

# Limitaciones en la infraestructura de transporte y almacenamiento de energía en la Argentina

Carlos A. M. Casares



## ¿Por qué mundialmente estamos migrando hacia las energías Renovables?

- Por que no producen el efecto invernadero
- Por que todavía las consideramos inagotables.
- Por que las obtenemos de fuentes naturales.
- Por que son capaces de regenerarse por medios naturales.

¿Estaremos en lo cierto o aparecerá algo que no fue considerado y nos hará revisar la estrategia?

## ¿Qué fuentes de energía reemplazarán a los hidrocarburos?

### • La realidad actual:

- Eólica y Eólica Marina
- Solar Fotovoltaica y Termosolar
- Fisión Nuclear
- Hidráulica

### • Futuro Próximo o no tan próximo:

- Hidrógeno verde?? (almacenamiento?)
- Mas Geotérmica y otras renovables
- Fusión Nuclear
- Otros

### Dudas:

- ¿Crecerá el consumo de Gas natural como instrumento menos contaminante durante la transición?.
- ¿Será el gas natural el que dará la reserva para la intermitencia aleatoria de las renovables o serán las baterías “químicas” u otras formas de acumulación de energía?

## En Argentina no nos faltan Recursos Naturales

- Contamos con áreas extensas de Sol, Viento, Agua, Minerales (Cobre, Cobalto, Litio) e Hidrocarburos no convencionales.
- Esto nos permite avizorar a largo plazo una visión optimista, en la medida que sepamos aprovecharlos.
- Latinoamérica en su conjunto dispone de importantes recursos para una matriz energética ambientalmente más amigable

