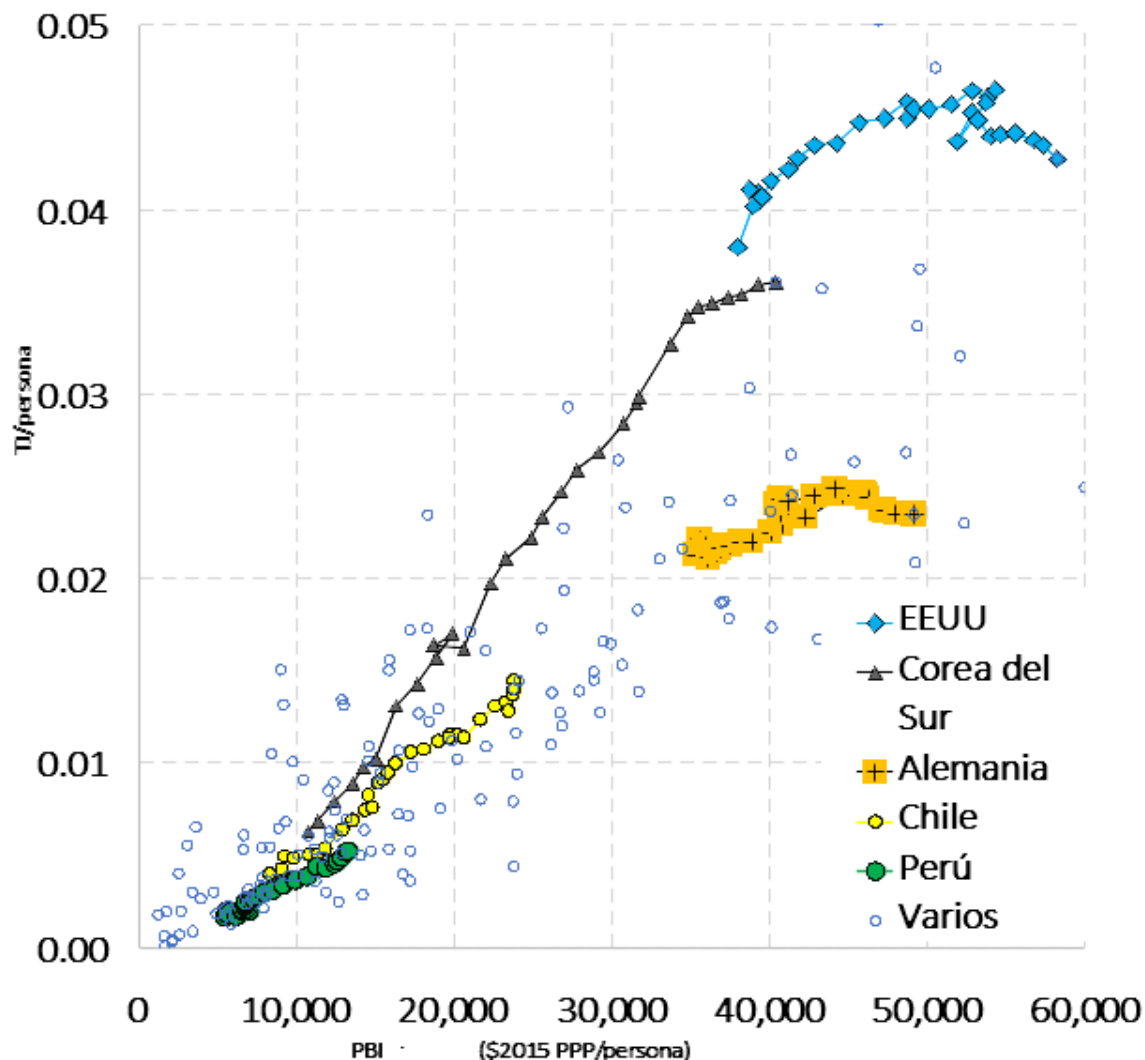


Relación entre el índice de desarrollo humano y el consumo de energía per cápita

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

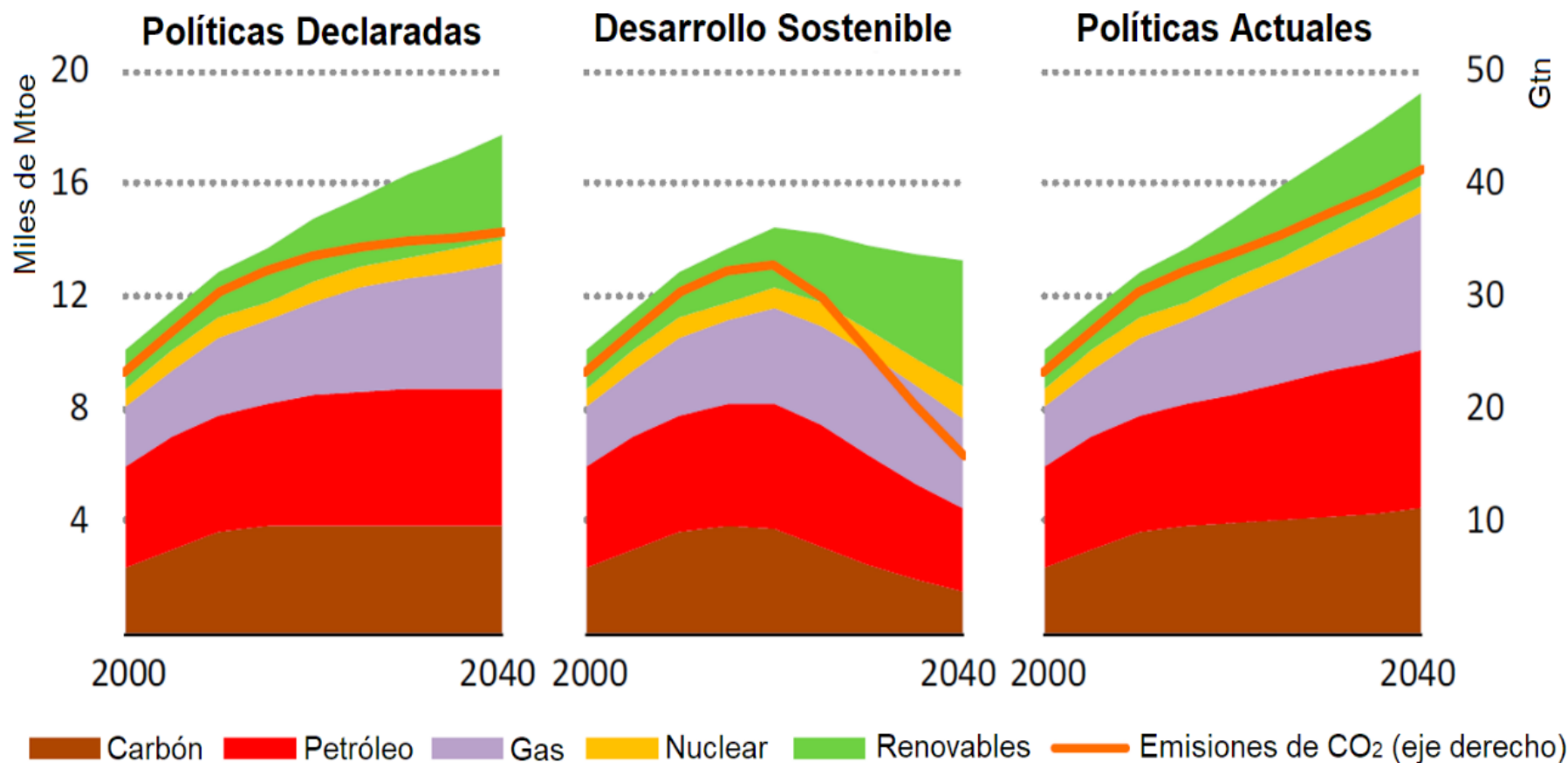
, United Nations Development Programme, «Human Development Reports,» 2020.

Relación entre Consumo de Energía/persona y PBI/persona



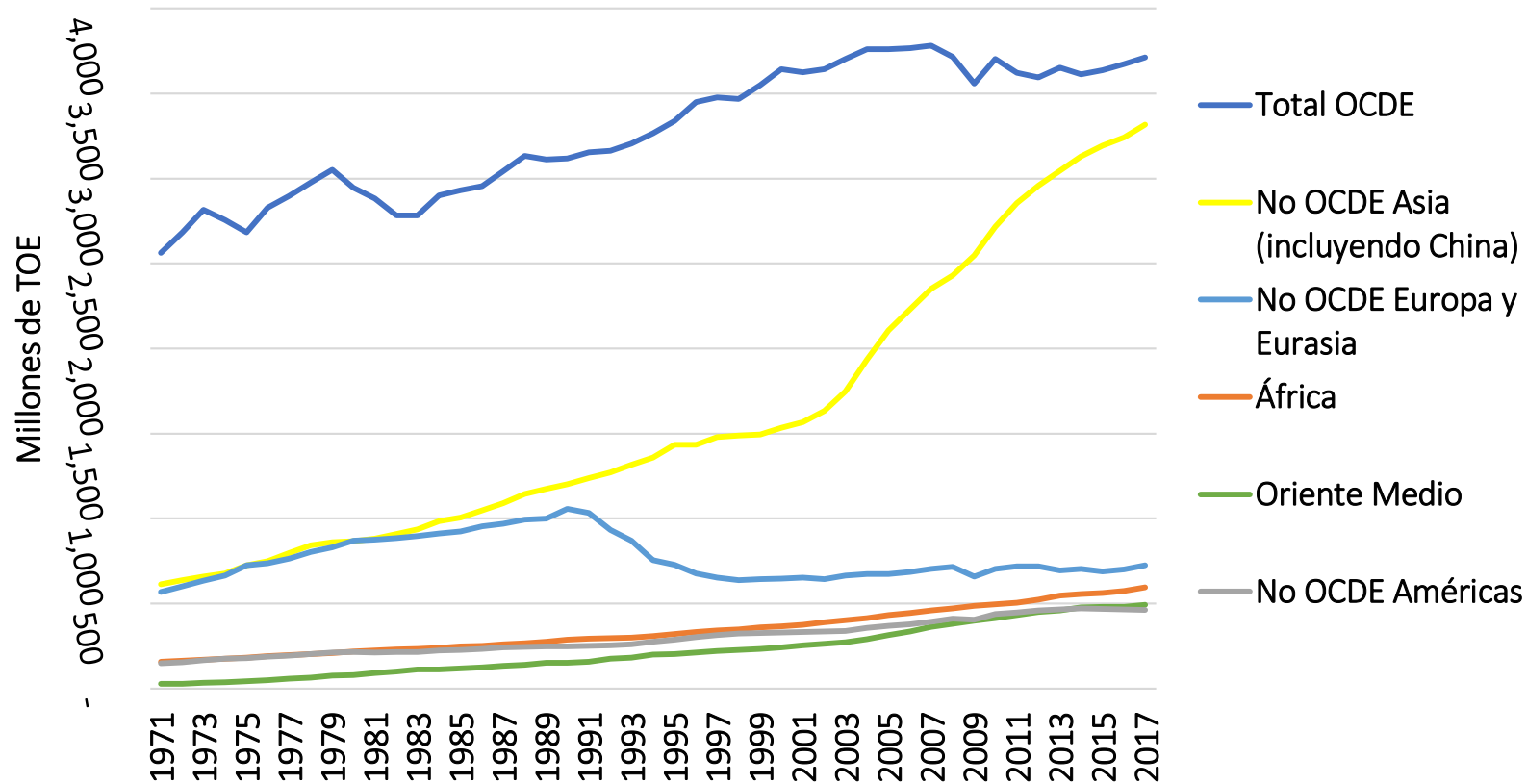
Fuente: U.S. Energy Information Administration, "International Energy Statistics 2020"

COMENTARIO: progresión en las tres últimas décadas.



Evolución y Proyección de escenarios de la oferta de energía primaria mundial (2000-2040)

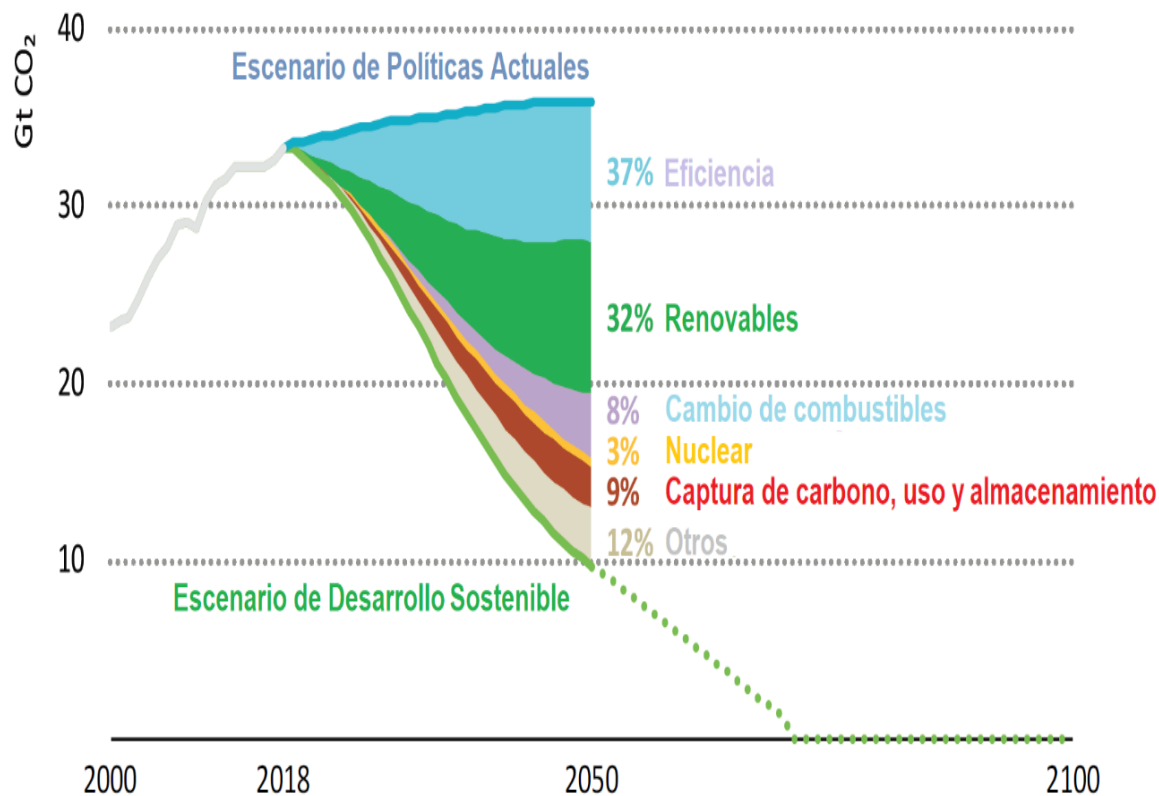
Fuente: International Energy Agency, World Energy Outlook 2019



Evolución del Consumo de Energía por Regiones

Fuente: International Energy Agency, «World Energy Statistics - Headline energy data,» 2020

- En 1987, la comisión mundial para el medio ambiente y desarrollo, concluyó que un uso sostenible de la energía era fundamental para apoyar el crecimiento económico, la fiabilidad energética y el bienestar humano.
- En el 2015, dicho paradigma fue recogido cómo el objetivo 7 de la agenda 2030 para el desarrollo sostenible.
- Por otro lado, se tiene que el contexto internacional actual de lucha contra el cambio climático a través de la reducción de gases de efecto invernadero (GEI).
- Que corresponde al objetivo 13.



