

***Un sistema eléctrico
confiable, de menor
costo y descarbonizado
para Colombia***

Ramón Méndez

**Ex – Secretario de Energía de Uruguay (2008 – 2015)
Director Ejecutivo, Fundación Ivy**





Uruguay hace 15 años



Uruguay hace 15 años

- Sistema eléctrico hidro – térmico
 - Demanda media: 1,5 GW
 - Hidro: 1545 MW



Uruguay hace 15 años

- Sistema eléctrico hidro – térmico
 - Demanda media: 1,5 GW
 - Hidro: 1545 MW
 - con embalse de más de 15 días: 590 MW
 - con embalse de menos de 15 días: 945 MW



Uruguay hace 15 años

- Sistema eléctrico hidro – térmico
 - Demanda media: 1,5 GW
 - Hidro: 1545 MW
 - con embalse de más de 15 días: 590 MW
 - con embalse de menos de 15 días: 945 MW
- Fortísima variabilidad hidrológica (El Niño / La Niña)
 - Hasta 50% de electricidad térmica



Uruguay hace 15 años

- Sistema eléctrico hidro – térmico
 - Demanda media: 1,5 GW
 - Hidro: 1545 MW
 - con embalse de más de 15 días: 590 MW
 - con embalse de menos de 15 días: 945 MW
- Fortísima variabilidad hidrológica (El Niño / La Niña)
 - Hasta 50% de electricidad térmica
- Retraso de inversiones
(diseño regulatorio/mercado inconveniente)



Uruguay hace 15 años

- Sistema eléctrico hidro – térmico
 - Demanda media: 1,5 GW
 - Hidro: 1545 MW
 - con embalse de más de 15 días: 590 MW
 - con embalse de menos de 15 días: 945 MW
- Fortísima variabilidad hidrológica (El Niño / La Niña)
 - Hasta 50% de electricidad térmica
- Retraso de inversiones
(diseño regulatorio/mercado inconveniente)
- Falta de energía
- Costo altos y crecientes
- Creciente dependencia de fósiles importados



Uruguay hace 15 años

- Sistema eléctrico hidro – térmico
 - Demanda media: 1,5 GW
 - Hidro: 1545 MW
 - con embalse de más de 15 días: 590 MW
 - con embalse de menos de 15 días: 945 MW
- Fortísima variabilidad hidrológica (El Niño / La Niña)
 - Hasta 50% de electricidad térmica
- Retraso de inversiones
(diseño regulatorio/mercado inconveniente)
- Falta de energía
- Costo altos y crecientes
- Creciente dependencia de fósiles importados

**¿Colombia
hoy?**



Uruguay hace 15 años

- Sistema eléctrico hidro – térmico 
 - Demanda media: 1,5 GW
 - Hidro: 1545 MW
 - con embalse de más de 15 días: 590 MW
 - con embalse de menos de 15 días: 945 MW
- Fortísima variabilidad hidrológica (El Niño / La Niña)
 - Hasta 50% de electricidad térmica
- Retraso de inversiones
(diseño regulatorio/mercado inconveniente)
- Falta de energía
- Costo altos y crecientes
- Creciente dependencia de fósiles importados

**¿Colombia
hoy?**



Uruguay hace 15 años

- Sistema eléctrico hidro – térmico
 - Demanda media: 1,5 GW
 - Hidro: 1545 MW
 - con embalse de más de 15 días: 590 MW
 - con embalse de menos de 15 días: 945 MW
- Fortísima variabilidad hidrológica (El Niño / La Niña)
 - Hasta 50% de electricidad térmica
- Retraso de inversiones
(diseño regulatorio/mercado inconveniente)
- Falta de energía
- Costo altos y crecientes
- Creciente dependencia de fósiles importados



**¿Colombia
hoy?**



Uruguay hace 15 años

- Sistema eléctrico hidro – térmico
 - Demanda media: 1,5 GW
 - Hidro: 1545 MW
 - con embalse de más de 15 días: 590 MW
 - con embalse de menos de 15 días: 945 MW
- Fortísima variabilidad hidrológica (El Niño / La Niña)
 - Hasta 50% de electricidad térmica
- Retraso de inversiones
(diseño regulatorio/mercado inconveniente)
- Falta de energía
- Costo altos y crecientes
- Creciente dependencia de fósiles importados

**¿Colombia
hoy?**



Uruguay hace 15 años

- Sistema eléctrico hidro – térmico
 - Demanda media: 1,5 GW
 - Hidro: 1545 MW
 - con embalse de más de 15 días: 590 MW
 - con embalse de menos de 15 días: 945 MW
- Fortísima variabilidad hidrológica (El Niño / La Niña)
 - Hasta 50% de electricidad térmica
- Retraso de inversiones
(diseño regulatorio/mercado inconveniente)
- Falta de energía
- Costo altos y crecientes
- Creciente dependencia de fósiles importados

**¿Colombia
hoy?**



Uruguay hace 15 años

- Sistema eléctrico hidro – térmico
 - Demanda media: 1,5 GW
 - Hidro: 1545 MW
 - con embalse de más de 15 días: 590 MW
 - con embalse de menos de 15 días: 945 MW
- Fortísima variabilidad hidrológica (El Niño / La Niña)
 - Hasta 50% de electricidad térmica
- Retraso de inversiones
(diseño regulatorio/mercado inconveniente)
- Falta de energía
- Costo altos y crecientes
- Creciente dependencia de fósiles importados

**¿Colombia
hoy?**



Uruguay hace 15 años

- Sistema eléctrico hidro – térmico
 - Demanda media: 1,5 GW
 - Hidro: 1545 MW
 - con embalse de más de 15 días: 590 MW
 - con embalse de menos de 15 días: 945 MW
- Fortísima variabilidad hidrológica (El Niño / La Niña)
 - Hasta 50% de electricidad térmica
- Retraso de inversiones
(diseño regulatorio/mercado inconveniente)
- Falta de energía
- Costo altos y crecientes
- Creciente dependencia de fósiles importados

**¿Colombia
hoy?**



Uruguay hace 15 años

- Sistema eléctrico hidro – térmico
 - Demanda media: 1,5 GW
 - Hidro: 1545 MW
 - con embalse de más de 15 días: 590 MW
 - con embalse de menos de 15 días: 945 MW
- Fortísima variabilidad hidrológica (El Niño / La Niña)
 - Hasta 50% de electricidad térmica
- Retraso de inversiones
(diseño regulatorio/mercado inconveniente)
- Falta de energía
- Costo altos y crecientes
- Creciente dependencia de fósiles importados

**¿Colombia
hoy?**



Uruguay hace 15 años

- Sistema eléctrico hidro – térmico
 - Demanda media: 1,5 GW
 - Hidro: 1545 MW
 - con embalse de más de 15 días: 590 MW
 - con embalse de menos de 15 días: 945 MW
- Fortísima variabilidad hidrológica (El Niño / La Niña)
 - Hasta 50% de electricidad térmica
- Retraso de inversiones
(diseño regulatorio/mercado inconveniente)
- Falta de energía
- Costo altos y crecientes
- Creciente dependencia de fósiles importados



Uruguay hace 15 años

- Sistema eléctrico hidro – térmico
 - Demanda media: 1,5 GW
 - Hidro: 1545 MW
 - con embalse de más capacidad
 - con embalse de menor capacidad
- Fortísima variabilidad hidrológica
 - Hasta 50% de electricidad
- Retraso de inversiones
(diseño regulatorio/mercado)
- Falta de energía
- Costo altos y crecientes
- Creciente dependencia de fósil