## EL CASO DE ARGENTINA... recursos energéticos abundantes



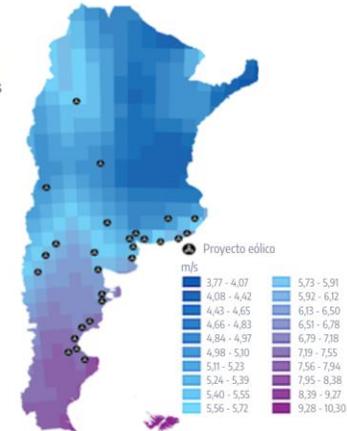
shale gas



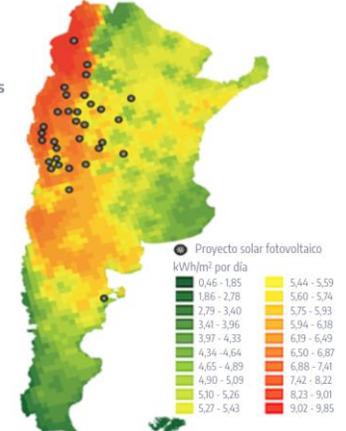
centrales hidráulicas

### Energía eólica y solar

Intensidad de vientos y distribución de proyectos

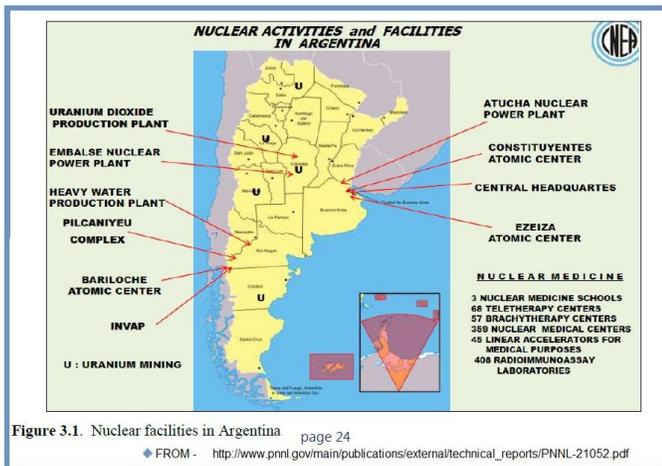


Radiación solar y distribución de proyectos

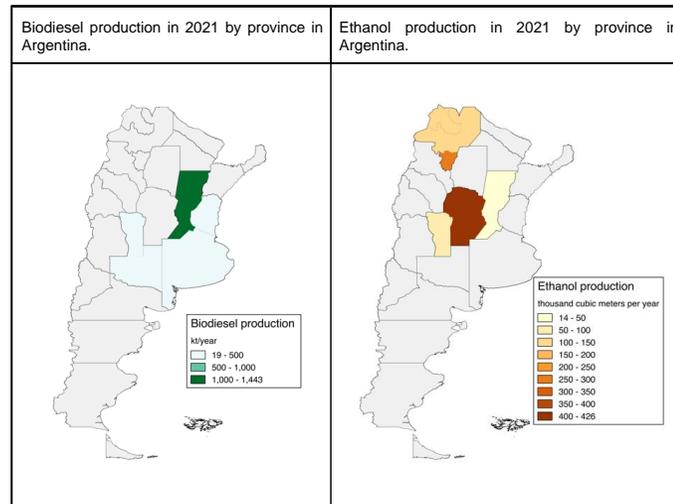


eólica

solar

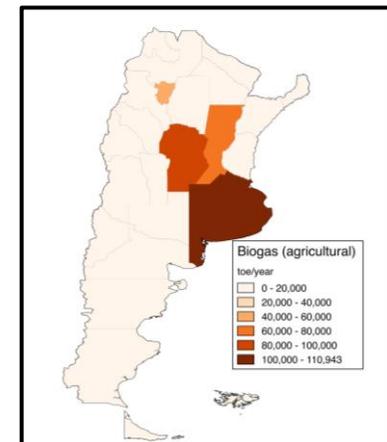


nuclear



biodiesel

bioetanol



bioqás

## EL GAS NATURAL SE POSICIONA COMO FACILITADOR DE LA TRANSICION ENERGETICA

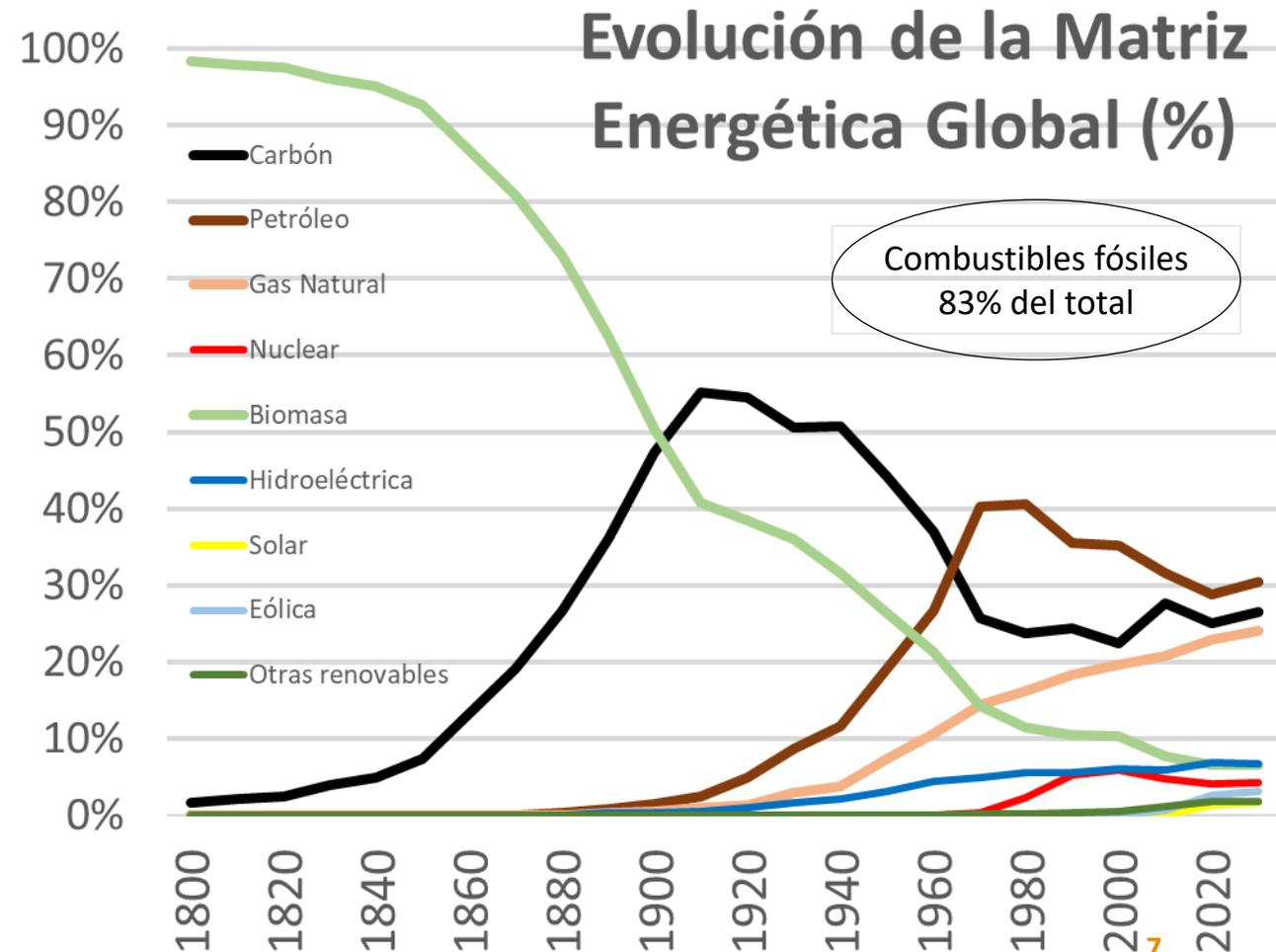
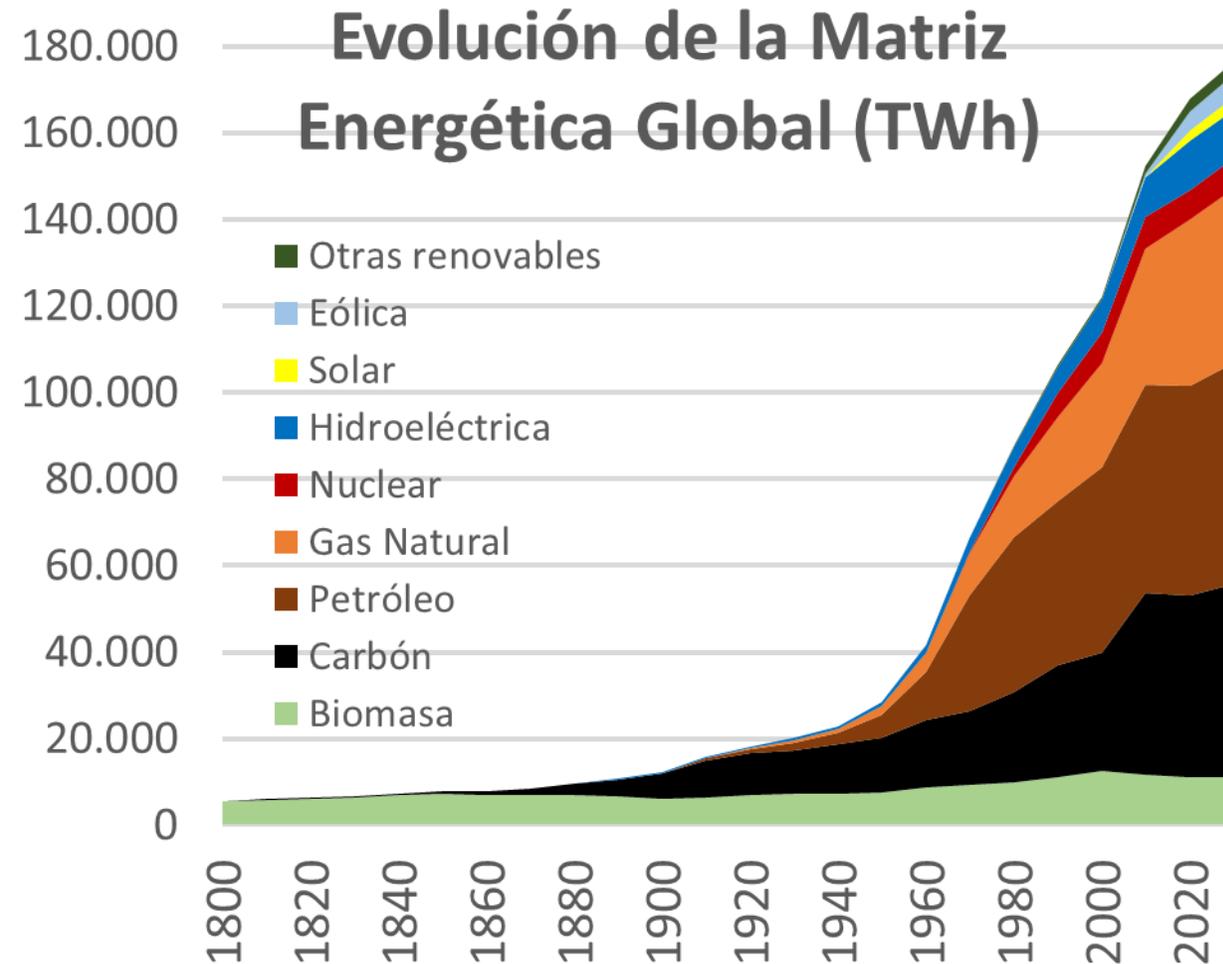
Se presenta como la fuente capaz de brindar:

- **SEGURIDAD ENERGÉTICA** (abundantes reservas, capacidad de almacenamiento, el más utilizado en el mundo para calefacción)
- **FLEXIBILIDAD** (alternativas de transporte y almacenamiento: ductos, comprimido en camiones, licuado en módulos o barcos, almacenamiento subterráneo)
- **ASEQUIBILIDAD** (en comparación con combustibles sintéticos o biocombustibles)
- **COMBUSTIBLE LIMPIO** (en comparación con el carbón, fuel oil y diesel)

# EL Gas Natural en la Matriz Energética Mundial

**El gas natural sigue creciendo y es el complemento ideal para el desarrollo de las energías renovables intermitentes.**

FUENTE: BP & OWID



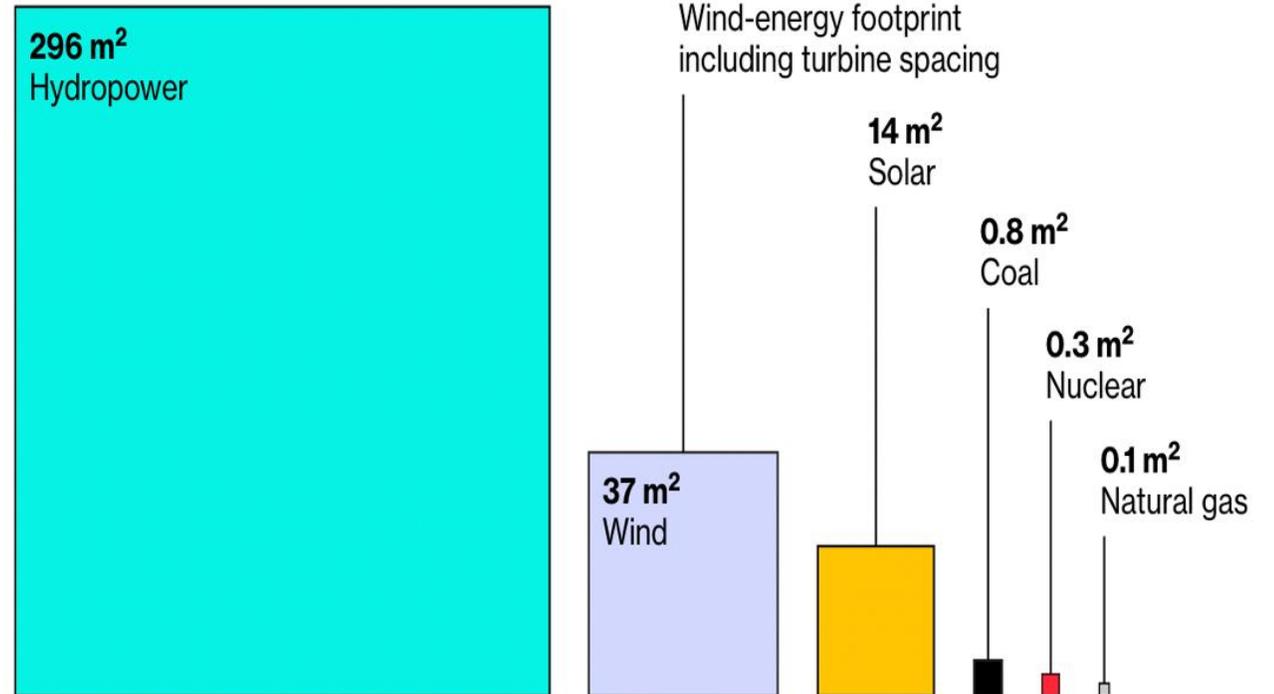
## CON LAS RENOVABLES NO ALCANZA...

Sin embargo, sabemos que con las renovables solamente NO alcanza...

- Intermittencia
- Dificultad para almacenar
- Grandes superficies requeridas para parques eólicos y solares

### Power Densities: Renewables Need More Space

Land area needed to power a flat-screen TV, by energy source



## Densidad Energética de Energéticos más Comunes

Fuente de Energía	Densidad gravimétrica (Wh/kg)	Densidad volumétrica (Wh/dm <sup>3</sup> )	Comentarios
<b>Gasolina</b>	~12.000	~8.800	Alta densidad, ampliamente usada en transporte
<b>Diésel</b>	~11.800	~9.800	Ligeramente más denso que la gasolina
<b>Gas natural (GNC)</b>	~13.000	~2.500–3.000	Alta energía por masa, pero bajo volumen en estado comprimido
<b>Gas natural licuado (GNL)</b>	~13.000	~6.000	Requiere -162 °C para licuarlo
<b>GLP (propano/butano)</b>	~12.800	~6.600	Usado en calefacción y vehículos
<b>Hidrógeno (gas)</b>	~33.000	~300	Extremadamente liviano, pero muy poco denso en volumen
<b>Hidrógeno (líquido)</b>	~33.000	~2.400	Requiere -253 °C; muy costoso de manejar
<b>Carbón (antracita)</b>	~7.500	—	Usado en generación eléctrica
<b>Etanol</b>	~8.000	~6.100	Menor densidad que gasolina
<b>Biodiésel</b>	~9.200	~8.000	Similar al diésel, pero renovable
<b>Ion de litio (Li-ion)</b>	150–250	250–600	Alta eficiencia (~90–95%), vida útil de 10–15 años

# LA ENERGIA ELECTRICA EN ARGENTINA

## El Sistema de Transmisión en 500 kV. Columna Vertebral del SADI

Sistema de Transporte	500 kV	345 kV	330 kV	220 kV	132 kV	66 kV	33kv	Total
Alta Tensión (*1)	14197			556	6			14759
Distribución troncal		201	1116	1112	17984	398	24	20835
Región Cuyo				641	673			1314
Región Comahue					1374			1374
Región Buenos Aires (*2)				177	5929	398		6504
Región NEA				30	2159		24	2213
Región NOA (*3)		201			5632			5833
Región Patagonia (*4)			1116	264	2217			3597

Notas: (\*1) 270,4 km corresponden a las líneas de Garabí, que es Transporte Internacional

(\*2) Hay seccionamientos de líneas por ingresos de nuevas EETT, pero no nuevos tramos

(\*3) Se incorpora un nuevo nivel de tensión en NOA con la entrada de Altiplano + adecuaciones de long. por EM San Martín + DT a Valle Viejo