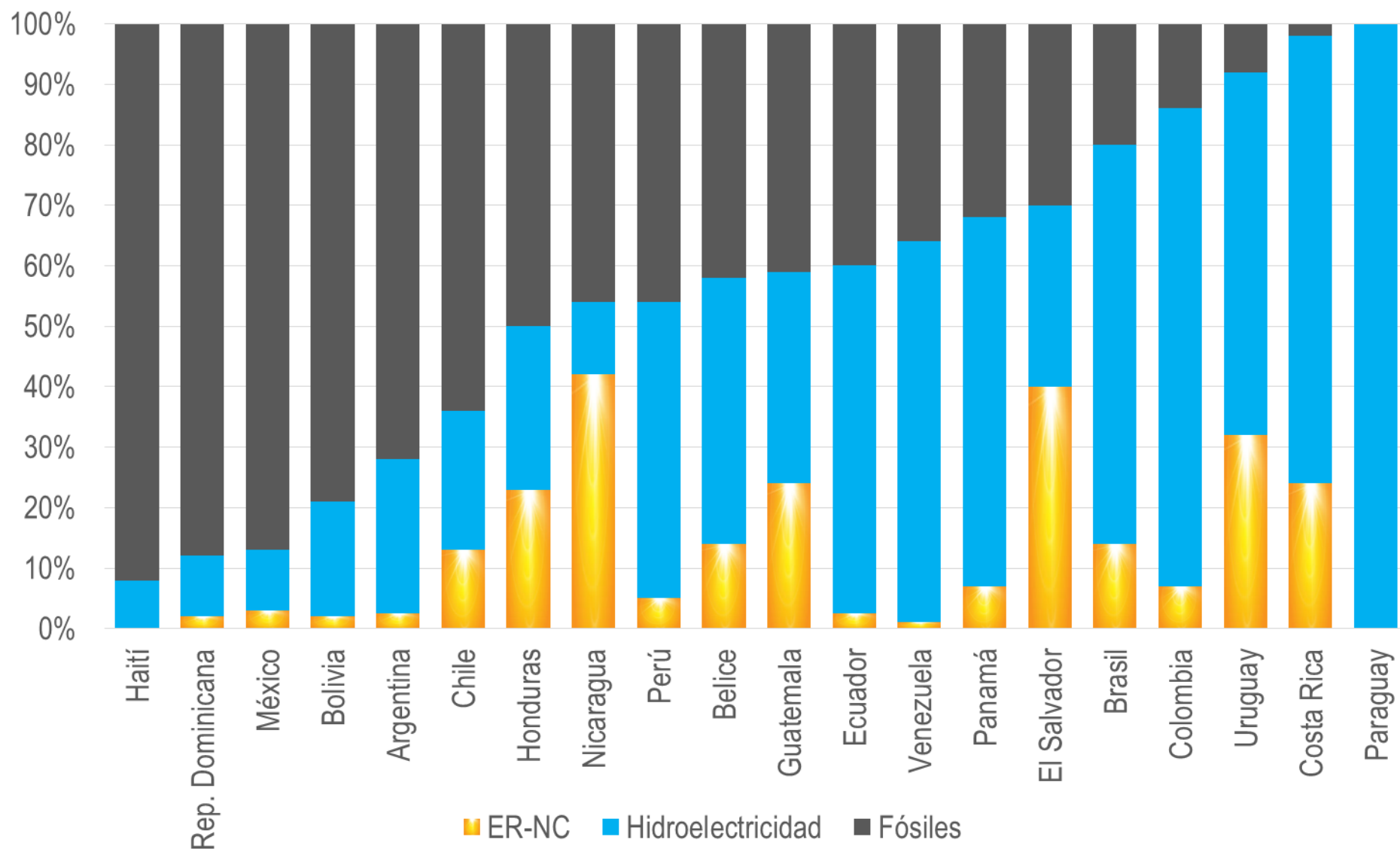
Emisiones de CO₂ relacionadas con el sector energía y reducciones por fuente en el escenario de desarrollo sostenible

Fuente: International Energy Agency, World Energy Outlook 2019, IEA, 2019.

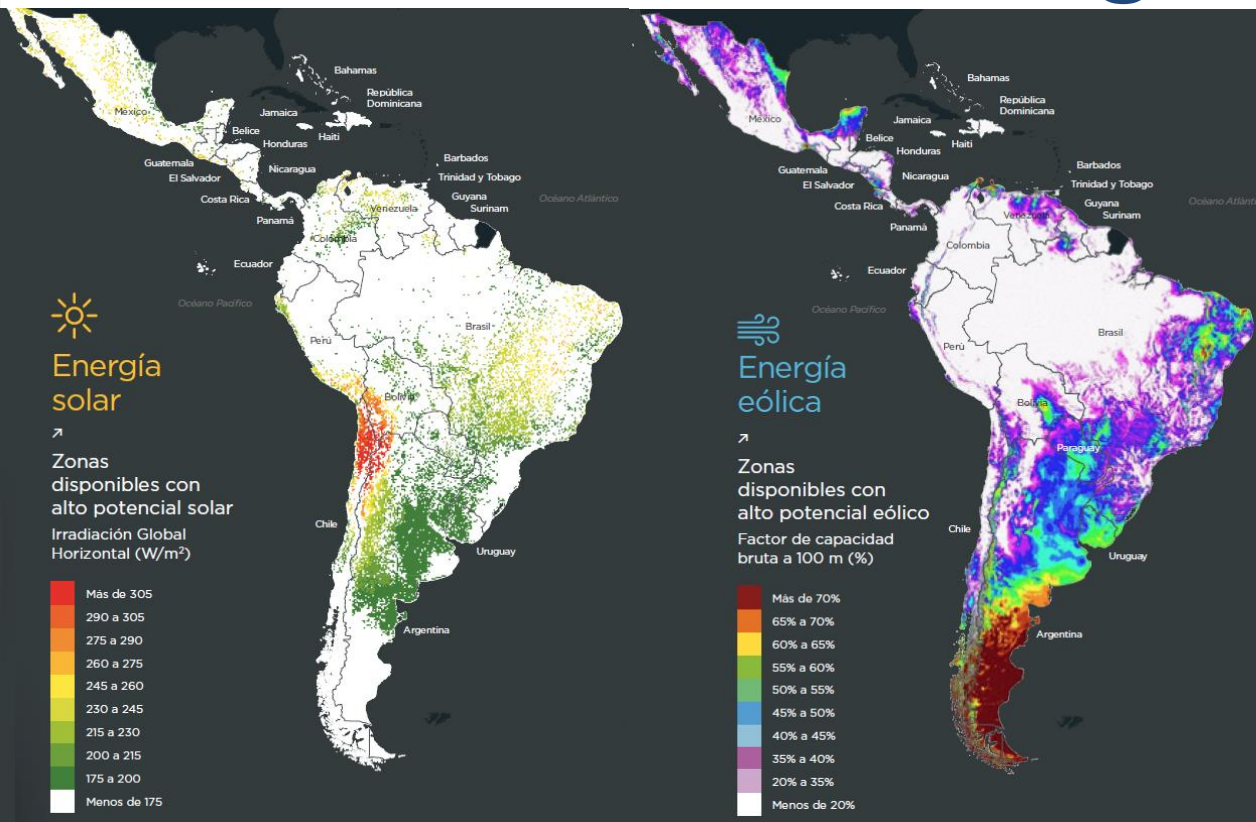
Planeamiento energético : *nueva metodología y aplicación para Perú*

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

Matriz Eléctrica de Oferta por país



El Perú aislado energéticamente

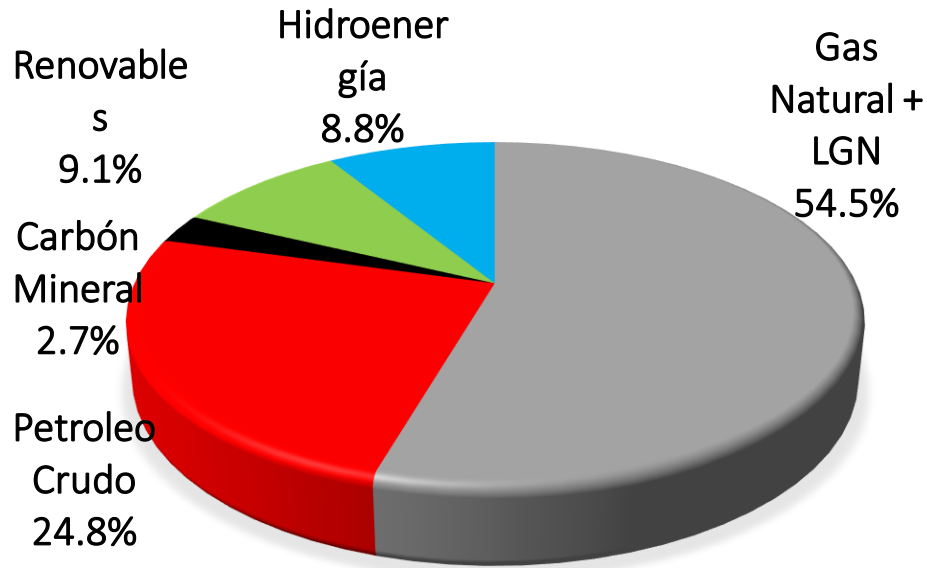


Fuente: La Red del
Futuro - BID



Fuente: colección
Leuksman

SITUACIÓN ACTUAL : Perú

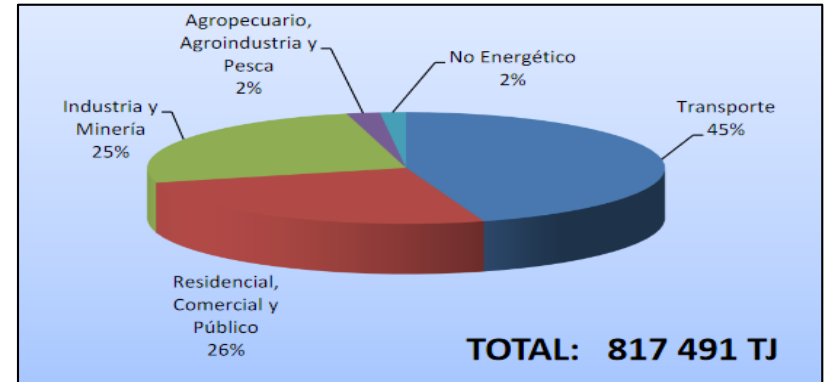


Oferta Interna Bruta de Energía Primaria

Fuente: Ministerio de Energía y Minas, «Balance Nacional de Energía 2017»

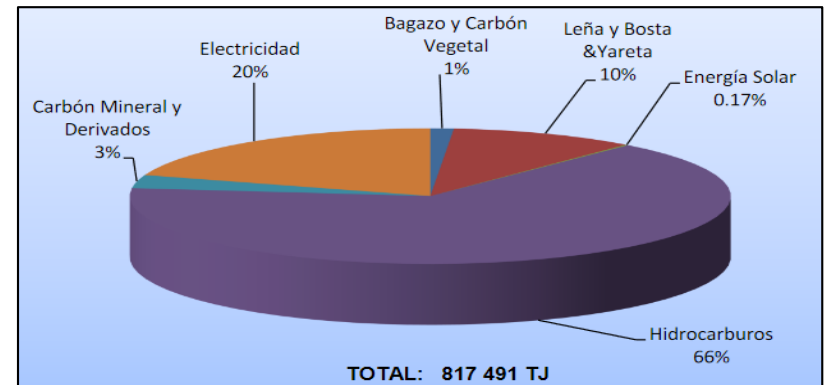
Principal Problemática

- Dependencia de combustibles fósiles (82%)
- Consumo de Leña, Bosta y Yareta en el Sector Rural
- Falta de mayor desarrollo de las energías renovables
- Cambios en el Mercado Eléctrico



Participación del consumo de energía por sectores

Fuente: Ministerio de Energía y Minas, «Balance Nacional de Energía 2017»



Participación del consumo de energía por fuentes

Fuente: Ministerio de Energía y Minas, «Balance Nacional de Energía 2017»