TORMENTA PERFECTA



Profunda transformación sistémica

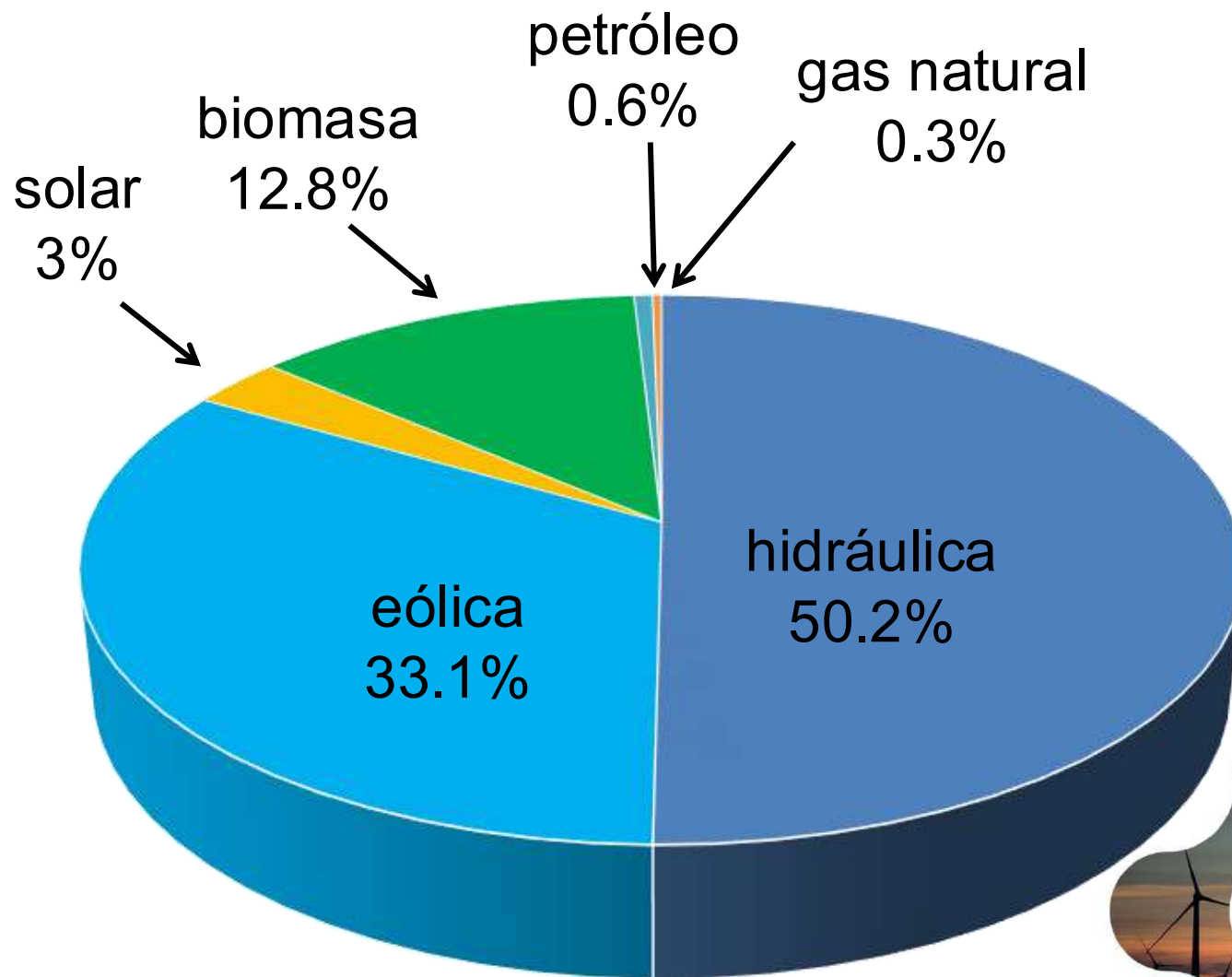


Profunda transformación sistémica

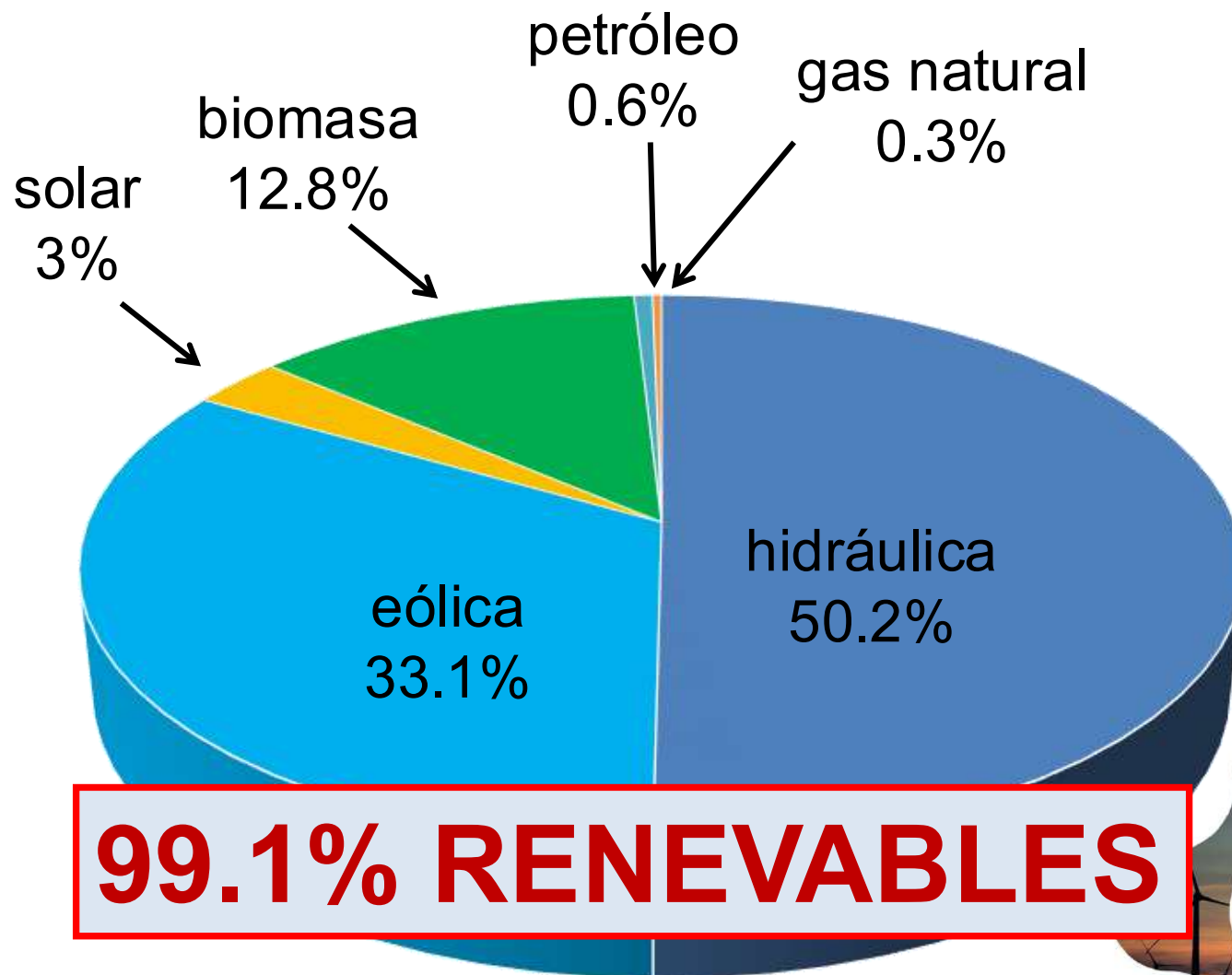
¿Dónde estamos hoy?