(\*4) LAT's N. P. Madryn a Loma Blanca Este y a Chubut Norte

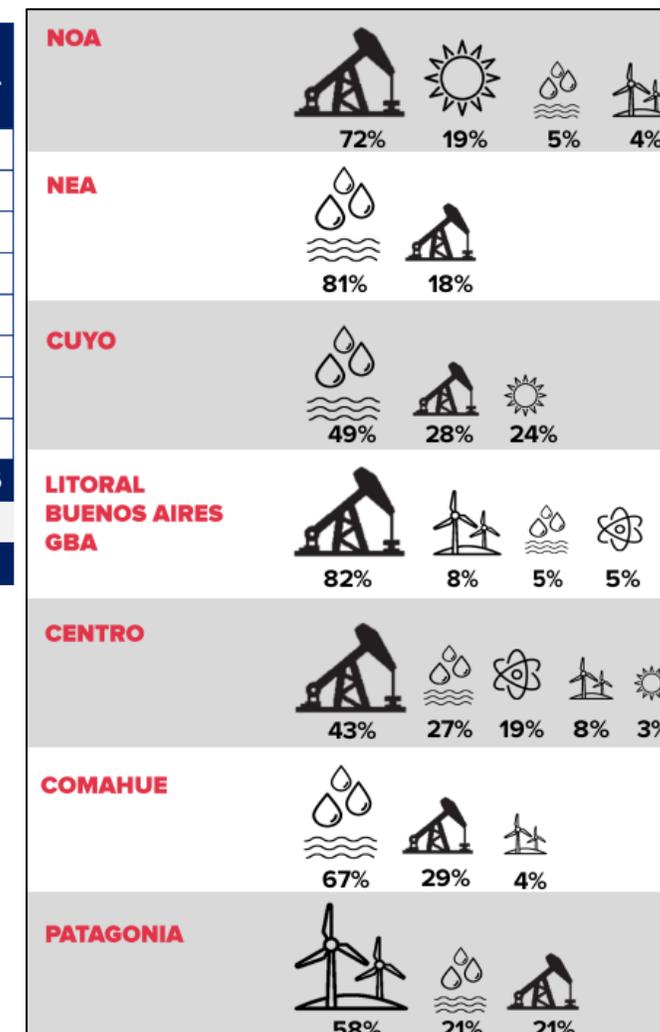


## Oferta en Agosto 2024 : Potencia Instalada por tecnología/Región (MW)

Fuente: Informe mensual Agosto 2024 de CAMMESA- <https://cammesaweb.cammesa.com/>

REGION	TV	TG	CC	DI	Térmico Total	Nuclear	Hidro > 50 MW	Solar	Eólica	Hidro <= 50 MW	Biomasa	Biogas	Renovable Total	TOTAL
CUYO	120	114	384	40	658	0	957	564	0	197	0	0	1 718	2 376
COM	0	501	1 490	64	2 055	0	4 725	7	253	44	0	2	5 031	7 086
NOA	261	699	1 945	318	3 223	0	101	838	194	119	2	3	1 256	4 478
CENTRO	0	676	721	40	1 437	648	802	118	278	117	1	24	1 339	3 424
GBA-LIT-BAS	3 400	2 691	9 967	813	16 871	1 107	945	0	1 646	0	0	53	2 644	20 621
NEA	0	0	0	284	284	0	1 550	16	0	0	71	0	1 637	1 920
PATA	0	286	301	0	587	0	560	0	1 656	47	0	0	2 263	2 850
U. Móviles	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>3 781</b>	<b>4 966</b>	<b>14 807</b>	<b>1 559</b>	<b>25 113</b>	<b>1 755</b>	<b>9 639</b>	<b>1 543</b>	<b>4 026</b>	<b>524</b>	<b>73</b>	<b>82</b>	<b>15 888</b>	<b>42 756</b>
% TÉRMICO	15%	20%	59%	6%	100%									
<b>% TOTAL</b>					<b>59%</b>	<b>4%</b>							<b>37%</b>	<b>100%</b>

Fuente	Tecnología	Participación	
Térmica	DI	1.1%	54.5%
	CC	48.5%	
	TG	3.3%	
	TV	1.6%	
Nuclear	NUC	6.2%	6.2%
Renovable	EOL	11.0%	39.3%
	SOL	2.3%	
	BIOM	0.7%	
	BIOG	0.4%	
	HI<50MW	0.8%	
	HI>50 MW	24.1%	