Estudio	Enfoque de la Demanda	Enfoque de la Oferta	Integración Sistema Energético	Horizonte Temporal
EIEP	Uso Final	Simulación	LEAP (versión 2000)	2000-2010
NUMES	Gas Natural: Uso Final Resto: Económico	Electricidad: Optimización Resto: Simulación	MS Excel	2010-2040
PEN	Económico	Simulación	MS Excel	2014-2025
PLANCC	Gas Natural: Uso Final Resto: Económico	Electricidad: Optimización Resto: Simulación	MS Excel	2012-2050
SPEN	Trasporte: Uso Final, Resto: Económico	Optimización	TIMES	2017-2040
APEC	Transporte: Uso Final Residencia: Uso Final Resto: Económico	Optimización	GAMS	2016-2050

Clasificación de las metodologías empleadas en los estudios de planeamiento energético en Perú

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

Alcances y consideraciones en la proyección de la demanda

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

Estudio	Método de Proyección de la Demanda	Zonas urbanos y rurales	Año Base	Horizonte de tiempo	Número de alternativas consideradas	Herramientas de modelado	GEI cuantificadas	Emisiones contaminantes cuantificadas
EIEP	Botton Up	No	1998	20	3	LEAP (Versión 2000)	No	No
NUMES	Top Down	No	2009	31	57	MS Excel	CO2, CH4, N2O	Si
PEN	Top Down	No	2013	12	2	MS Excel	No	No
PLANCC	Top Down	No	2010	40	2	MS Excel	CO2, CH4, N2O	No
SPEN	Top Down y Botton Up	No	2016	24	1	TIMES	CO2	No
APEC	Botton Up	No	2016	34	3	MS Excel - GAMS	CO2, CH4, N2O	No

Planificación energética en Perú: Atributos y deficiencias

Estudio	¿Cuantifica Objetivos?	¿Evalúa Escenarios Modelados?	¿Puede ser adaptado a complejidad creciente?	Interacción con otros sectores	Transparencia, reproductibilidad e inteligibilidad
EIEP 2000-2010	SI: 1) Inversiones	NO	NO: software discontinuado	NO	NO: data fuente no disponible
NUMES 2010-2040	SI: 1) Diversificación 2) % RER 3) Emisiones GEI 4) Cobertura de GN	SI: Trade-Off y Minimax	NO: data fuente no disponible	SI: Ambiental	NO: data fuente no disponible
PEN 2014-2025	SI: 1) Mínimo Costo	NO	NO: data fuente no disponible	NO	NO: data fuente no disponible
PLANCC 2012-2050	SI: 1) Inversiones 2) GEI	NO	NO: data fuente no disponible	SI: Economía	NO: data fuente no disponible
SPEN 2017-2040	SI: 1) Mínimo Costo	NO	NO: software con licencia comercial	SI: Economía	NO: software con licencia comercial
APEC 2016-2050	SI: 1) GEI	NO	NO: software con licencia comercial	NO	NO: software con licencia comercial

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

EIEP (Estudio Integral Energético del Perú) ; NUMES (Nueva Matriz Energética Sostenible y Evaluación Ambiental Estratégica) ;
 PEN (Plan Energético Nacional 2014 – 2025) ; PLANCC (Planificación Ante el Cambio Climático) ; SPEN (Sistema de Planificación Energética Nacional) ;
 APEC (Asia-Pacific Economic Cooperation Energy Outlook 2019).

COMENTARIO : **todos** estos planes de desarrollo energético tienen como deficiencias, principalmente que: - se ha planificado considerando **al país aislado** (en gas y electricidad) y sin cambio tecnológico; una **planificación estática** con la -ausencia de estrategias que vinculen las acciones de CP con los objetivos de LP para la **Transición energética** .

Proyección de la demanda: Variables consideradas

Estudio	Proyección de la Población	Proyección del PBI	Plan de desarrollo - llo de infraestructura	Intensidades Energéticas	Evolución tecnológica	Demanda de Energía Histórica	Tasa de electrificación	Proyección de la población económicamente activa
NUMES	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	NO
PEN	NO	SI	SI	NO	NO	SI	NO	NO
PLANCC	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	NO
SPEN	SI	SI	SI	SI	NO	SI	NO	NO
APEC	SI	SI	NO	NO	NO	SI	NO	NO

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

¿Una adecuada metodología de planificación energética integral a largo plazo contribuiría al desarrollo energético sostenible del Perú?

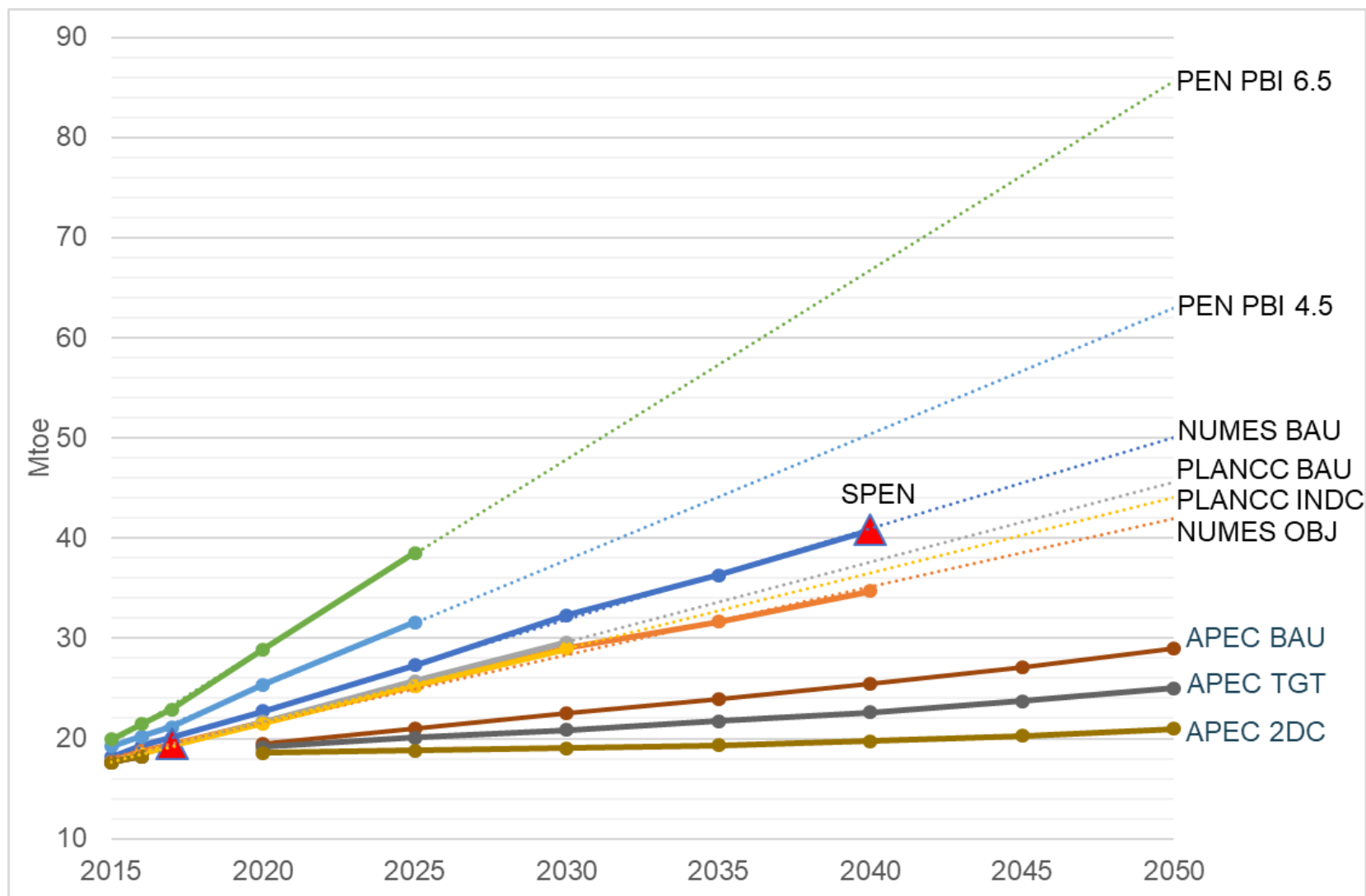
1. ¿Cuál es la metodología de proyección de la demanda que cuantifique la evolución de la tenencia de equipos, efecto del cambio tecnológico y el efecto sustitución de equipos de consumo de energía a fin de dimensionar adecuadamente programas desde el lado de la demanda para un planeamiento energético sostenible a largo plazo en el Perú?

1. ¿Cuándo se producirá el llamado desacople entre el consumo de energía y el PBI en el sistema energético en el Perú?

1. ¿Cuál es el potencial de reducción de emisiones de GEI en el planeamiento energético sostenible a largo plazo en el Perú?

Importancia de la Demanda

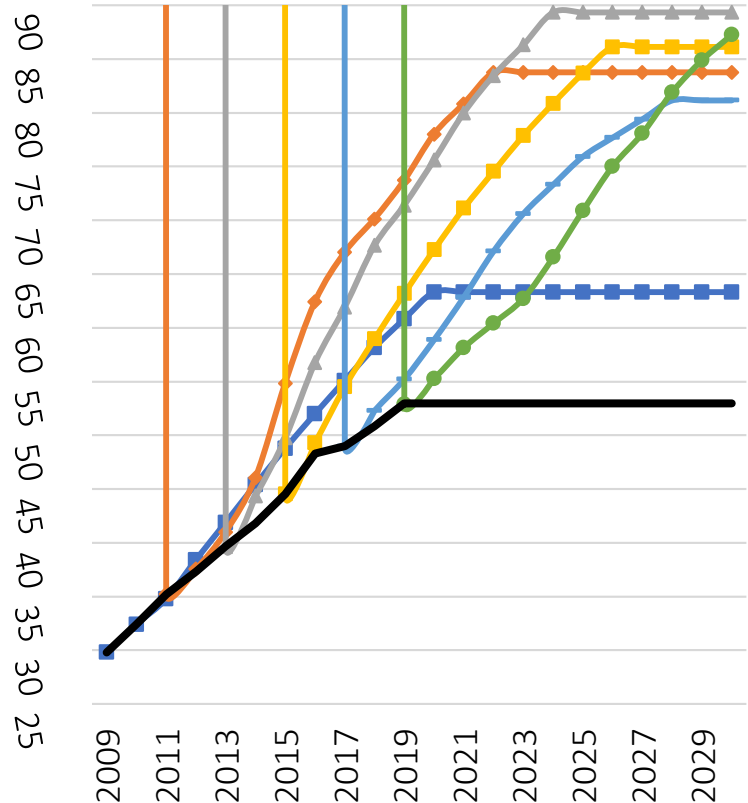
El proceso de planificación energética, en especial en países en vías de desarrollo debe incorporar un análisis exhaustivo de la composición de la demanda, así como las diferentes opciones para abastecerla; es decir, es la demanda la que origina la composición de la oferta, por lo que requiere de una atención especial en su análisis. Mas aún, si se tiene en cuenta que la dinámica de la demanda de energía está influenciada por la inercia del parque (stock) de equipos de uso de energía instalados en el mercado, lo que conduce a una flexibilidad limitada. Los modelos para el análisis de la demanda se dividen en 2 grandes grupos: i) econométricos y ii) de usos final. En los países en vías de desarrollo los modelos más empleados han sido los modelos econométricos; sin embargo, dichos modelos no toman en cuenta la evolución de la tenencia de equipos, el efecto del cambio tecnológico, el efecto sustitución por usos y fuentes de equipos de consumo de energía y no tienen el detalle de información necesaria a fin de dimensionar adecuadamente políticas de ahorro de energía y eficiencia energética.



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)

TWh



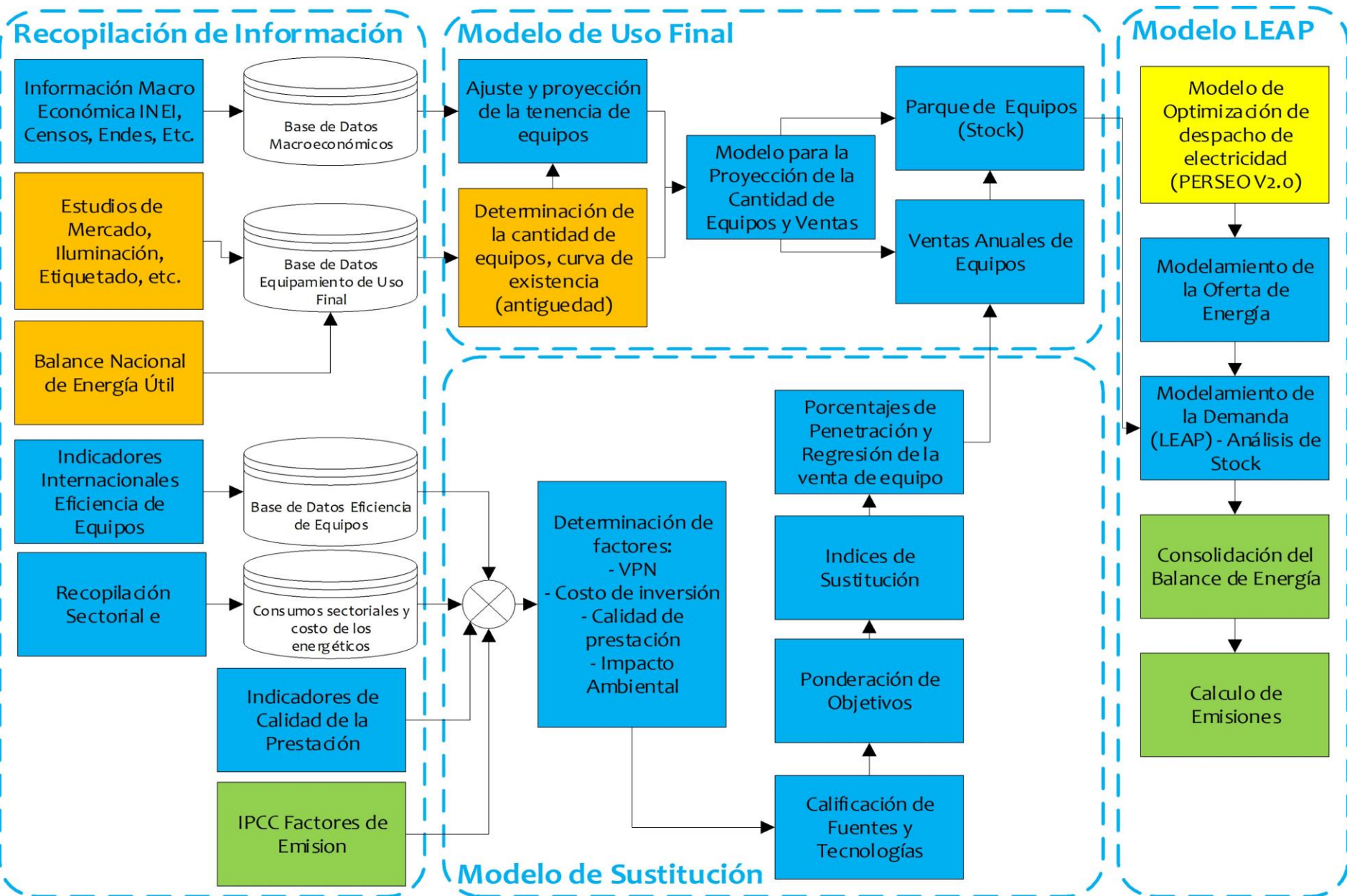
■ PT 2011-2020 ♦ PT 2013-2022 ▲ PT 2015-2024
 ■ PT 2017-2026 ● PT 2019-2028 ● PT 2021-2030