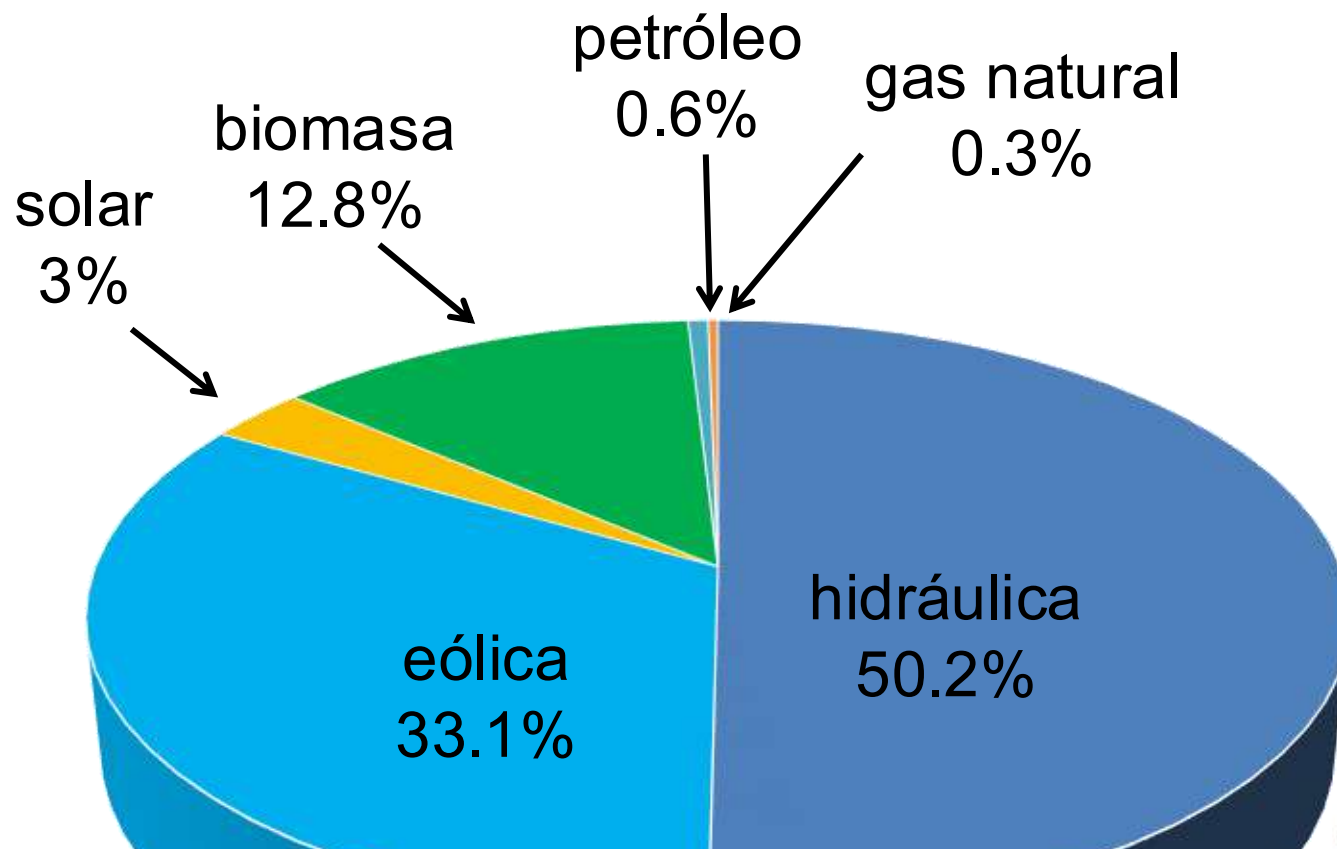
Matriz eléctrica Uruguay 2024



Matriz eléctrica Uruguay 2024



Matriz eléctrica Uruguay 2024

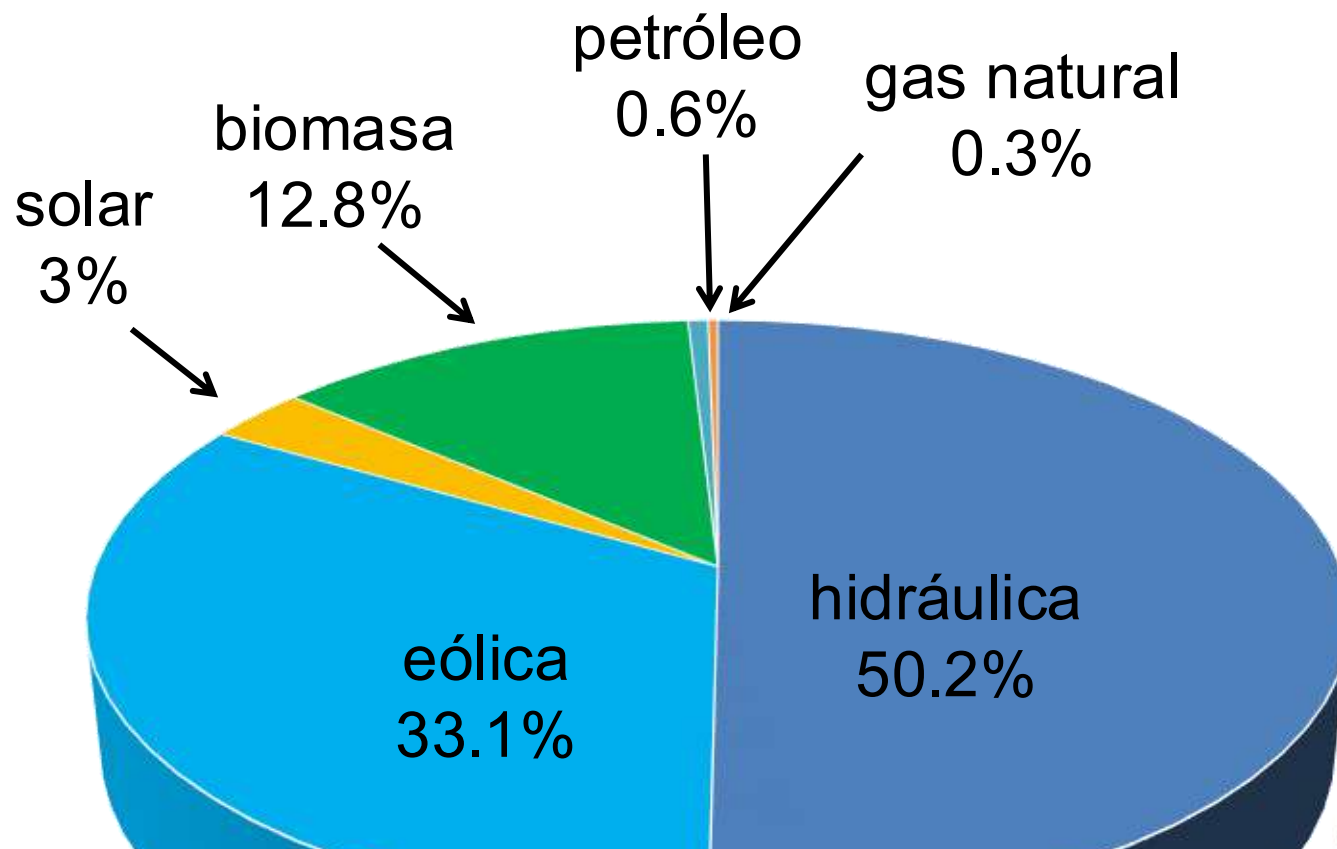


99.1% RENEVABLES

SIN BATERÍAS

Matriz eléctrica Uruguay 2024

- Reducción a la mitad del costo
(180 pesos colombianos / kWh)