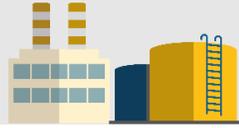
# Estructura General del MEM

Energía '21

## OFERTA

63%

GENERADORES TÉRMICOS



7%

GENERADORES NUCLEAR



17%

EMBALSES –  
CENTRALES HIDROELÉCTRICAS



12%

RENOVABLES



1%

IMPORTACIÓN



Potencia  
Instalada dic 21

25.398 MW

1.755 MW

11.345 MW

4491 MW

Total Inst  
42989 MW

## Sector Eléctrico Argentino

### TRANSPORTE

Energía '21

80%

17%

3%

## DEMANDA

DISTRIBUIDORES



GRANDES USUARIOS



EXPORTACIÓN

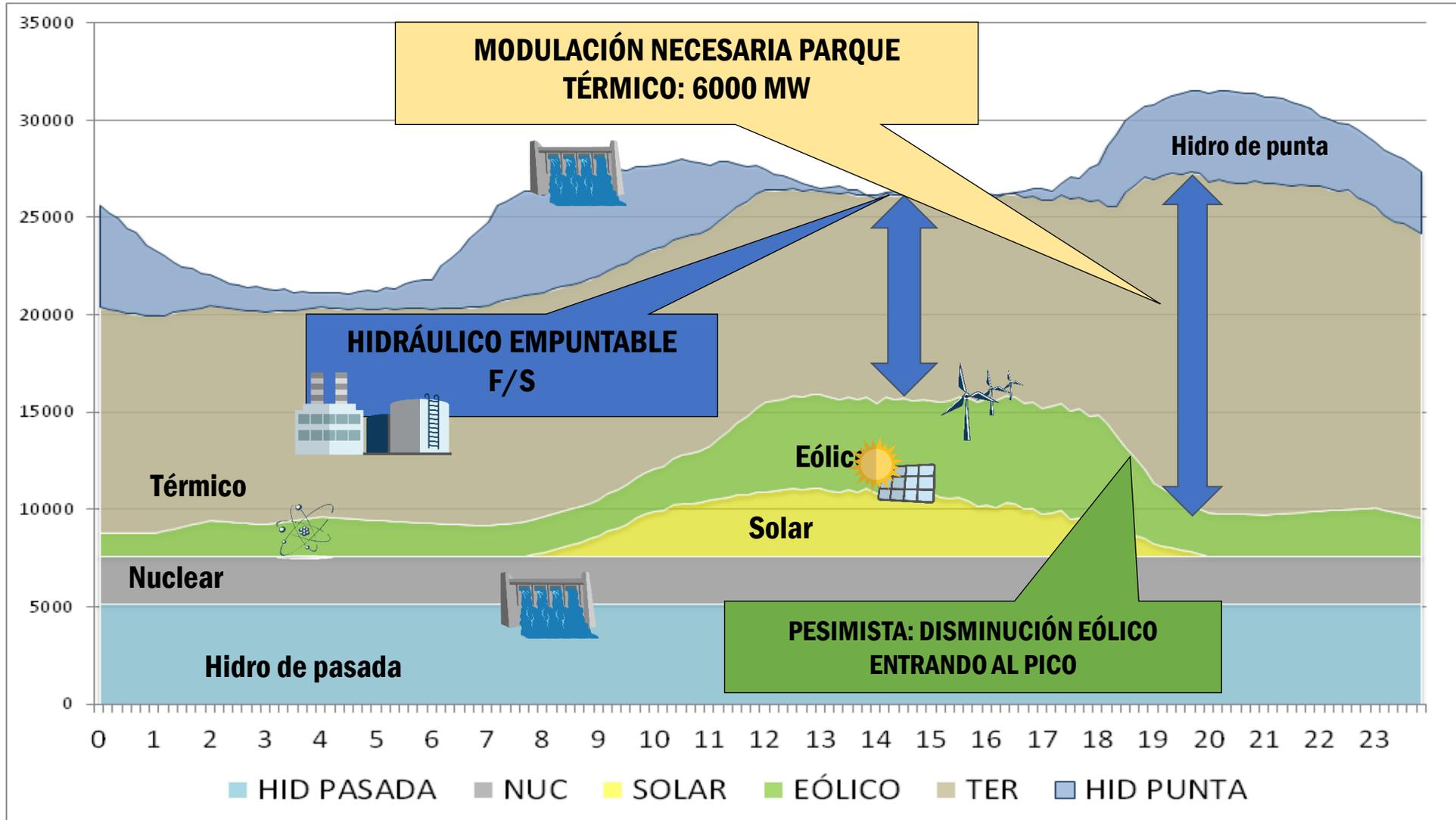


**POT MAX PICO**  
**27800 MW**

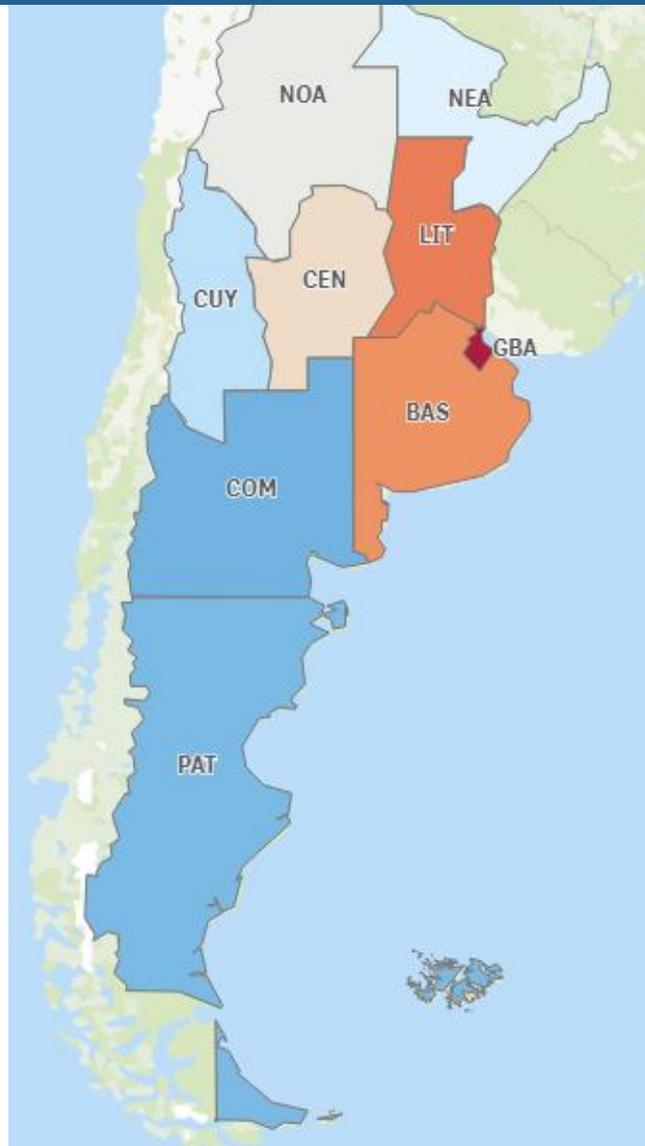
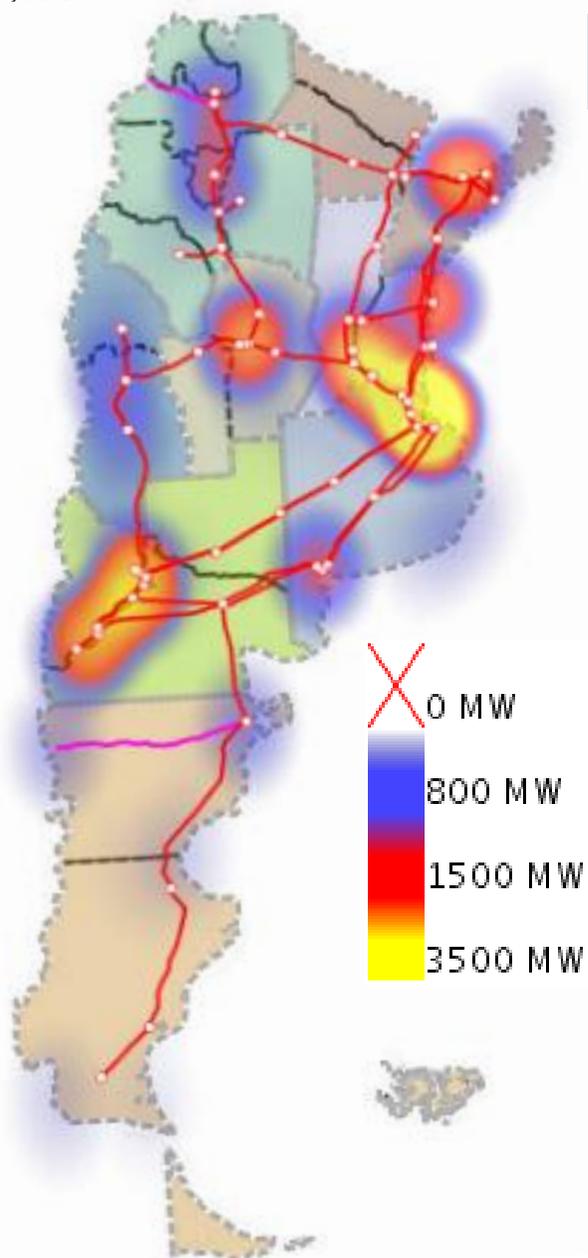
	Transmisión		Transformación	
	km LAT		MVA trafos	
Alta Tensión	500 kV	14.758	500/132 kV	28.440
Distribución Troncal	330 - 220 - 132 kV	20.296	132/33 kV	17.128