Plante Transmisión	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Demanda Real (A)	32	35	37	40	42	45	48	49	51	53
PT 2011-2020 (B)	32	35	38	42	45	49	52	55	58	61
PT 2013-2022 (C)	-	35	38	41	46	55	62	67	70	74
PT 2015-2024 (D)	-	-	-	40	44	50	57	62	68	71
PT 2017-2026 (E)	-	-	-	-	-	45	49	55	59	63
PT 2019-2028 (F)	-	-	-	-	-	-	-	49	52	55
PT 2021-2030 (G)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	53
B/A	1.00	0.99	1.03	1.06	1.09	1.10	1.08	1.12	1.14	1.15
C/A	-	1.00	1.01	1.03	1.10	1.23	1.29	1.37	1.38	1.39
D/A	-	-	-	1.00	1.06	1.12	1.18	1.26	1.33	1.35
E/A	-	-	-	-	-	1.00	1.02	1.11	1.16	1.19
F/A	-	-	-	-	-	-	-	1.00	1.03	1.04
G/A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00

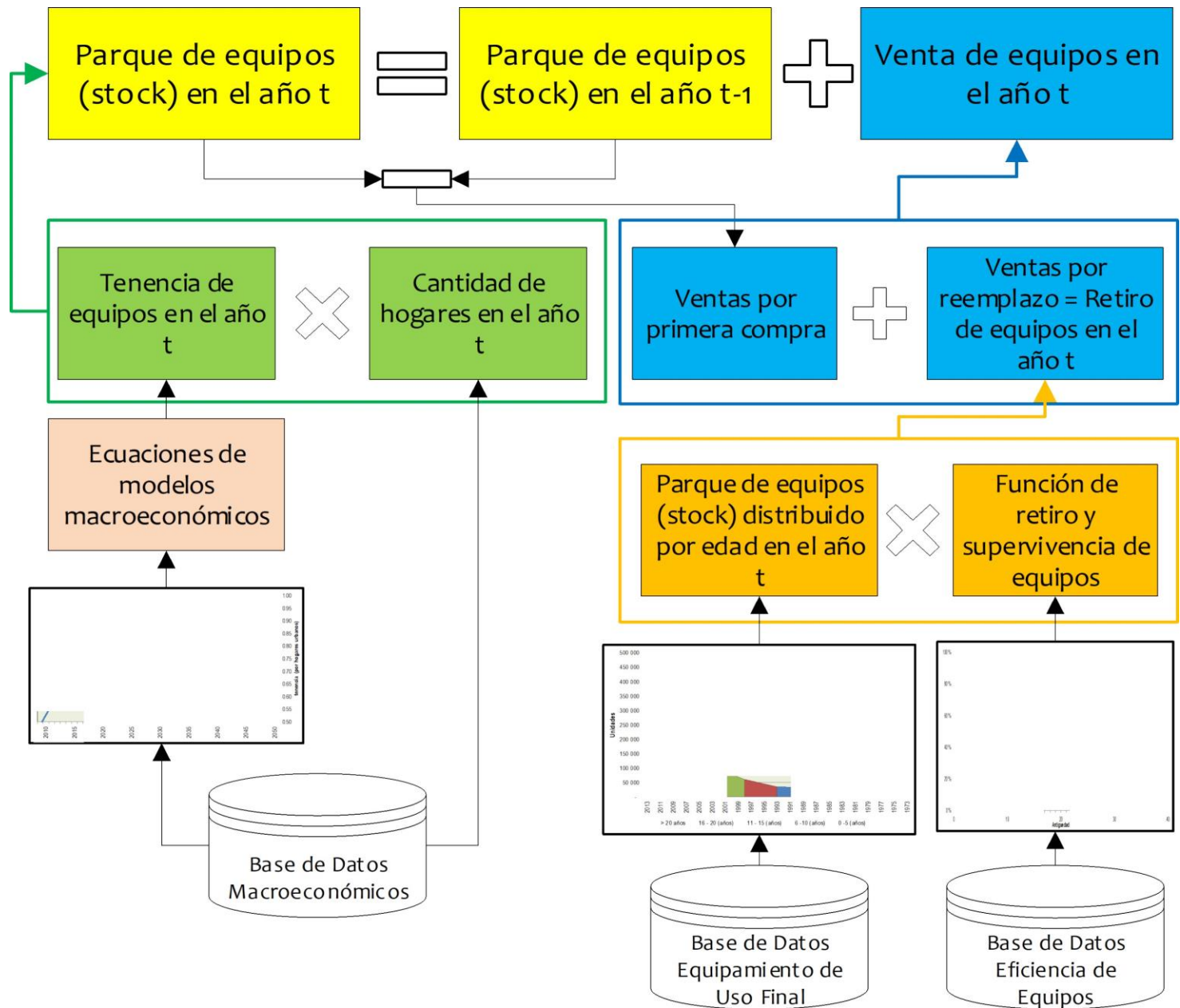
Comparación de la demanda de electricidad proyectada en los planes de Transmisión versus demanda real (TWh)

Fuente: Elaboración Propia

Nuevo Esquema Metodológico



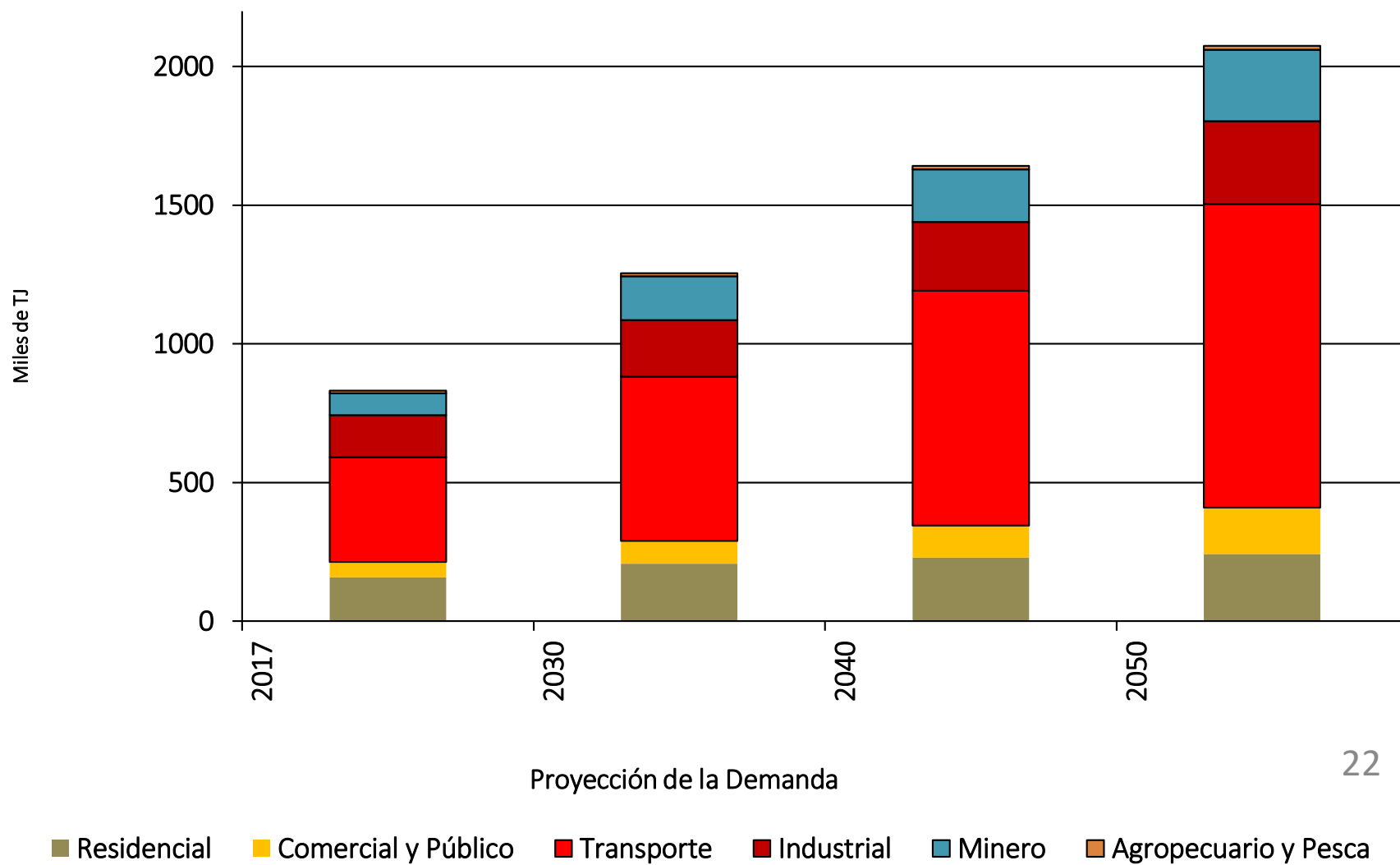
Esquema del Modelo de Rotación de Stock



Supuestos considerados en el escenario base

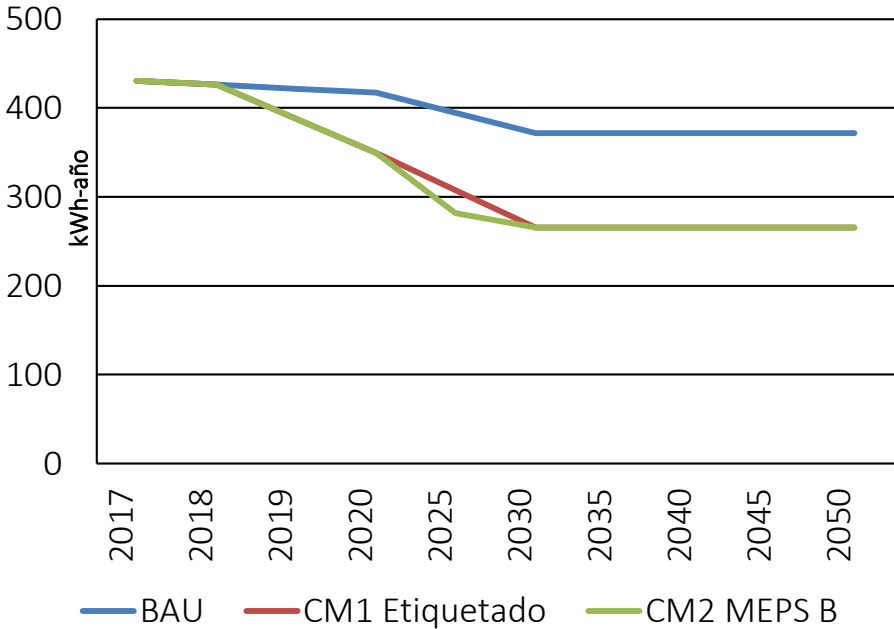
Sector	Escenario Base
Demanda	Sector Residencial: - Existe un efecto sustitución entre tecnologías - Se implementa el Etiquetado de equipos energéticos - Conexiones Domiciliarias de Gas Natural: 20% habilitadas para 2 puntos de suministro Sector Comercial y Público: - Se ve fuertemente influenciado por el aumento de la PEA que impulsa el incremento en la demanda de servicios Sector Minero Metalúrgico e Industrial: - Se realizan las inversiones y ampliaciones declarados por las empresas en el contexto del plan de transmisión Sector Transporte: - Continúa la masificación de GN - Aún no se contempla uso de LGN para transporte de carga - Se implementa el Metro (línea 1 y 2 del metro de lima) - Ingreso de coches eléctricos al parque automotor - Aún no se prevé el ingreso de vehículos a celdas de combustible
Oferta	La estructura de generación de electricidad: 47.5% Hidroeléctricas - 47.5% Térmicas a gas natural - 5% RER No se contempla la implementación de generación distribuida

Principales Resultados



Clase de Eficiencia	Consumo kWh	2017	2018	2019	2020	2030	2040	2050
A	166	0.0%	0.0%	0.0%	0%	0%	0%	0%
B	283	13%	14%	14%	15%	20%	20%	20%
C	349	13%	14%	14%	15%	20%	20%	20%
D	380	23%	22%	22%	22%	20%	20%	20%
E	423	26%	27%	28%	29%	40%	40%	40%
F	600	26%	24%	22%	20%	0%	0%	0%
Total	-	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Consumo Equipos Nuevos kWh	431	426	422	417	372	372	372