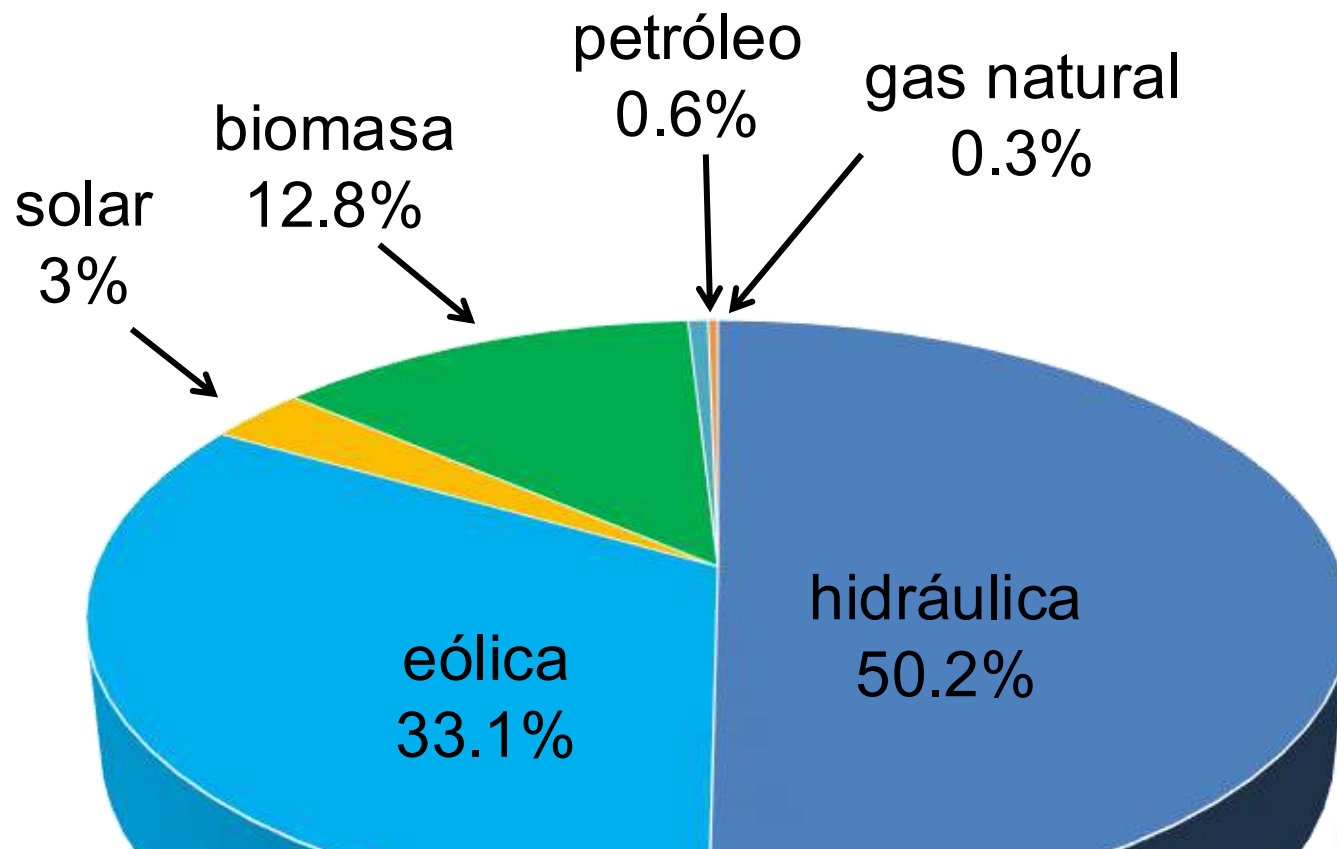


99.1% RENEVABLES

SIN BATERÍAS

Matriz eléctrica Uruguay 2024

- Reducción a la mitad del costo (180 pesos colombianos / kWh)
- Estabilización de costos

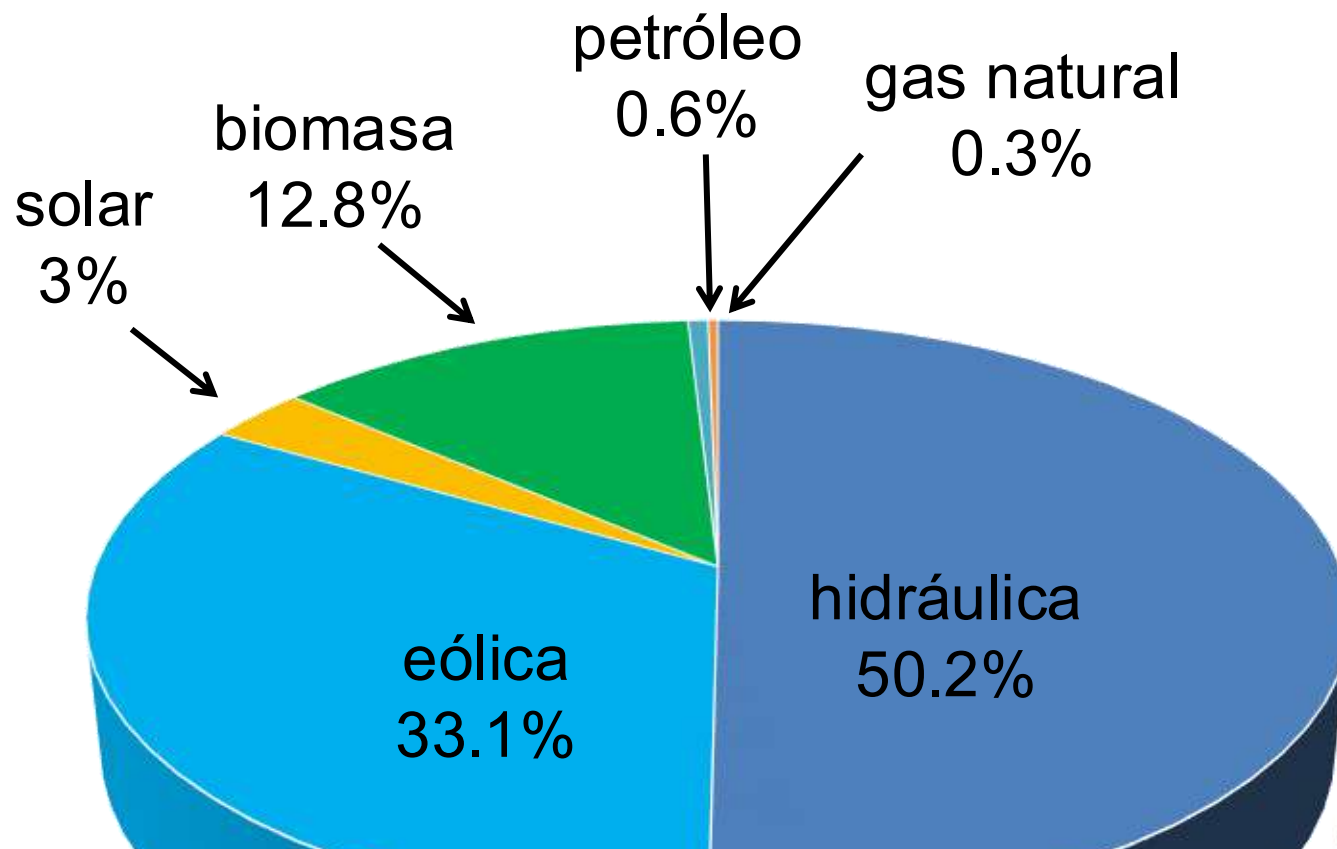


99.1% RENEVABLES

SIN BATERÍAS

Matriz eléctrica Uruguay 2024

- Reducción a la mitad del costo (180 pesos colombianos / kWh)
- Estabilización de costos
- 6000 millones USD de inversión (12% del PIB del país)

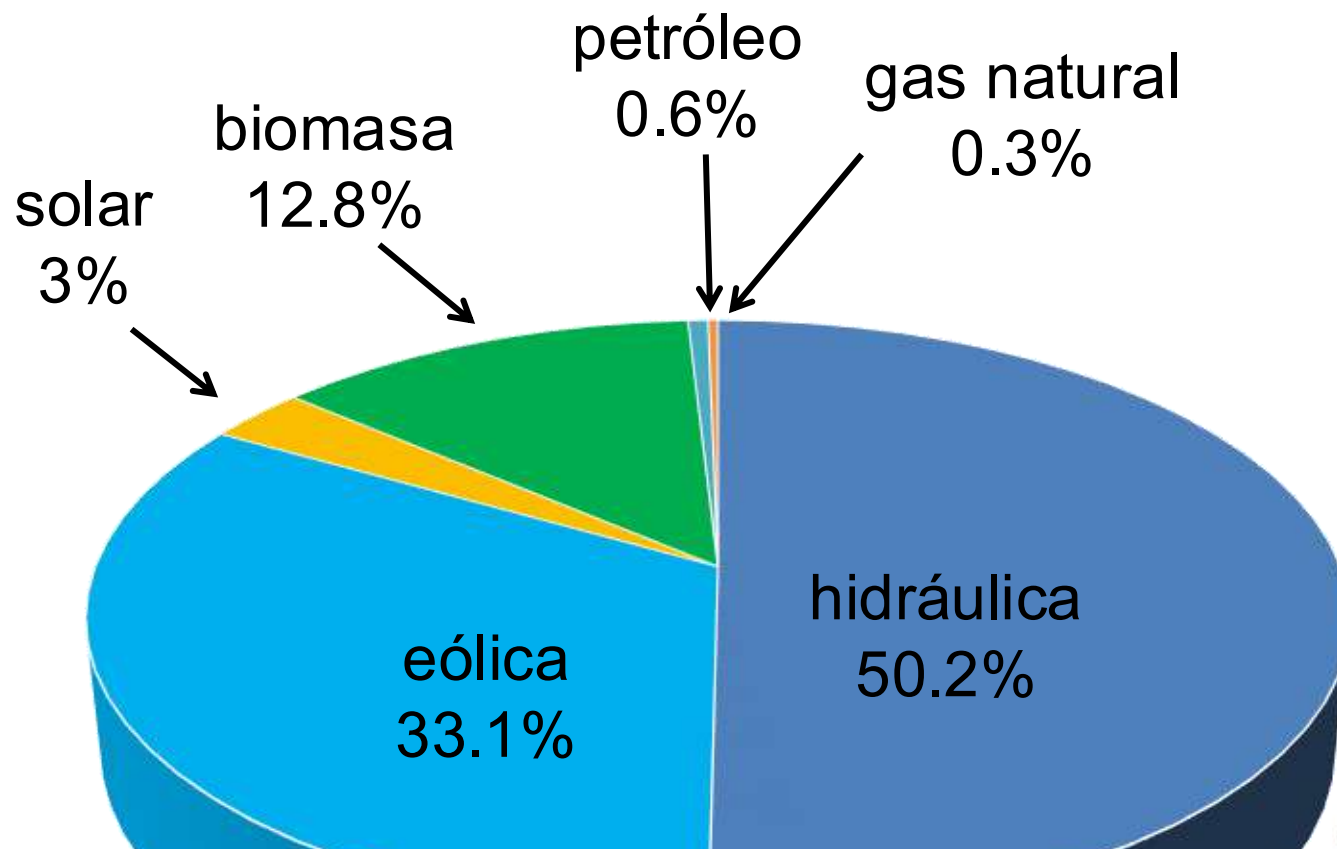


99.1% RENEVABLES

SIN BATERÍAS

Matriz eléctrica Uruguay 2024

- Reducción a la mitad del costo (180 pesos colombianos / kWh)
- Estabilización de costos
- 6000 millones USD de inversión (12% del PIB del país)
- 50000 puestos de trabajo (3% fuerza laboral del país)