# Como se abastece la Demanda

Hipótesis de Despacho día hábil de invierno 2026 con 10.000 MW de renovables instalados



## UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y DENSIDAD



	Unidades	ENE-DIC 2020	% PARTICIPACIÓN
<b>DEMANDA TOTAL</b>	<b>GWh</b>	<b>127 306</b>	<b>100.0%</b>
GRAN BS.AS.	GWh	48 386	38.0%
LITORAL	GWh	15 345	12.1%
BUENOS AIRES	GWh	14 474	11.4%
CENTRO	GWh	11 086	8.7%
NOROESTE	GWh	10 433	8.2%
NORESTE	GWh	9 605	7.5%
CUYO	GWh	7 948	6.2%
PATAGONICA	GWh	5 213	4.1%
COMAHUE	GWh	4 817	3.8%

## Rendimientos típicos para producir energía eléctrica de las tecnologías

Tipo de Centrales		Rendimientos	Consumo Específico
			kcal/kwh
Turbovapor	desde	30%	2868
	hasta	39%	2206
Turbinas de gas	desde	20%	4302
	hasta	39%	2206
Ciclos Combinados	desde	50%	1721
	hasta	60%	1434
Cogeneraciones	desde	45%	1912
	hasta	85%	1012
Motogeneradores	desde	30%	2868
	hasta	45%	1912
Geotérmicas	desde	15%	5736
	hasta	20%	4302

Tipo de Centrales		Rendimientos
Hidraulicas	desde	65%
	hasta	90%
Termosolar	desde	25%
	hasta	31%
Fotovoltaica	desde	10%
	hasta	22%
Eolica	desde	40%
	hasta	50%

Limite de Betz = 59,26%

## Principales restricciones en la red eléctrica argentina

- ✓ Capacidad de transporte insuficiente en troncales de 500 kV. Las líneas de 500 kV están bien desarrolladas entre el Litoral y el AMBA, pero: NOA, NEA, Cuyo y Patagonia tienen poca infraestructura de transporte de alta tensión. Esto limita la evacuación de energía renovable (solar, eólica) en provincias como San Juan, La Rioja, Neuquén, Río Negro, Chubut y Jujuy.
- ✓ Desconexión de nodos con potencial renovable. Zonas con gran generación renovable (como el viento en la Patagonia o el sol en Cuyo y NOA) no pueden inyectar plenamente a la red porque no hay líneas de alta tensión disponibles. Se producen vertimientos de energía renovable.
- ✓ Congestión en transformadores de paso 500/132 kV En varios nodos (como ET El Rodeo, ET Malvinas, ET Rosario Oeste), los transformadores están al límite de carga. Esto impide ampliar la distribución local, aunque haya energía disponible en la red troncal.
- ✓ Falta de redundancia y anillos cerrados. Muchas zonas dependen de una única línea o transformador, lo que: Aumenta el riesgo de cortes masivos ante una falla. Limita la flexibilidad operativa del despacho.
- ✓ Picos de demanda en AMBA superan capacidad local. El Área Metropolitana de Buenos Aires concentra ~40% de la demanda del país. Si bien está conectada a las grandes represas y centrales térmicas, la infraestructura urbana y periurbana está saturada.

# EL GAS NATURAL EN ARGENTINA

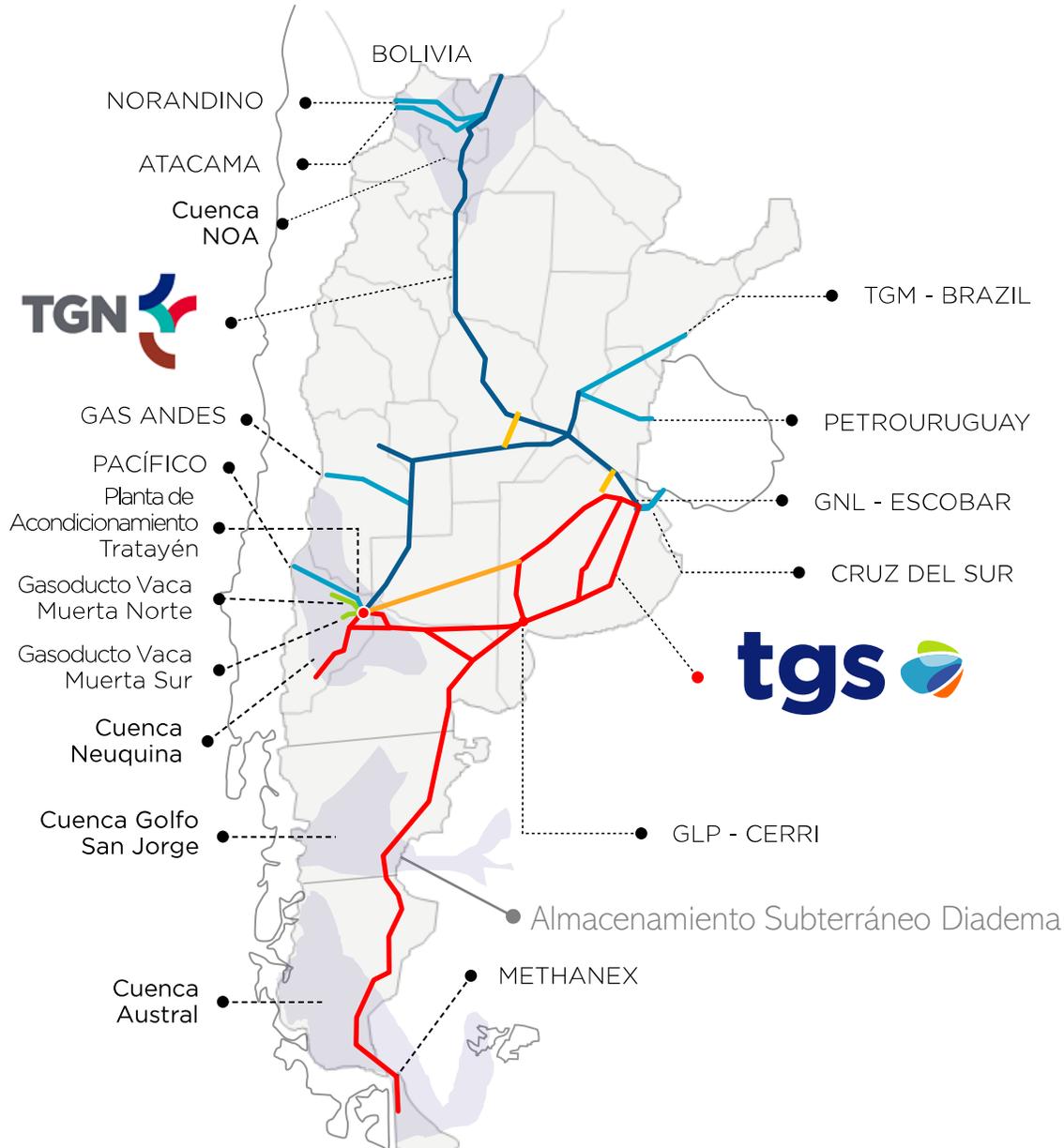
# Alternativas de movilización del Gas Natural