Consumo anual de energía promedio de equipos nuevo
 Fuente: Etiquetado de Eficiencia Energética: Parque y Tenencia de Equipos



Proyección del consumo promedio anual de refrigeradoras
 Fuente: Etiquetado de Eficiencia Energética: Parque y Tenencia de Equipos

Índices de Sustitución

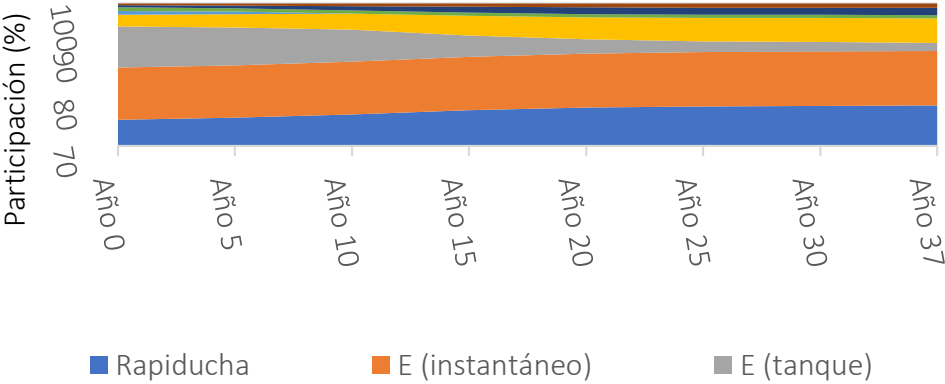
	Vc		Participación	En Regresión	En Progresión
GN (tanque)	29.02	1	0.70	GN (tanque)	
GLP (tanque)	22.95	1	0.85	GLP (tanque)	
GN (instantáneo)	45.21	0	0.47		GN (instantáneo)
GLP (instantáneo)	37.37	0	0.33		GLP (instantáneo)
E (tanque)	16.27	1	8.70	E (tanque)	
E (instantáneo)	36.73	0	10.95		E (instantáneo)
Solar (Tanque)	69.17	0	2.45		Solar (Tanque)
Rapiducha	74.48	0	75.55		Rapiducha
			100.00		

Mercado Disputable	10.25	10.25
--------------------	-------	-------

Equipos	Año 0	Año 5	Año 10	Año 15	Año 20	Año 25	Año 30	Año 37
Rapiducha	75.6	76.0	76.7	77.5	78.1	78.4	78.5	78.6
E (instantáneo)	11.0	11.0	11.1	11.3	11.4	11.4	11.5	11.5
E (tanque)	8.7	8.0	6.7	4.5	3.0	2.2	1.9	1.7
Solar (Tanque)	2.5	2.8	3.4	4.2	4.7	5.0	5.1	5.2
GLP (tanque)	0.9	0.5	-	-	-	-	-	-
GN (tanque)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
GN (instantáneo)	0.5	0.6	0.9	1.2	1.4	1.5	1.5	1.6
GLP (instantáneo)	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	0.9	0.9

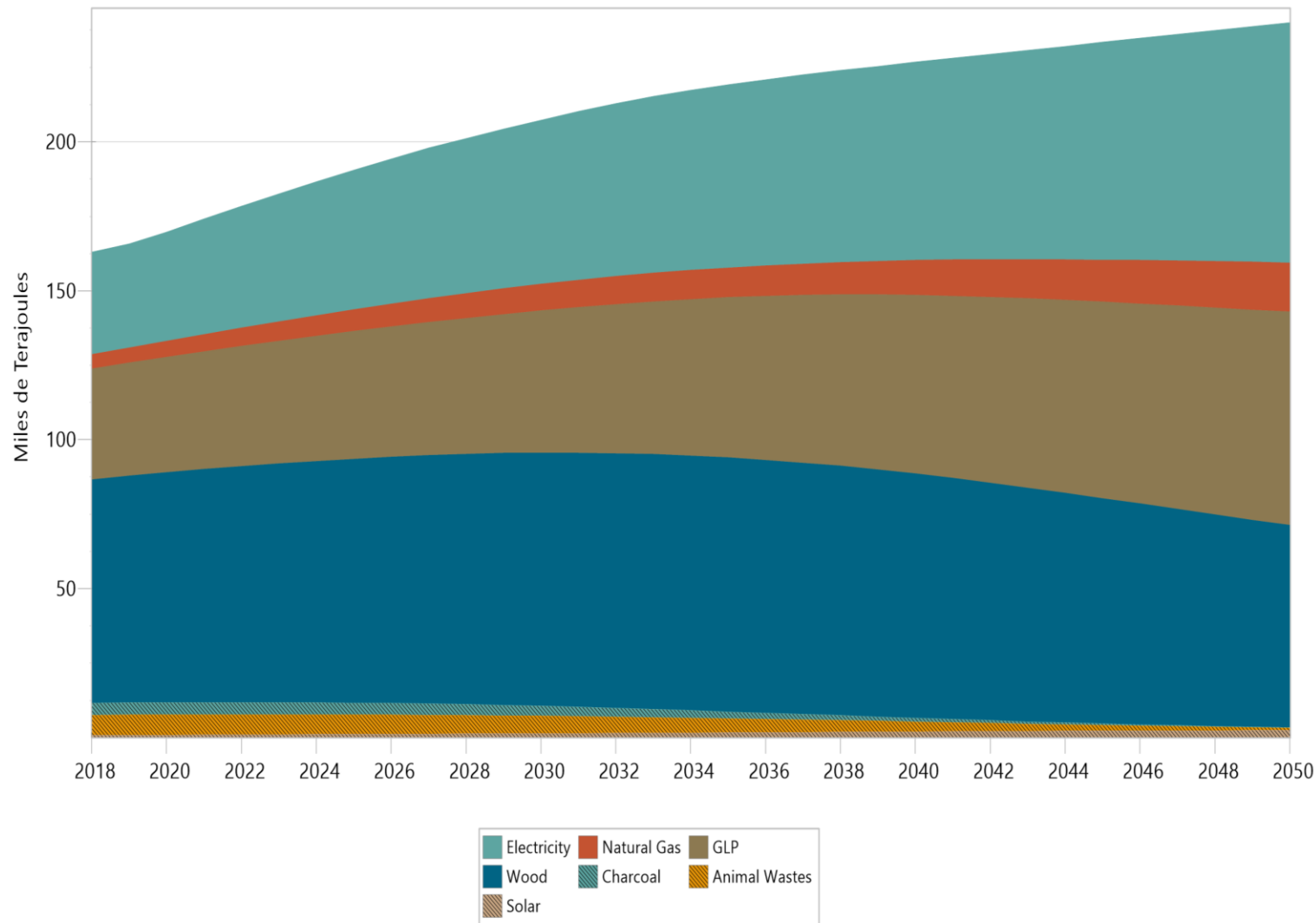
Evolución de la participación de las ventas de equipos de cocción

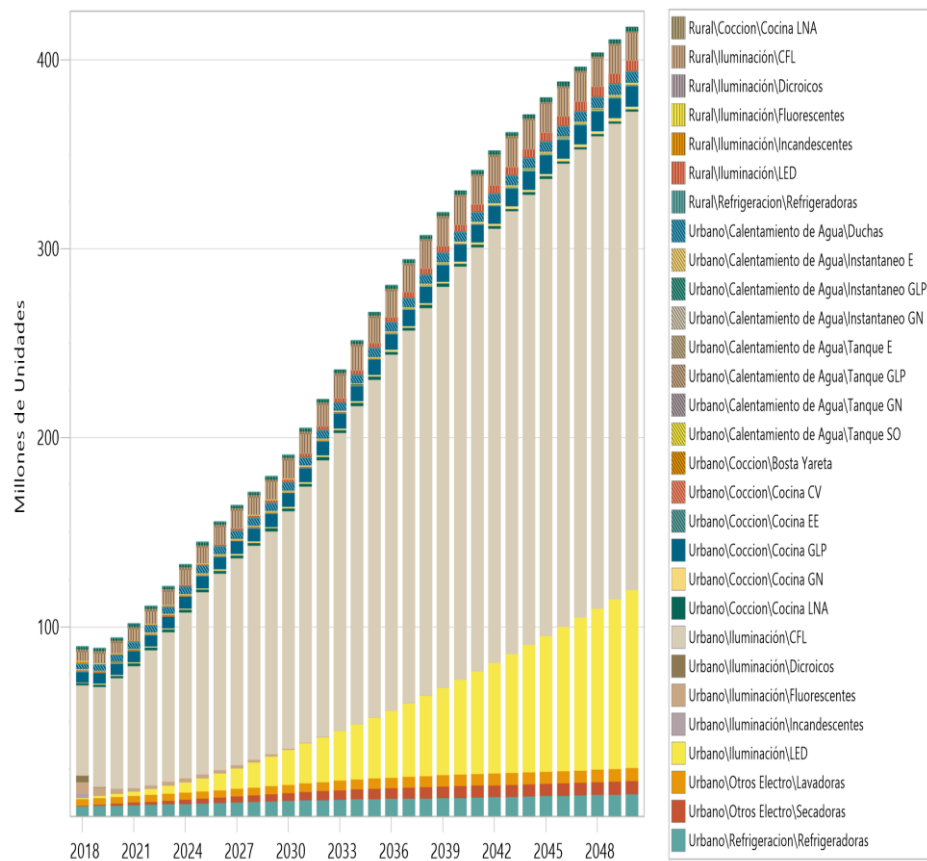
Fuente: Elaboración Propia



Efecto Sustitución entre fuentes y tecnologías

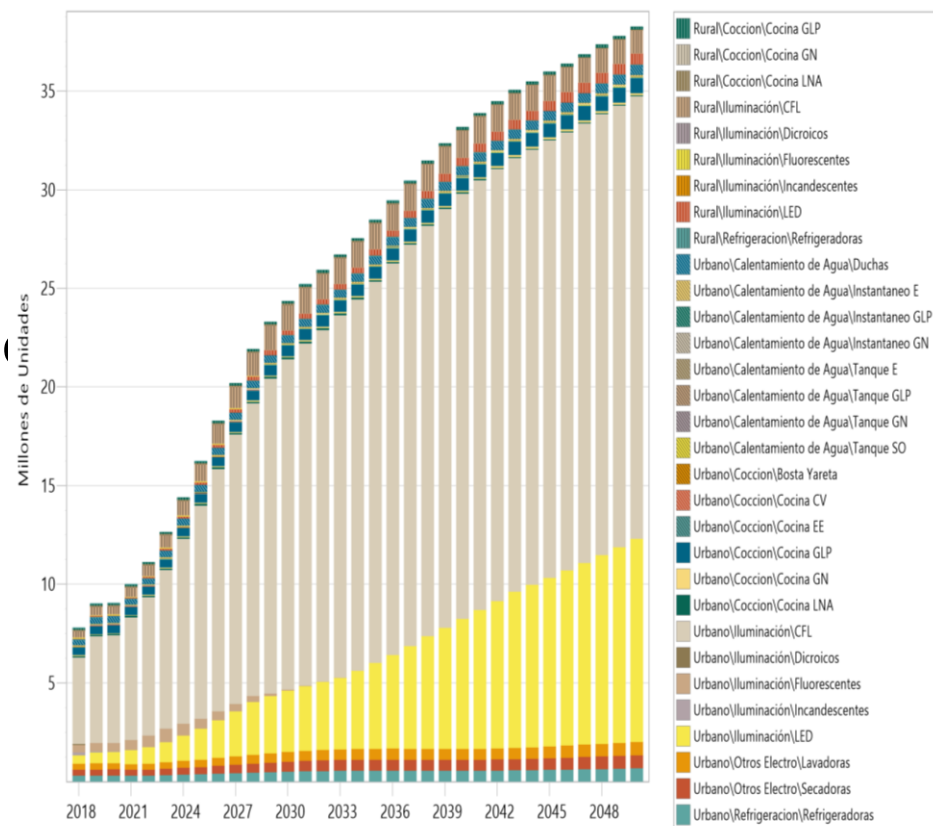
Proyección de la
demanda de energía -
Sector Residencial
Fuente: Elaboración Propia –
Resultado LEAP