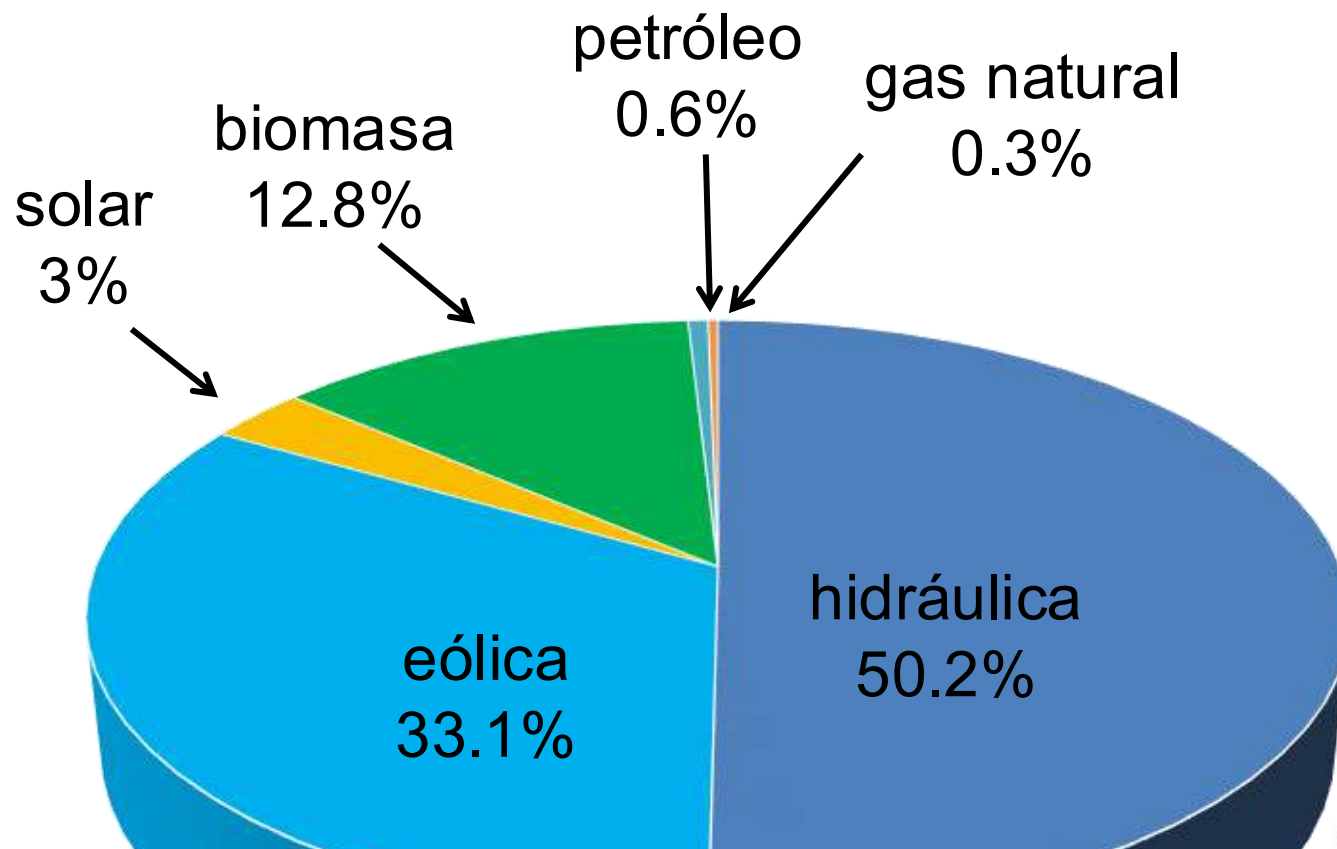


99.1% RENEVABLES

SIN BATERÍAS

Matriz eléctrica Uruguay 2024

- Reducción a la mitad del costo (180 pesos colombianos / kWh)
- Estabilización de costos
- 6000 millones USD de inversión (12% del PIB del país)
- 50000 puestos de trabajo (3% fuerza laboral del país)
- Exportación excedentes (hasta 1% del PIB del país)

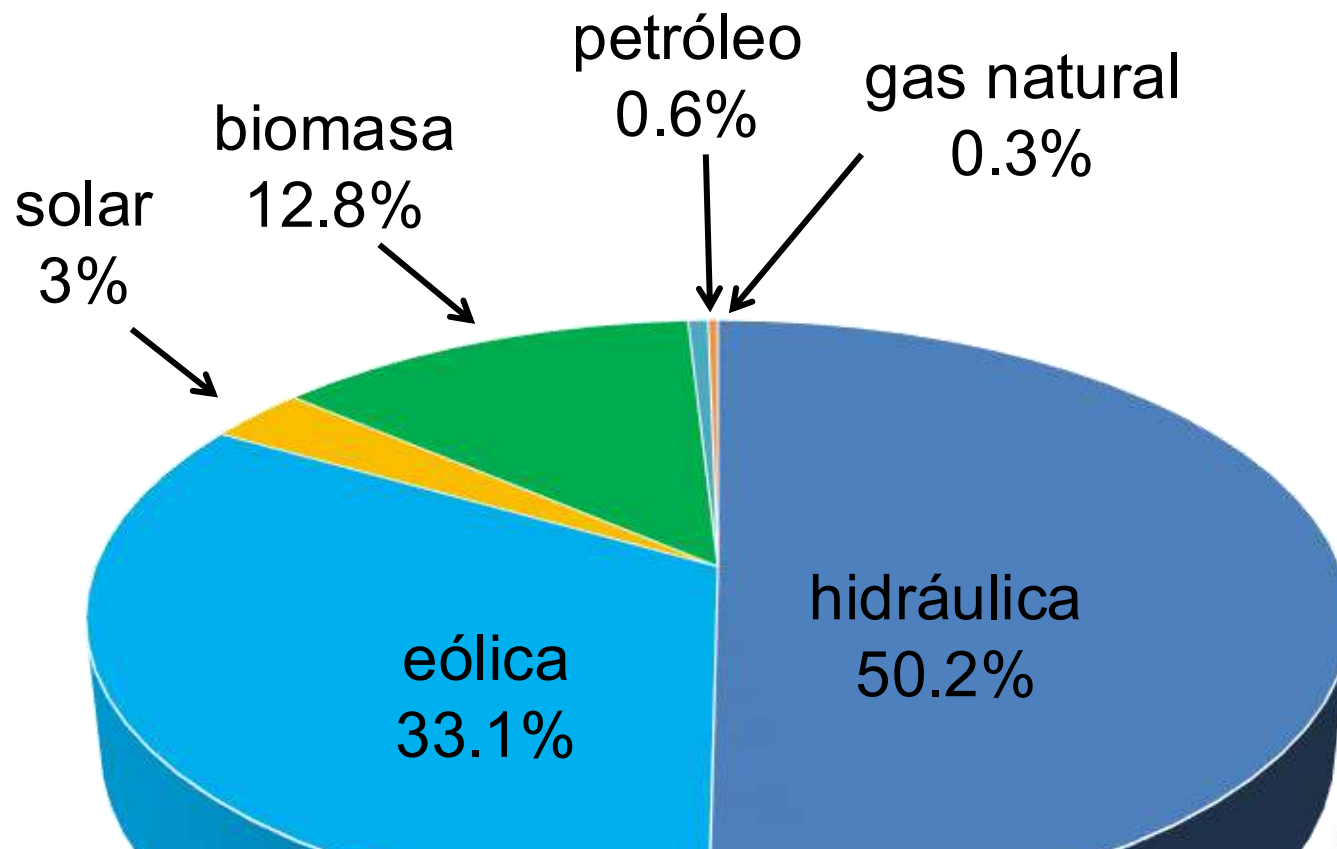


99.1% RENEVABLES

SIN BATERÍAS

Matriz eléctrica Uruguay 2024

- Reducción a la mitad del costo (180 pesos colombianos / kWh)
- Estabilización de costos
- 6000 millones USD de inversión (12% del PIB del país)
- 50000 puestos de trabajo (3% fuerza laboral del país)
- Exportación excedentes (hasta 1% del PIB del país)
- 99,9% de hogares electrificados