- Camión cisterna de GNC: 4.500 a 9.000 m<sup>3</sup><sub>s</sub> (44 a 88 MWh)
- Camiones cisterna de GNL: 18 a 55 m<sup>3</sup><sub>l</sub> (104 a 317 MWh)
- Barcazas: 1.300 a 7.200 m<sup>3</sup><sub>l</sub> (7,5 a 41,5 GWh)
- Buques: 30.000 m<sup>3</sup> a 260.000 m<sup>3</sup><sub>l</sub> (173 a 1500 GWh)
- Gasoductos: 10.000 m<sup>3</sup><sub>s</sub>/d a 150 MMm<sup>3</sup><sub>s</sub>/d (0,98 a 1500 GWh)

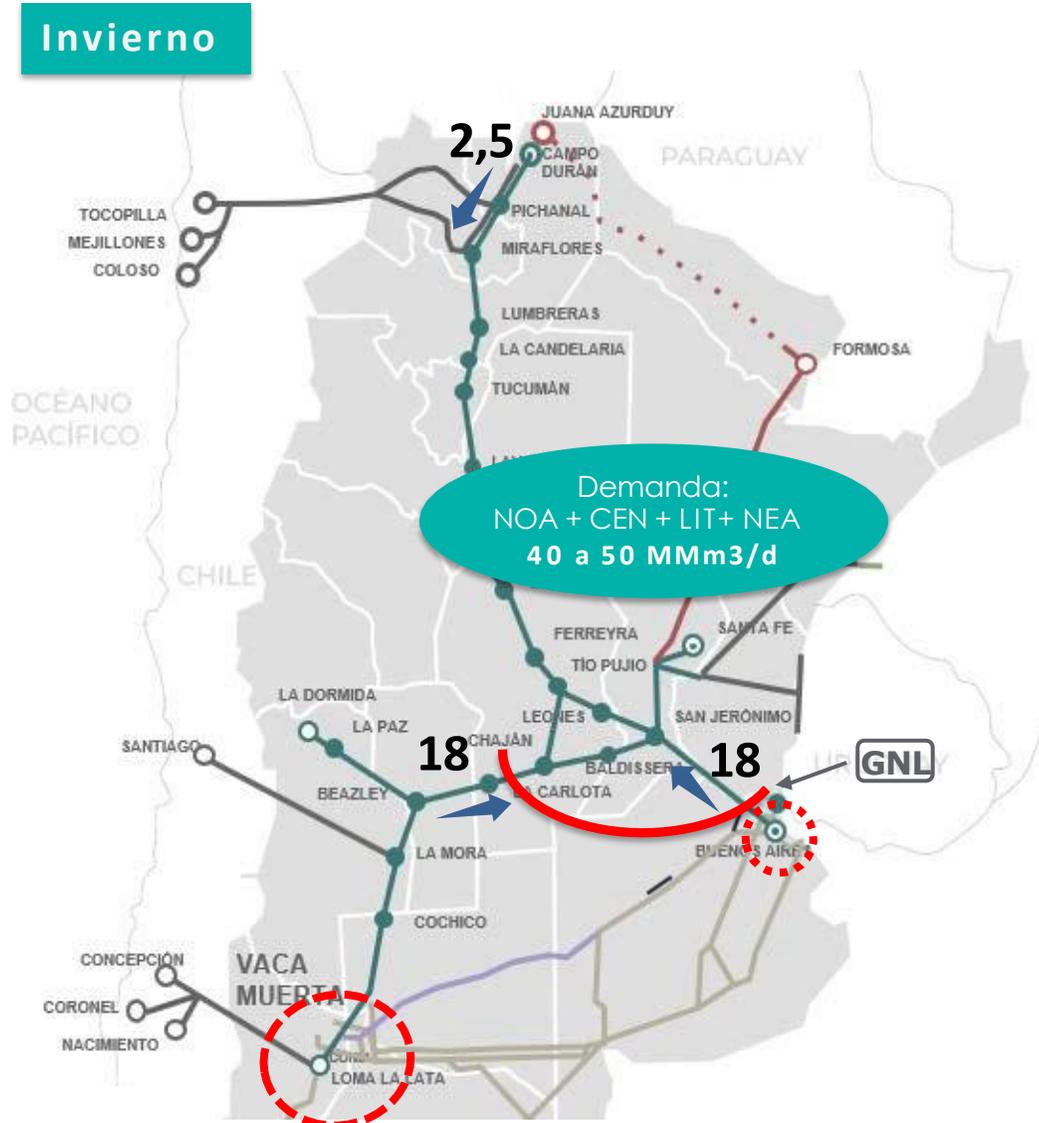


# Infraestructura de Transporte de Gas Natural

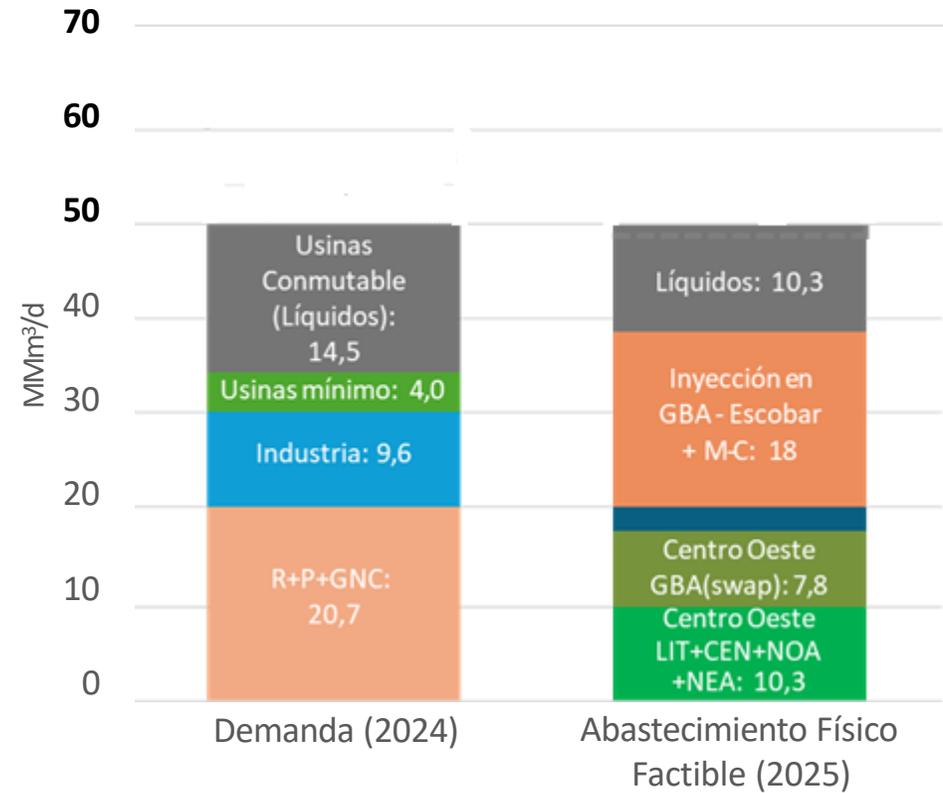


- Capacidad Nominal TGN 63 MMm<sup>3</sup>/d y TGS 87 MMm<sup>3</sup>/d
- GPM con posibilidades de evacuar 21 MMm<sup>3</sup>/d. @9.300 Kcal/m<sup>3</sup>.
- Capacidad de evacuación cuenca Neuquina (NI, NII, GPM) saturada en *invierno 2024*.
- Capacidad de transporte ociosa en Gasoducto San Martín de alrededor de 10 MMm<sup>3</sup>/d *hasta zona BB*.
- Capacidad revertida Gto. Norte 15 MMm<sup>3</sup>/d vs 25 MMm<sup>3</sup>/d original Norte-Sur
- Transferencias a TGN en Anillo GBA con potencial de transferir hasta 7 MMm<sup>3</sup>/d en función del consumo de la zona.
- Gasoducto Mercedes - Cardales con posibilidades de transferir hasta 15 MMm<sup>3</sup>/d.

# Puntos de saturación del sistema



**Abastecimiento Centro + Litoral + NOA + NEA  
 Semana Promedio Pico**



# EL ALMACENAMIENTO DE ENERGIA

# El Almacenamiento de Energía

- La necesidad de mantener el equilibrio entre oferta y demanda de manera permanente requiere gestión operativa y automatismos de control.
- Para el sistema energético los almacenamientos se relacionan con la acumulación de energía para ser utilizada cuando la demanda la requiere => embalses de acumulación estacional, semanal y diario (permiten transferir energía de un período a otro); centrales de bombeo; stock de combustibles en centrales y depósitos
- Las baterías y las celdas de hidrógeno representan la posibilidad de prestar un servicio de continuidad y optimización de inversiones, pero su viabilidad económica todavía no es de nivel Sistema.
- Permite aportar regulación de frecuencia por pocos minutos, combinarse con generación local o de la red para mejorar el abastecimiento y el uso de redes.

## La gran batería Argentina, desde 1986



Complejo Hidroeléctrico Rio Grande. Central en Caverna de Acumulación y Bombeo . E/S 1986. Potencia Instalada 750 MW. Departameto Calamuchita. Cordoba.

El complejo cuenta con 2 embalses, el superior denominado Cerro Pelado y el inferior, Arroyo Corto, situado a 12 km aguas abajo del primero. El desnivel entre ambos es de 185 m. Capacidad de Generación anual 970 GWh