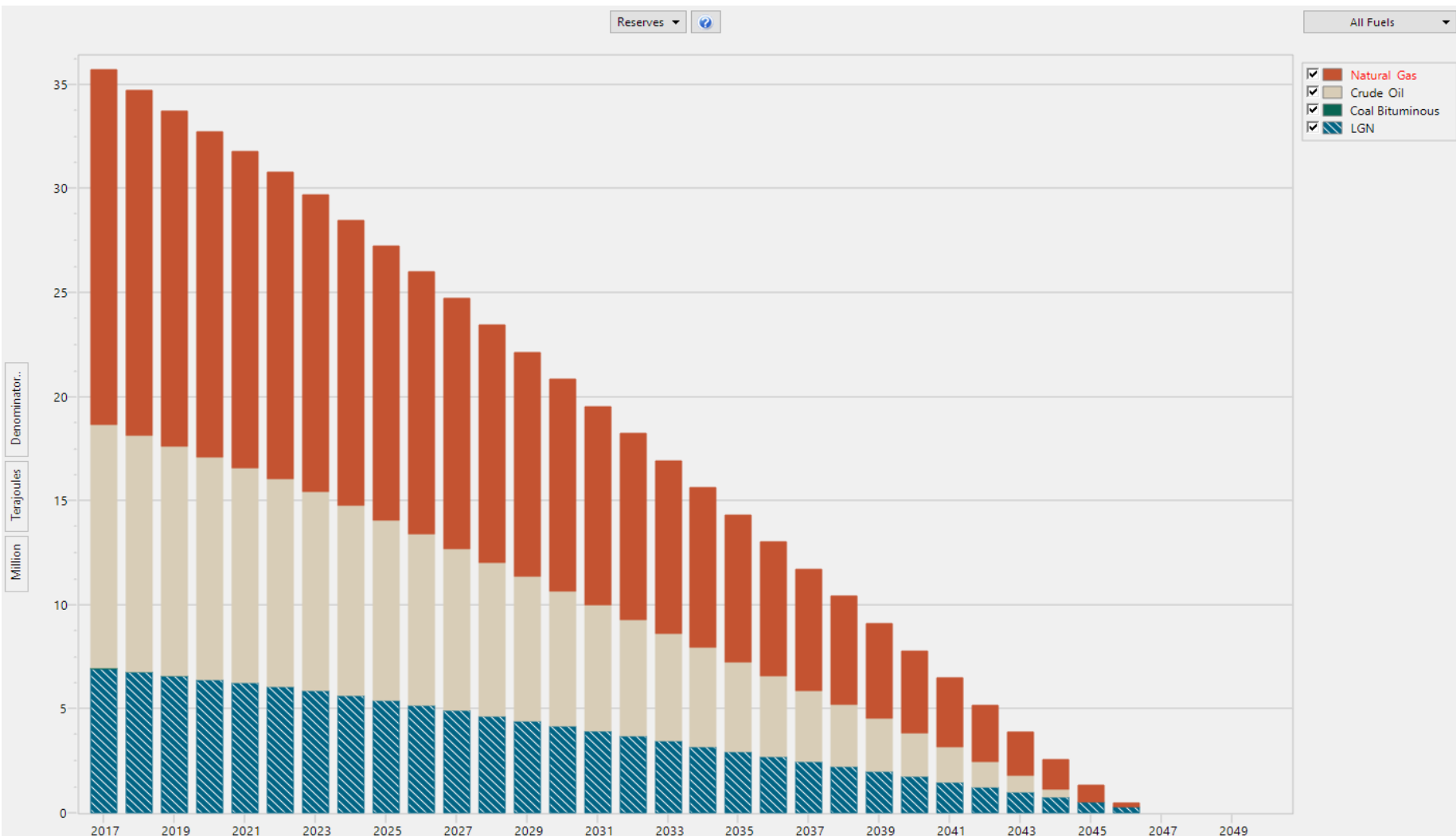
Proyección del parque de equipos de consumo

Fuente: Elaboración Propia



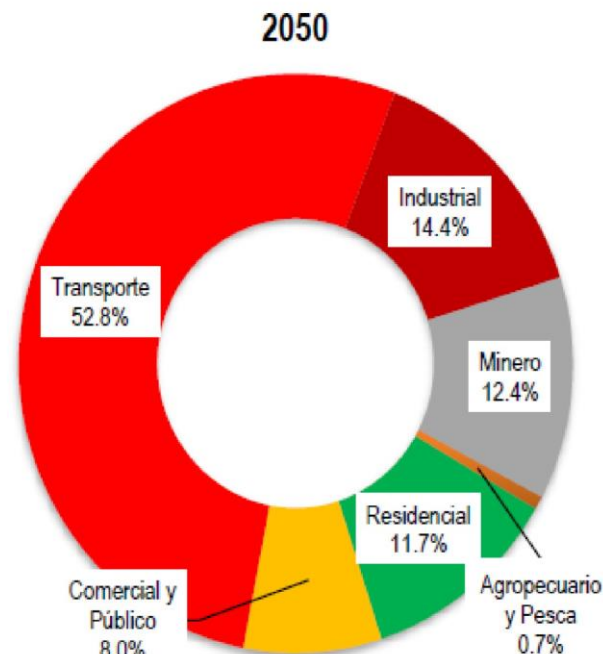
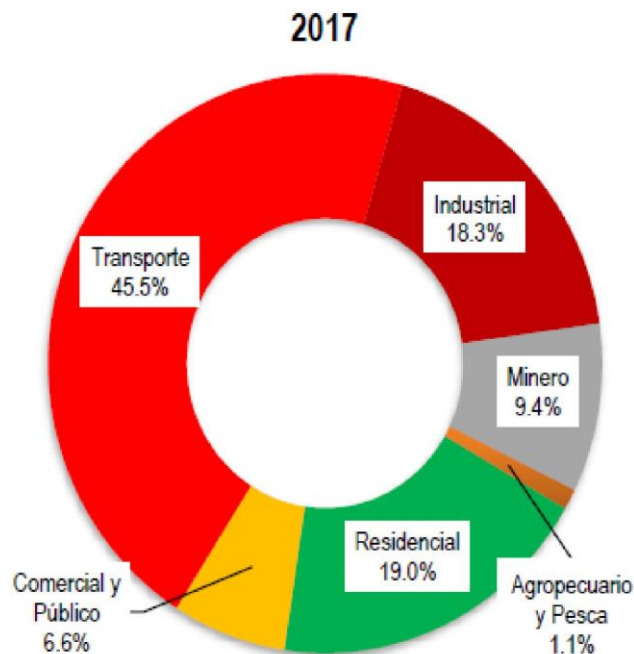
Proyección de la venta de equipos de consumo

Fuente: Elaboración Propia

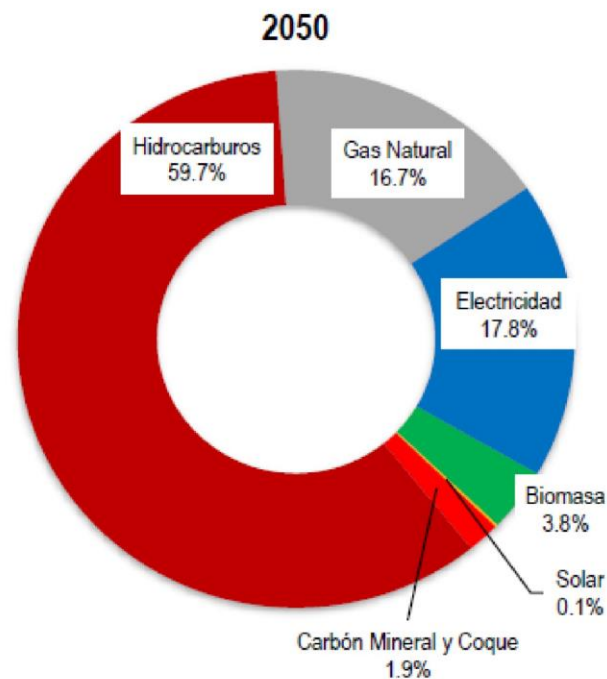
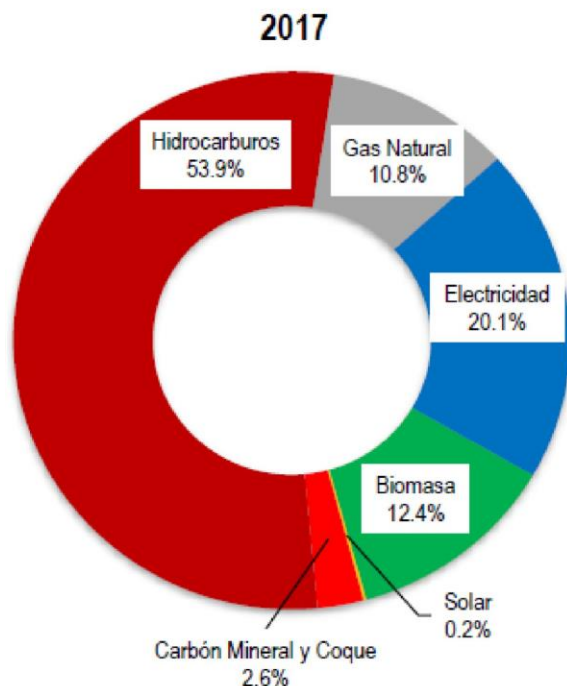


Evolución del Nivel de Reservas de fuentes hidrocarburíferas

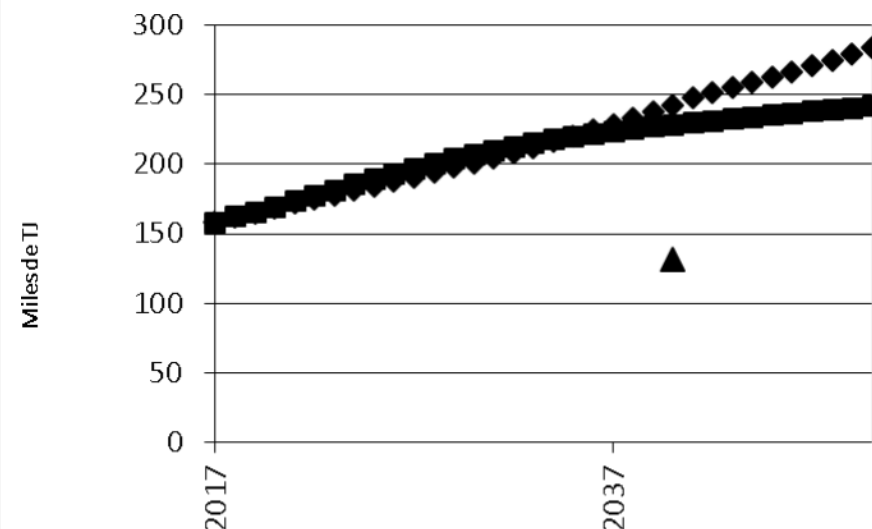
Proyección de la Demanda de Energía por Sectores – Escenario Base (BAU)



Proyección de la Demanda de Energía por Energéticos – Escenario Base

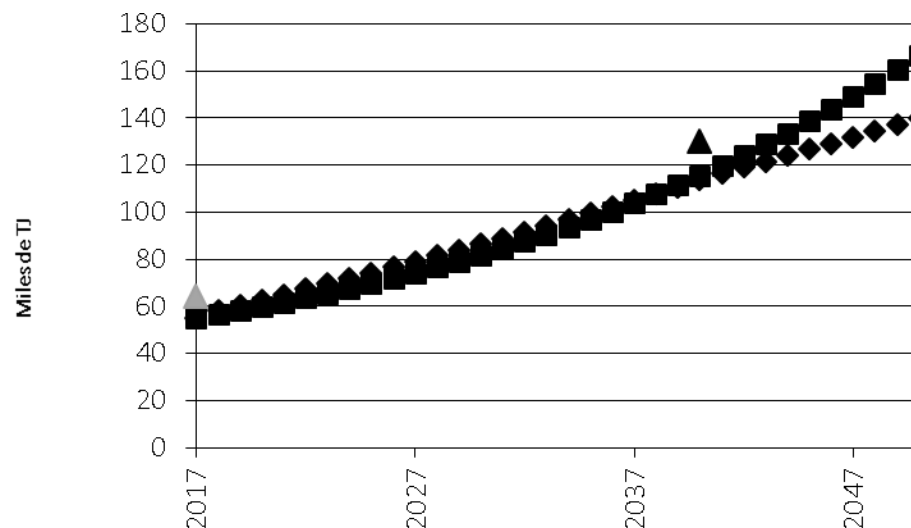


Discrepancias en la Proyección de la Demanda



◆ Modelo Econometrico
■ Modelo Propuesto

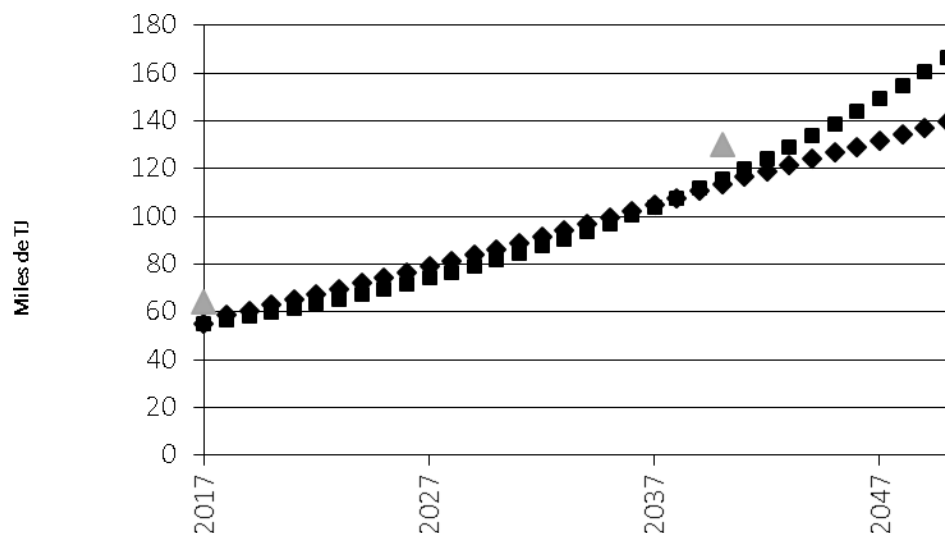
**Comparación de la demanda del sector residencial
con otros métodos de proyección**



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

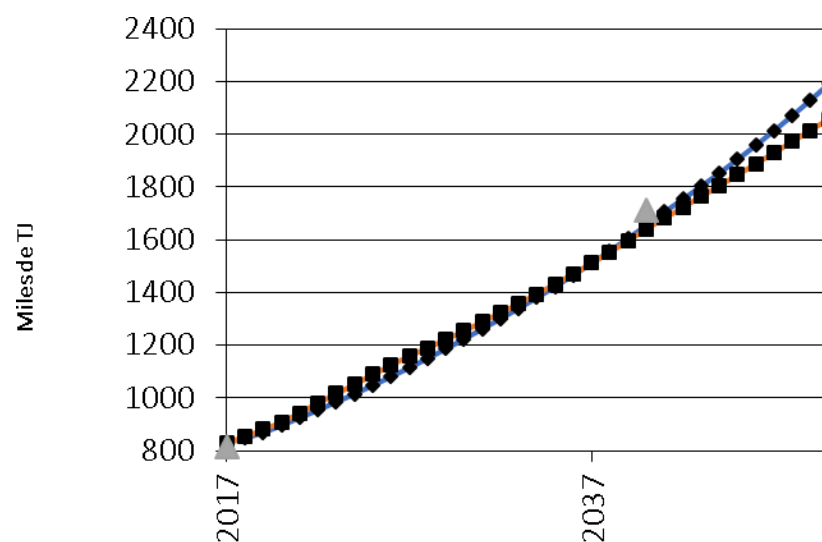
**Comparación de la demanda del sector comercial y público
con otros métodos de proyección**