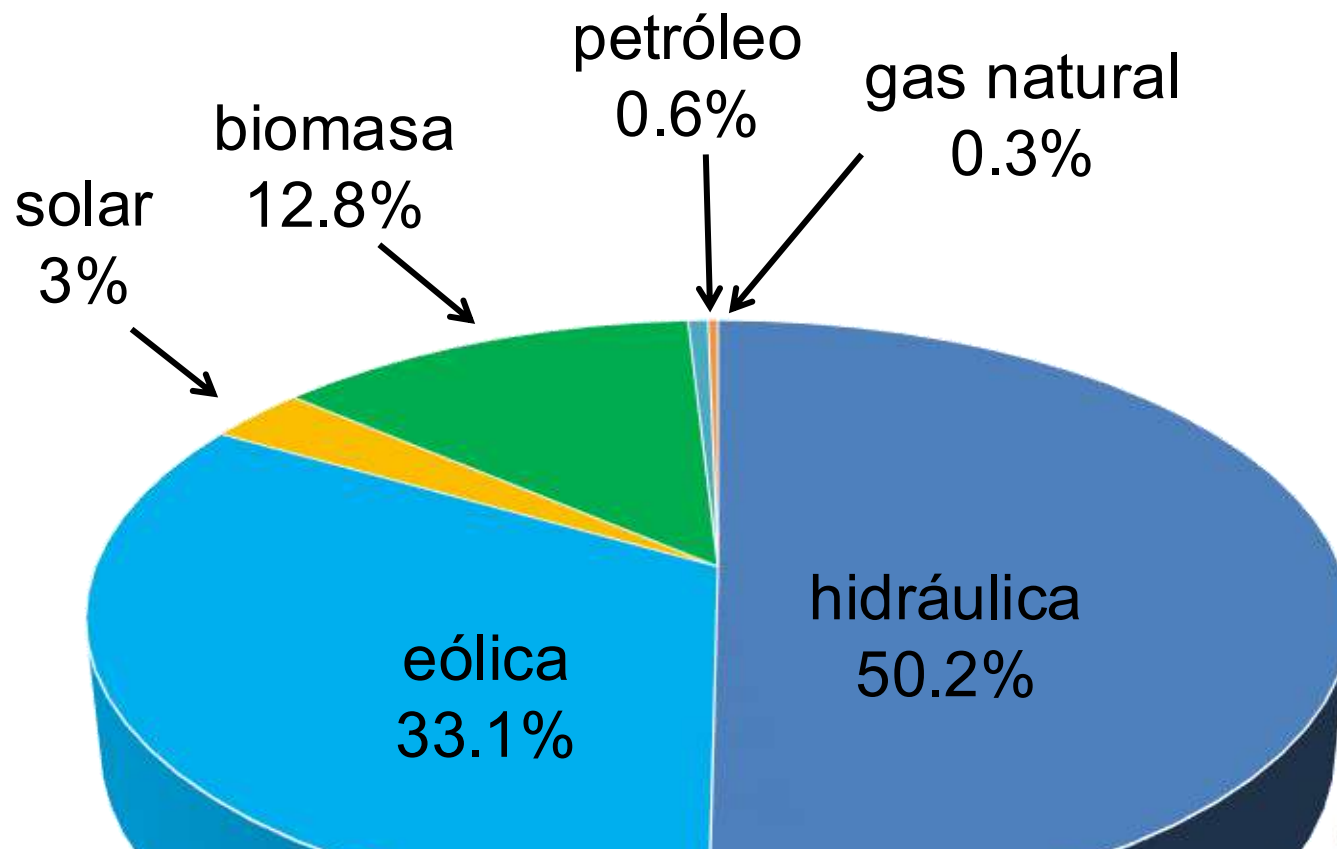


99.1% RENEVABLES

SIN BATERÍAS

Matriz eléctrica Uruguay 2024

- Reducción a la mitad del costo (180 pesos colombianos / kWh)
- Estabilización de costos
- 6000 millones USD de inversión (12% del PIB del país)
- 50000 puestos de trabajo (3% fuerza laboral del país)
- Exportación excedentes (hasta 1% del PIB del país)
- 99,9% de hogares electrificados
- Emisiones per cápita 40 veces menores que promedio mundial



99.1% RENEVABLES

SIN BATERÍAS

¿Las claves?



Las claves:

- Acuerdo multipartidario permitió definir (y mantener) política energética de largo plazo



Las claves:

- Acuerdo multipartidario permitió definir (y mantener) política energética de largo plazo



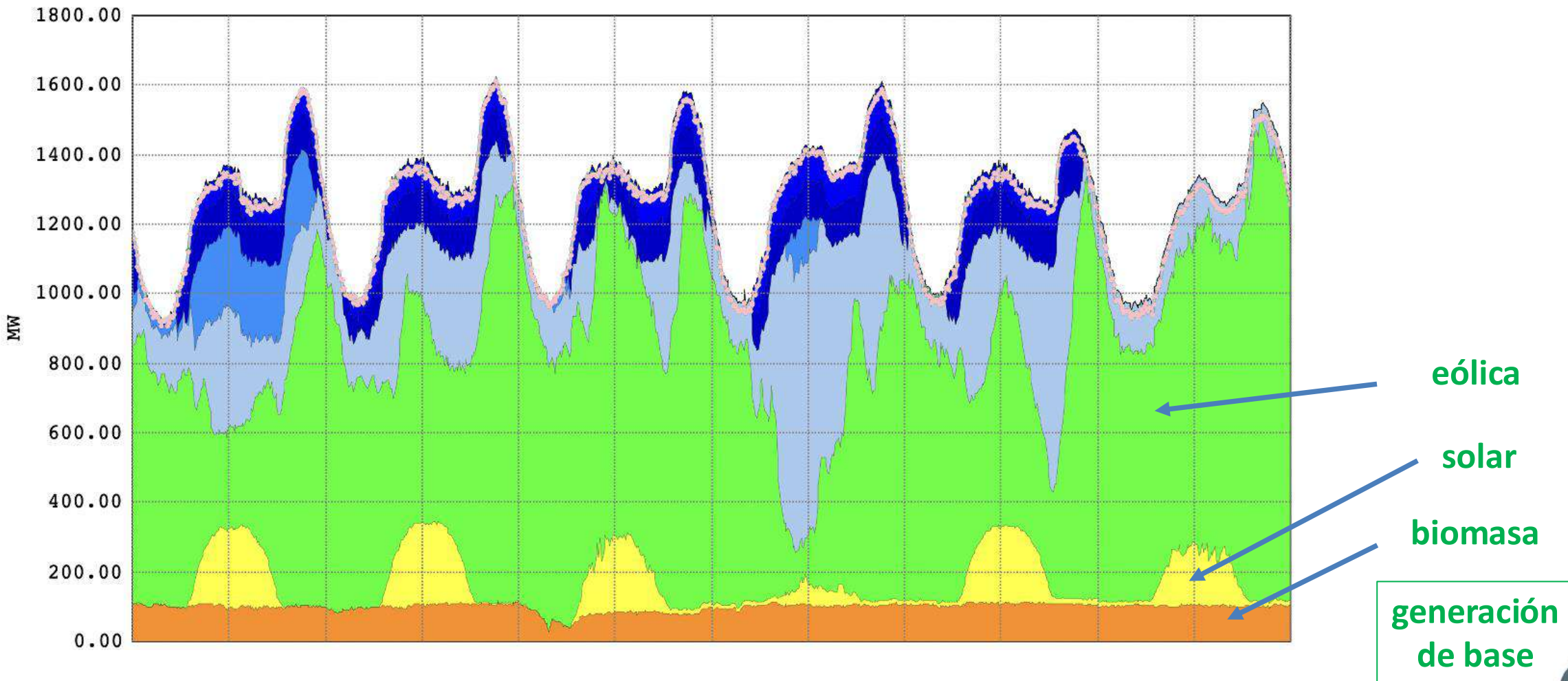
Las claves:

- Acuerdo multipartidario permitió definir (y mantener) política energética de largo plazo
- Profundo rediseño regulatorio y del mercado para eliminar el sesgo de los sistemas actuales hacia las fuentes fósiles, permitiendo que las renovables pudieran competir en pie de igualdad



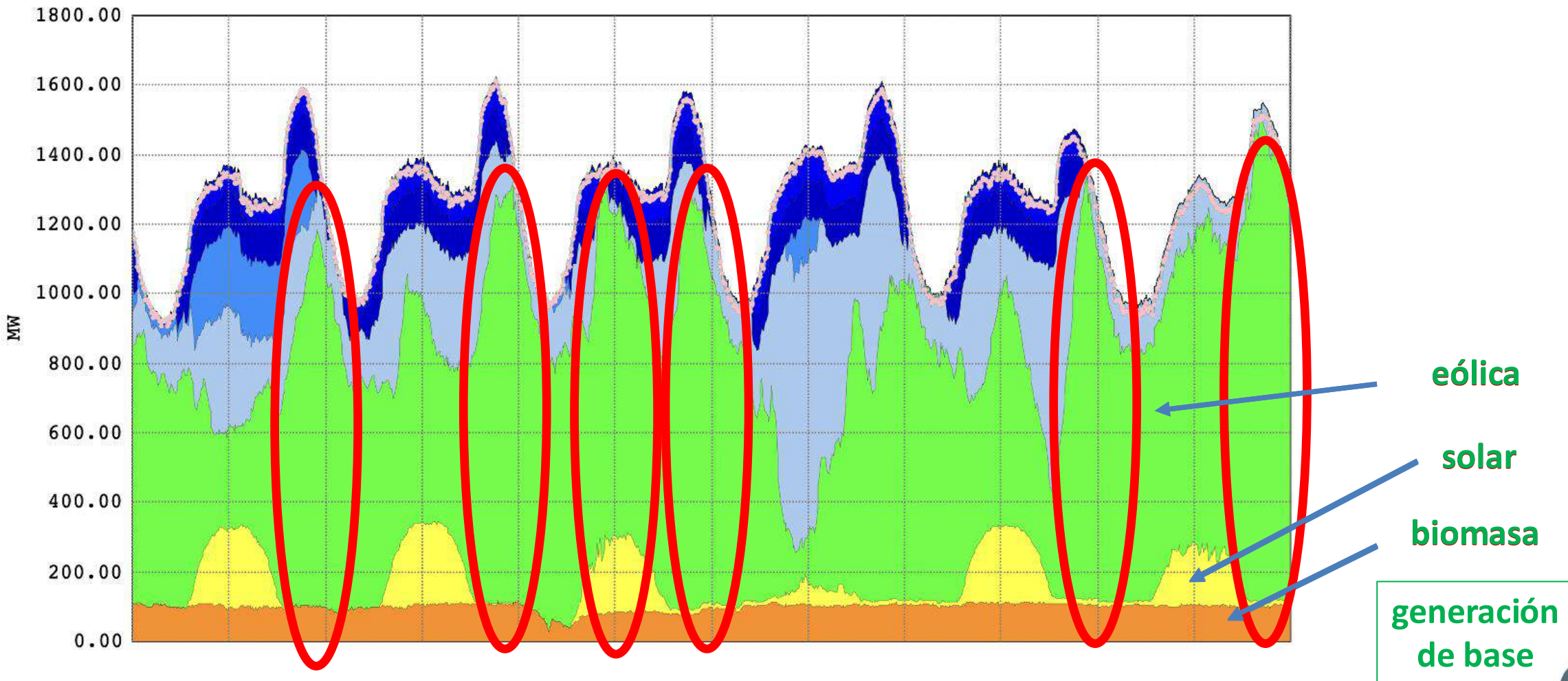
Una estrategia disruptiva para planear y operar un sistema eléctrico
con alta participación de fuentes variables
y **muy fuerte dependencia del fenómeno de El Niño**





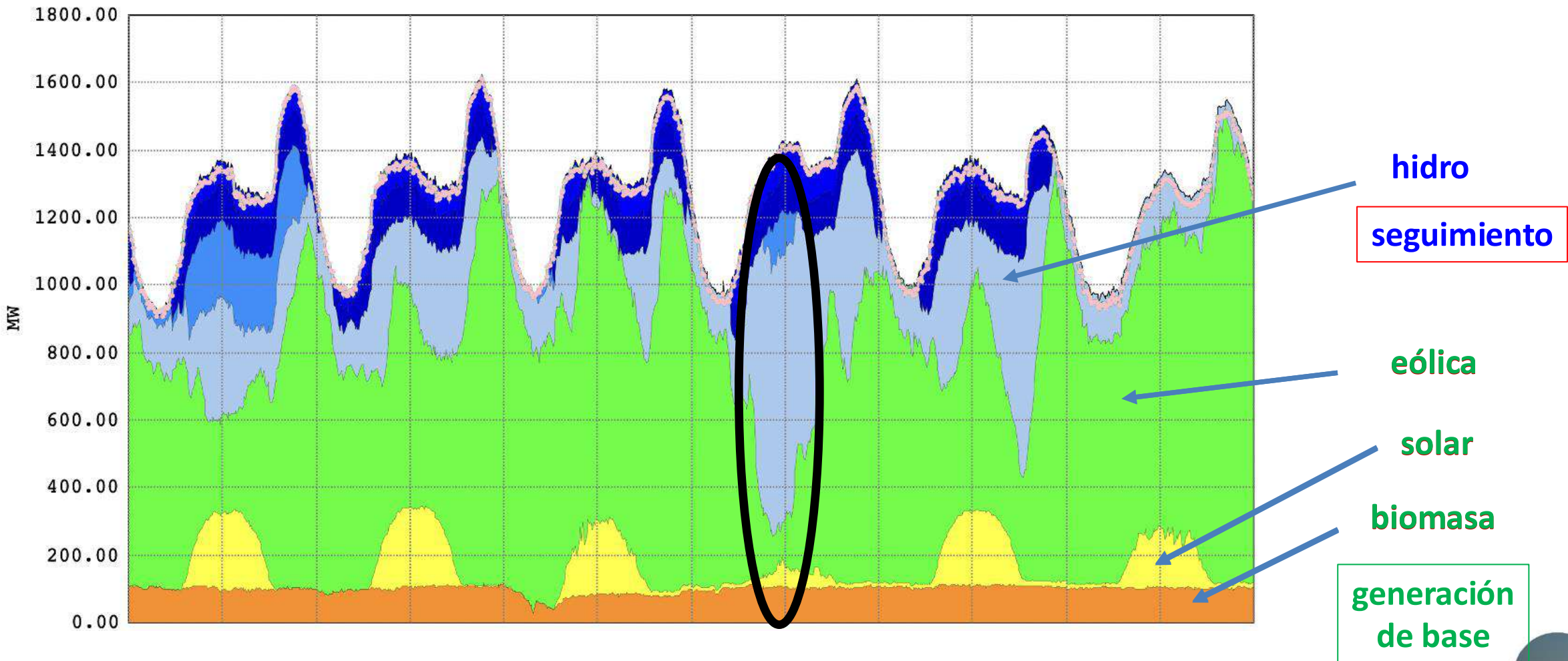
Una estrategia disruptiva para planear y operar un sistema eléctrico
con alta participación de fuentes variables
y muy fuerte dependencia del fenómeno de El Niño