# Victorian Big Battery (Australia)



La Gran Batería Victorian es un almacenamiento de baterías a escala de red de **300 MW** en Geelong, Australia, que almacena suficiente energía como reserva para el **abastecimiento durante 1 ½ horas**.

La batería de 300 MW de potencia / 450 MWh energía almacenada, consta de 210 megapaquetes Tesla, que cubren un área equivalente al estadio de fútbol del GMHBA de Geelong.

# Moss Landing Energy Storage Facility (California)



El sistema de baterías de litio más grande en California es la Moss Landing Energy Storage Facility, ubicada en Monterey Bay. Posee una capacidad de **750 MW de potencia y 3 000 MWh de energía** almacenada, tras su expansión completada en agosto de 2023. Ocupa parte del sitio de una antigua planta térmica  
Puede suministrar energía durante aproximadamente **4 horas, a plena carga** (puede inyectar 750 megavatios durante 4 hs.

## Los sistemas BESS. (Battery Energy Storage Systems)

### Características principales

- Un sistema BESS se compone de un sistema de rectificación controlado con el cual se carga las baterías, y un sistema de ondulación a frecuencia industrial, con lo cual se alimenta el sistema eléctrico a partir de la energía almacenada en las baterías.
- Su costo sigue siendo muy elevado. Actualmente dependiendo de la escala del proyecto y tecnología empleado, le agregan entre 300 y 500 usd/Mwh al costo de la energía utilizada para cargar las baterías.
- Las baterías tiene un rendimiento de entre 70 y 85 %, es decir que se requiere mas energía para cargar, que la que podrá utilizarse en el proceso de descarga.
- Las perdidas del proceso BESS, están entre 1 y 2 %
- Las baterías se degradan en su capacidad de almacenamiento alrededor de 1% por año transcurrido en operación. Esto varía según los ciclos de carga anuales.
- Construcción posible en corto tiempo: 12 meses
- Costo muy bajo de operación y mantenimiento.

# Almacenamiento de Gas Natural



- Isocontenedores de GNL: 30 m<sup>3</sup><sub>l</sub> (172 MWh)
- Planta GNL Gral Rodriguez: 45.000 m<sup>3</sup><sub>l</sub> (260 GWh)
- Planta Flotante GNL Escobar: 138.000 m<sup>3</sup><sub>l</sub> (795 GWh)
- Almacenamiento sobre superficie: 50.000 a 160.000 m<sup>3</sup><sub>l</sub> (288 a 920 GWh)
- Almacenamiento bajo superficie: 150.000 a 200.000 m<sup>3</sup><sub>l</sub> (865 a 1150 GWh)
- Almacenamiento Subterráneo Diadema: 140 MMm<sup>3</sup><sub>s</sub> (1370 GWh)