Discrepancias en la Proyección de la Demanda



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

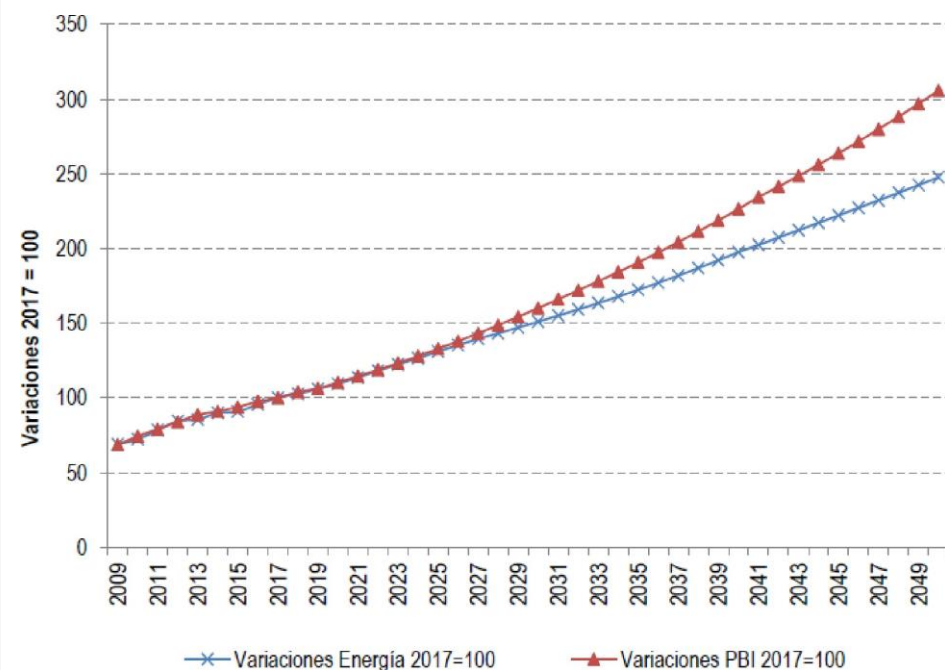
Comparación de la demanda del sector transporte con otros métodos de proyección



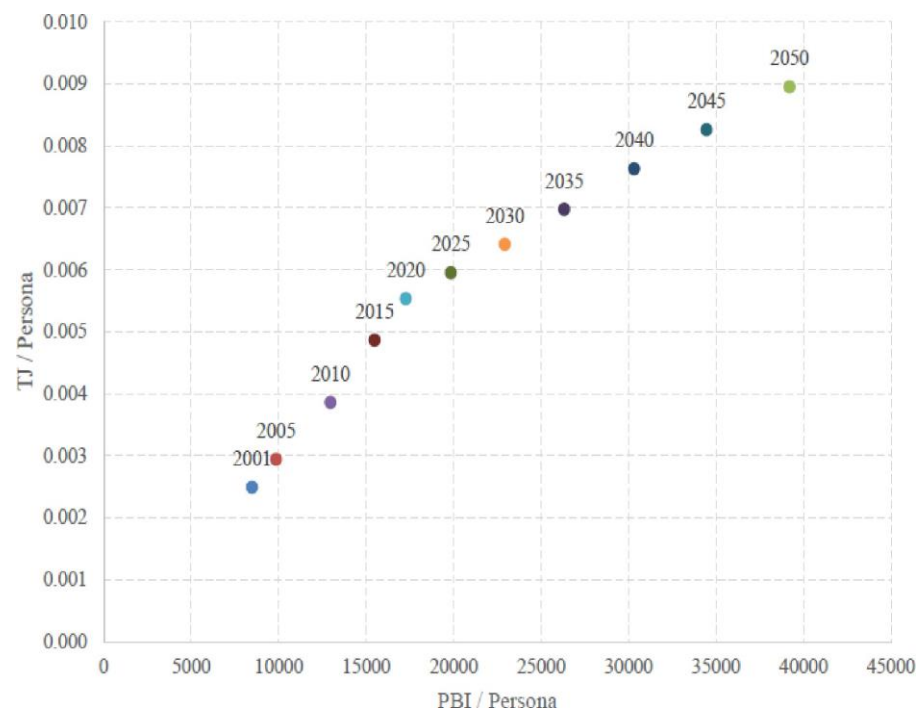
◆ Modelo Econometrico

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

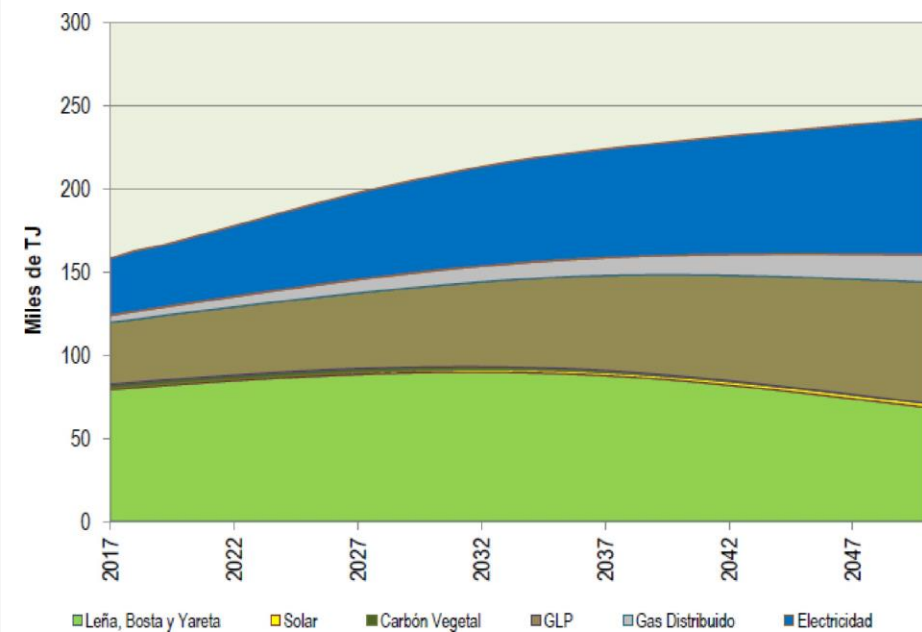
Desacople del Consumo de Energía y el PBI del Perú



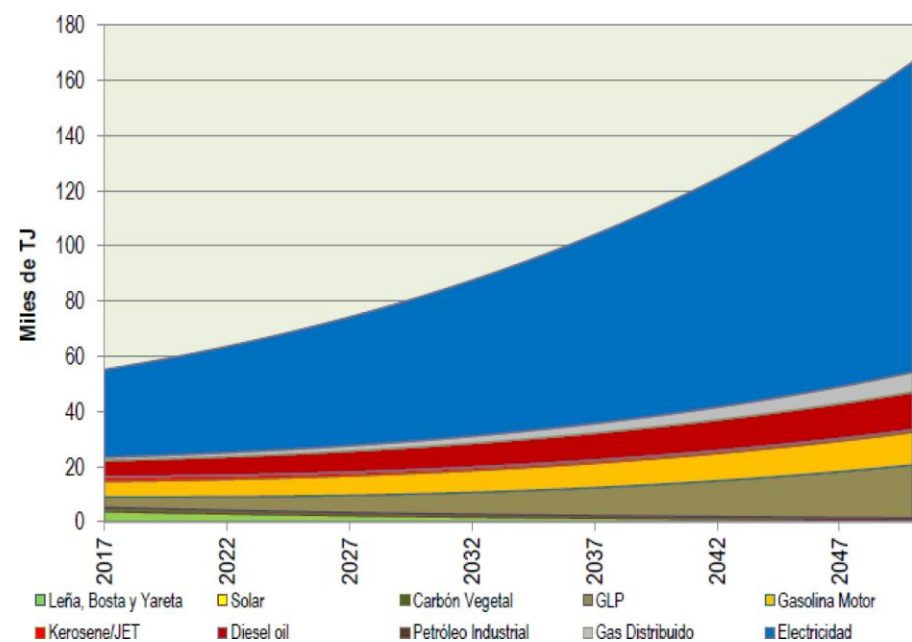
Comparación de las variaciones de la demanda final de energía y PBI en el periodo de análisis (año base 2017 = 100)



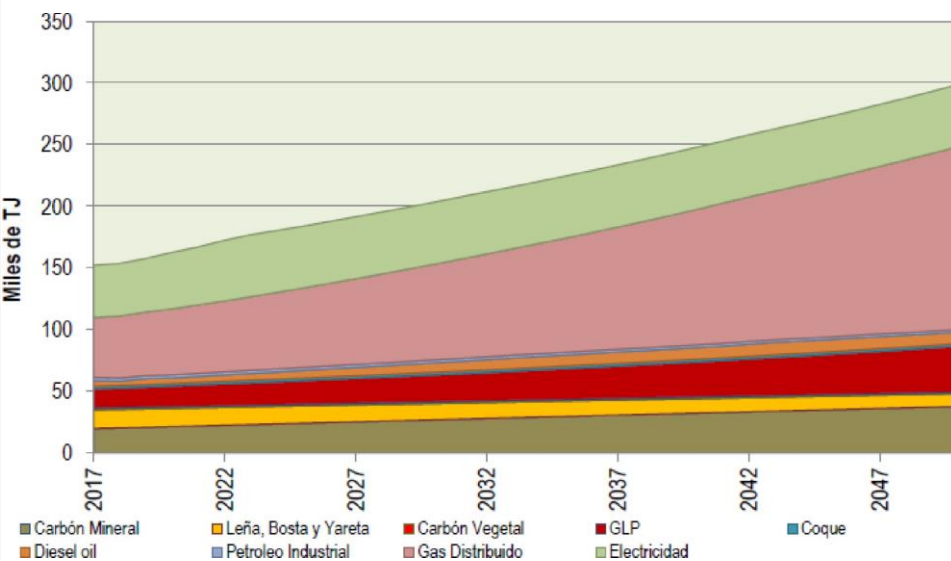
Relación entre el consumo de energía/persona y PBI/persona, de la proyección de demanda realizada



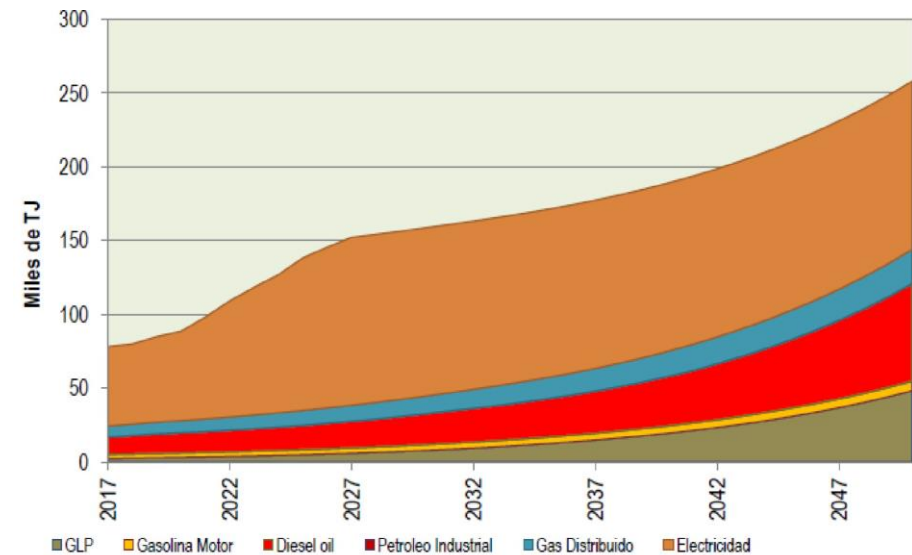
Demanda en el Sector Residencial - Escenario Base



Demanda en el Sector comercial y público- Escenario Base

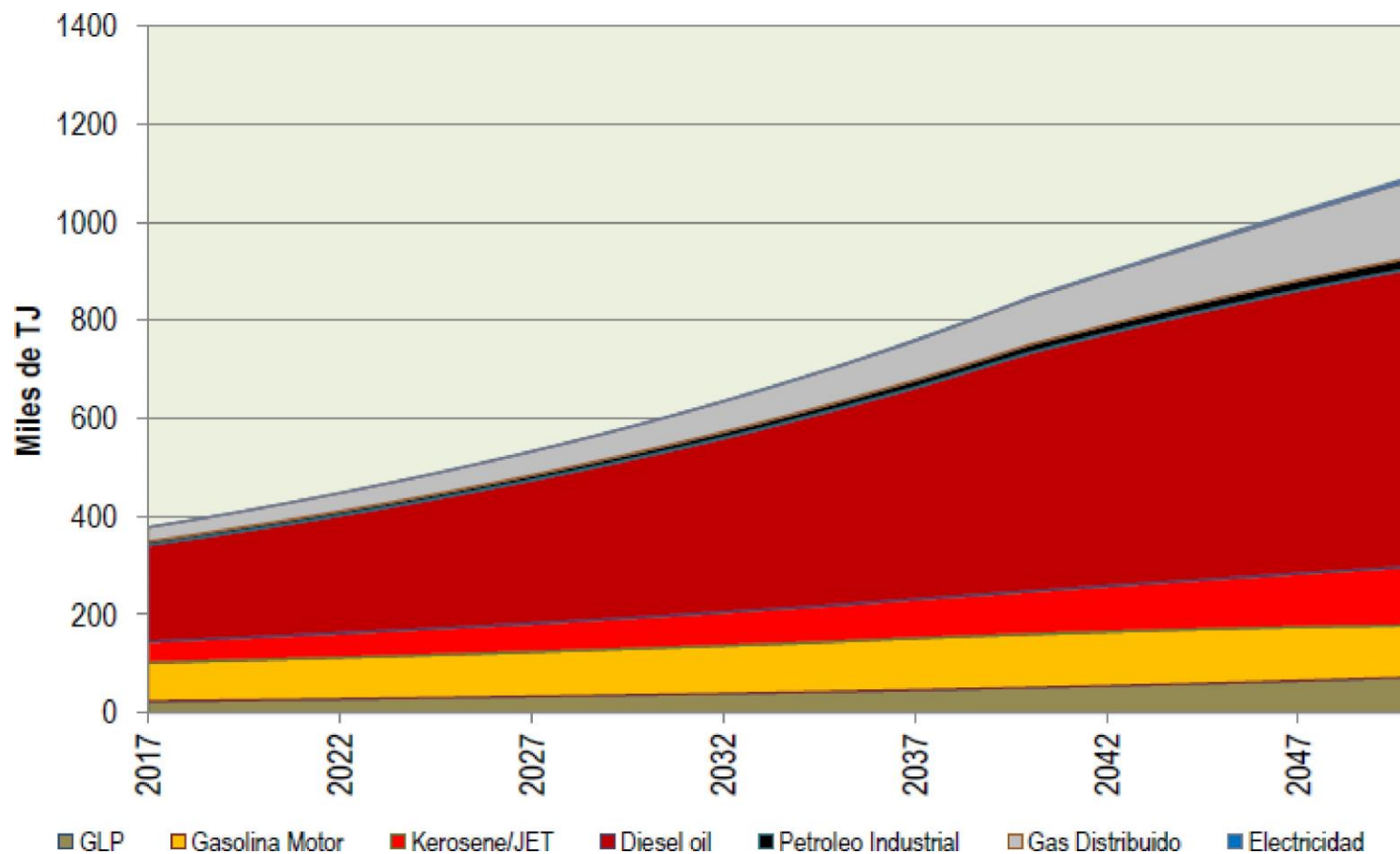


Demanda en el Sector Industrial -Escenario Base



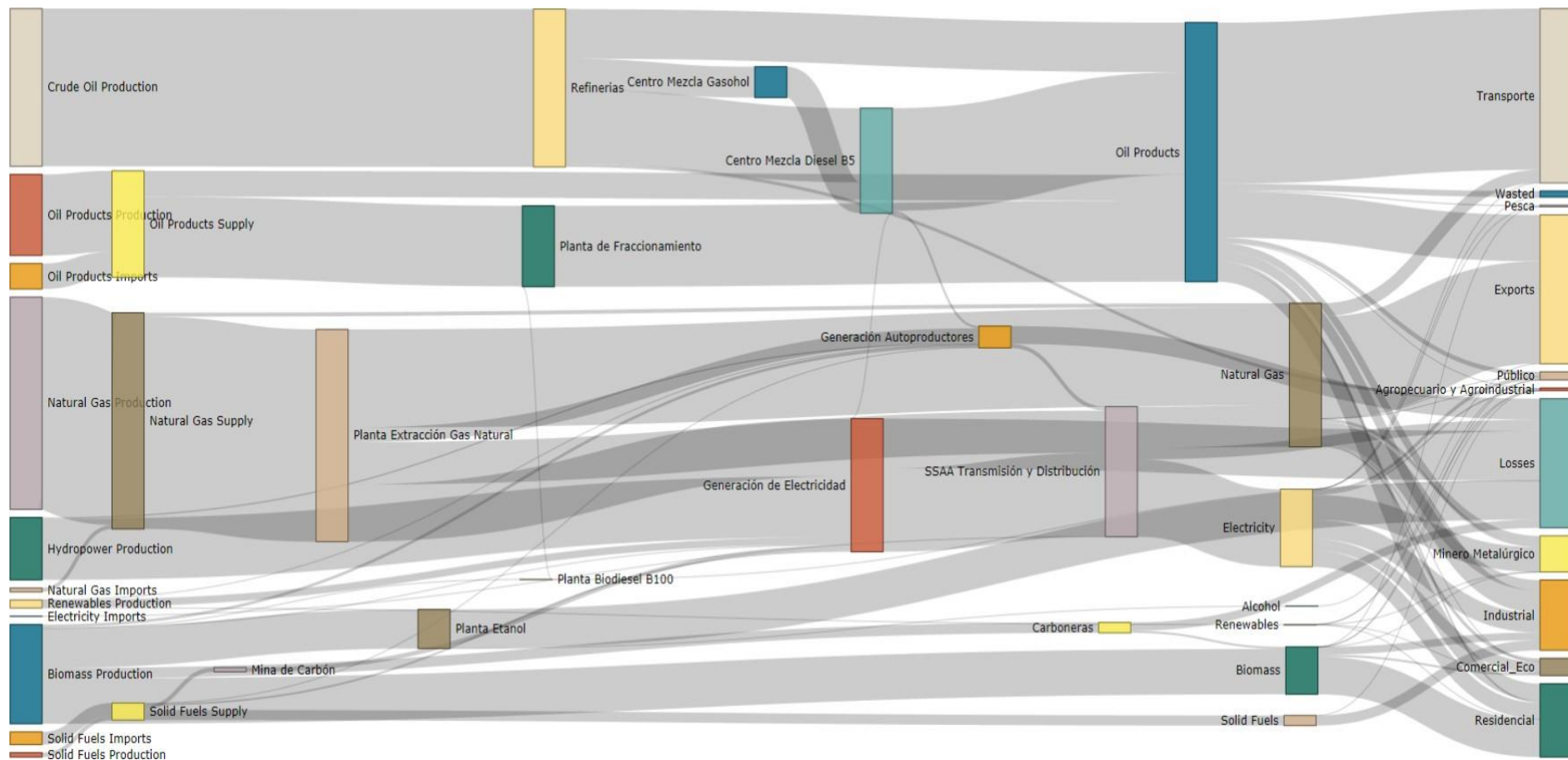
Demanda en el Sector Minería -Escenario Base

Demanda en el Sector Transporte - Escenario Base



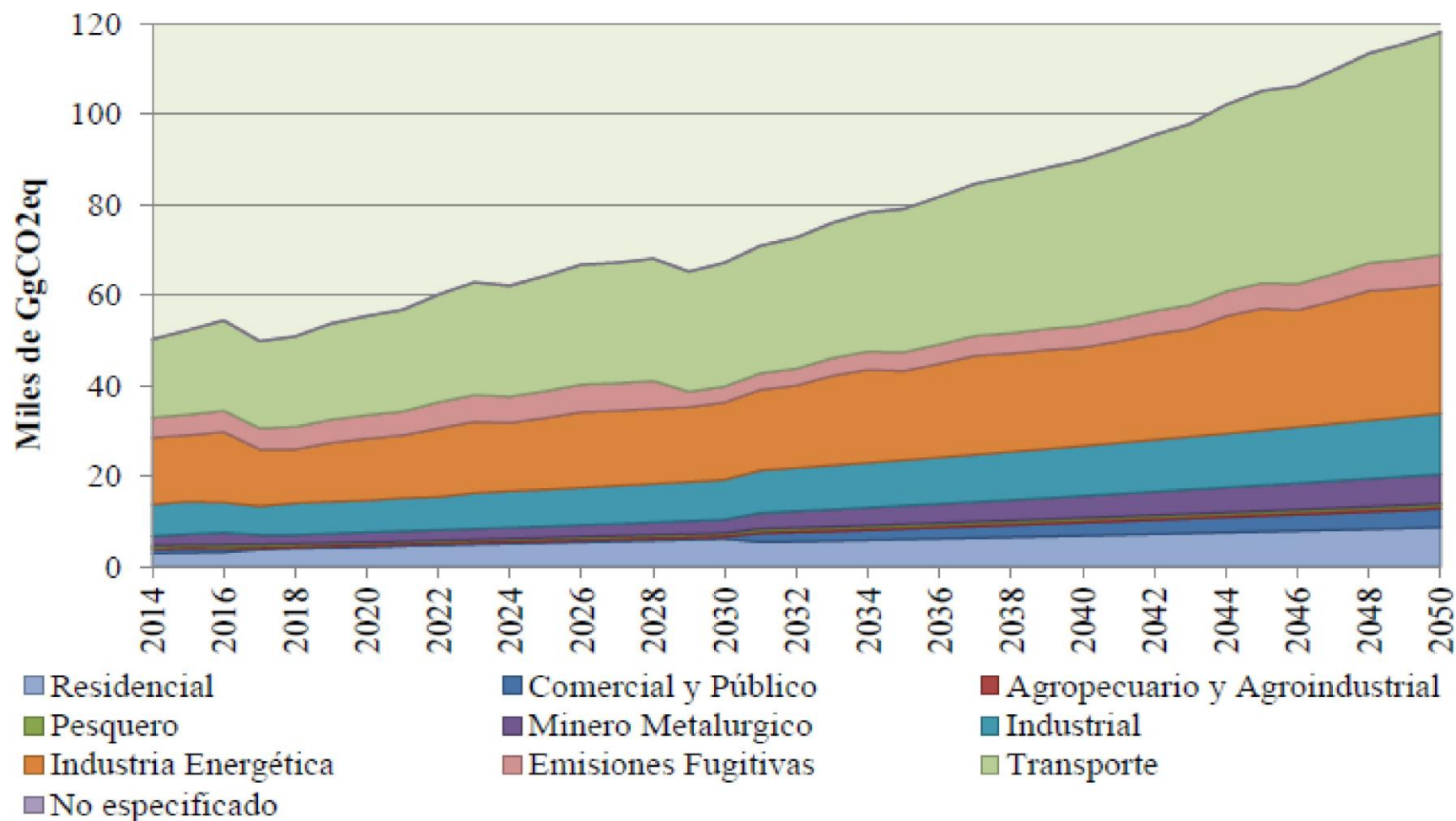
Fuente: J.N. Meza (PhD. T.); J.E. Luyo y R. Gonzáles P.(asesores)

Flujo de la Matriz Energética Simulada año 2050



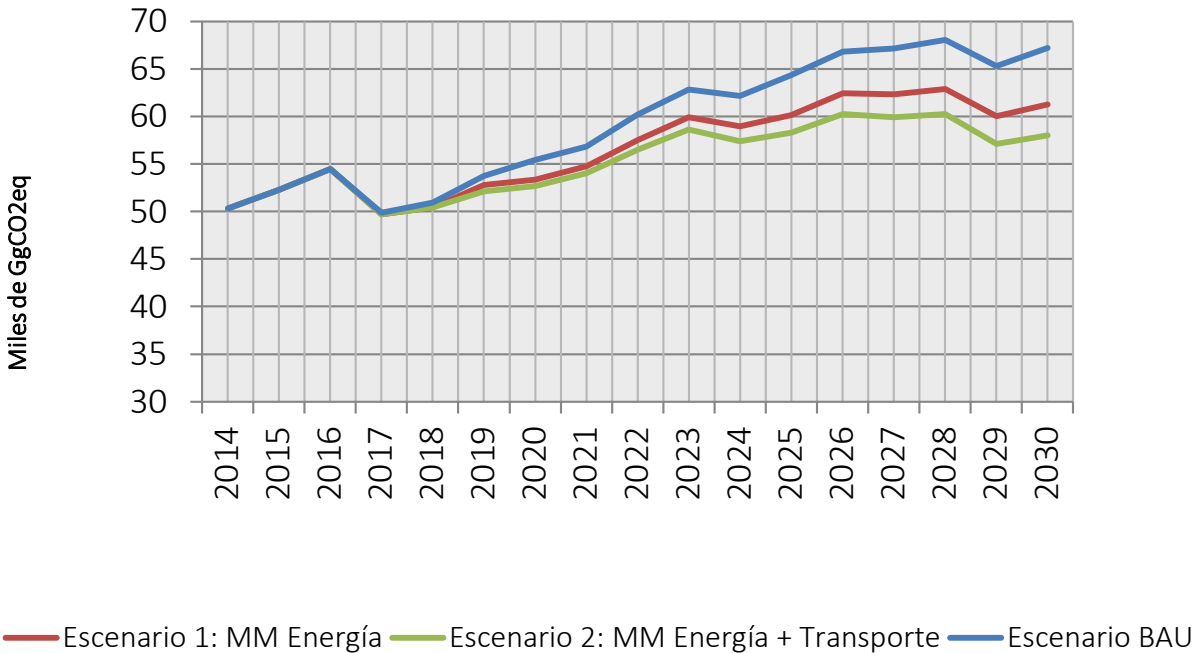
Fuente: J.N. Meza (PhD. T.); J.E. Luyo y R. Gonzáles P.(asesores)

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

- « Una metodología más adecuada para el planeamiento energético de un país en desarrollo 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.»*
- Observamos que, los estudios de planificación energética realizados por consultorías extranjeras y costosas para el país, han sido de poca utilidad teniendo como defecto notable el desconocimiento y 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;
- El sector transporte es el mayor consumidor de energía y principalmente de fuentes hidrocarbúricas y por lo tanto es el más contaminante; el Gas de Camisea se debió orientar parte hacia el consumo vehicular (GNV) en lugar de exportarlo y a precios más bajos que para el mercado nacional. Y sobretodo, hacia una industria petroquímica nacional.

Conclusiones

- Del análisis de las medidas de mitigación consideradas en otros estudios; en el proceso de elaboración de nuestra propuesta de reducción de GEI del Perú, observamos que, se han contabilizado las reducciones de emisiones de manera separada, es decir medida por medida y luego se ha realizado la suma aritmética de las reducciones obtenidas en cada medida. 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 .
- *la actual política en el sector energía, con una matriz energética cada vez más contaminante, menos asequible e insostenible, está en la dirección contraria a los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las NN.UU. (ODS).*
- *es perentorio un cambio de políticas en el sector energía y diferenciadas según los sectores de consumo y que, de mantenerse las actuales políticas (BAU) no se cumplirán los ODS, alejándonos de la **Transición Energética**.*