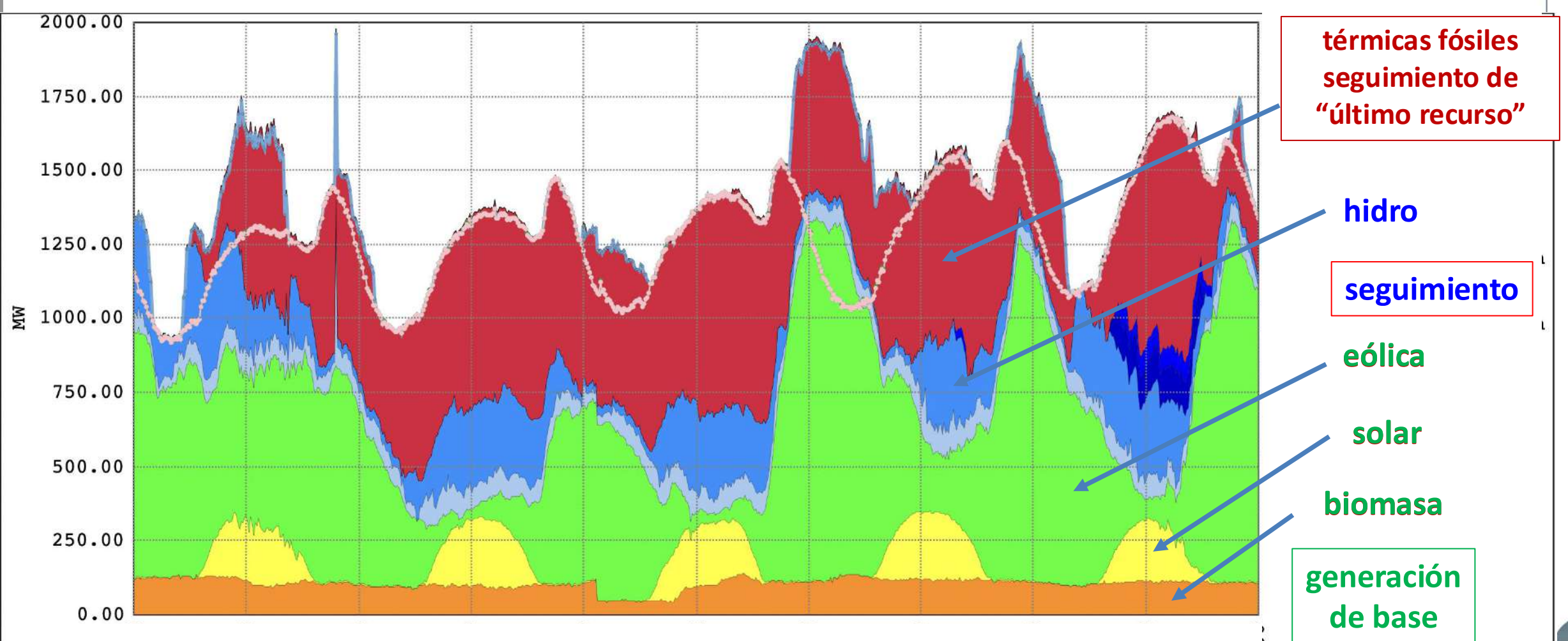
Una estrategia disruptiva para planear y operar un sistema eléctrico
con alta participación de fuentes variables
y muy fuerte dependencia del fenómeno de El Niño





Una estrategia disruptiva para planear y operar un sistema eléctrico
con alta participación de fuentes variables
y muy fuerte dependencia del fenómeno de El Niño





Una estrategia disruptiva para planear y operar un sistema eléctrico
con alta participación de fuentes variables
y muy fuerte dependencia del fenómeno de El Niño



Nuevo diseño del mercado



Nuevo diseño del mercado

- Planificación sistémica estocástica multi escala:
 - Optimiza costo global
 - Garantiza operabilidad en cualquier escenario



Nuevo diseño del mercado

- Planificación sistémica estocástica multi escala:
 - Optimiza costo global
 - Garantiza operabilidad en cualquier escenario
- Mercado ex – ante: actores compiten por acceder a contratos de capacidad de largo plazo

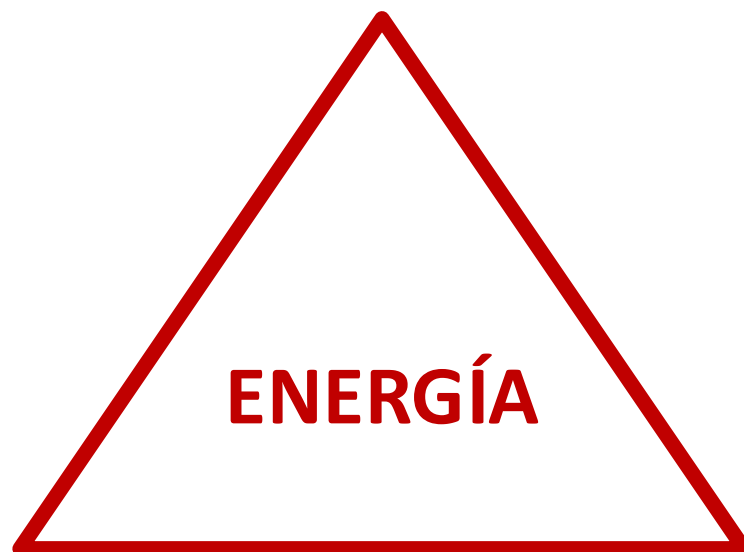


Nuevo diseño del mercado

- Planificación sistémica estocástica multi escala:
 - Optimiza costo global
 - Garantiza operabilidad en cualquier escenario
- Mercado ex – ante: actores compiten por acceder a contratos de capacidad de largo plazo
- Enorme interés, fuerte competencia, muy bajos precios, gran estabilidad



SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL



SEGURIDAD ENERGÉTICA

ASEQUIBILIDAD / EQUIDAD



SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL

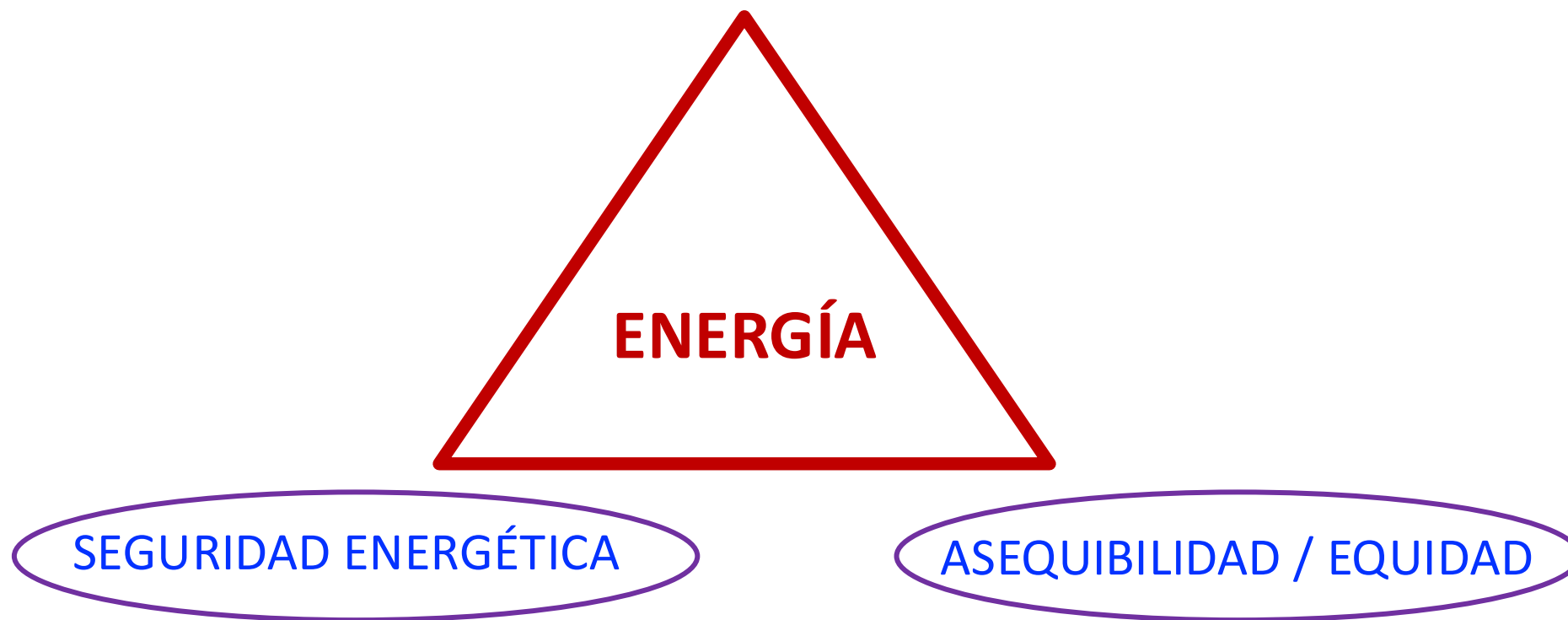
ENERGÍA

SEGURIDAD ENERGÉTICA

ASEQUIBILIDAD / EQUIDAD



SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL



SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL

HOY YA NO EXISTE ESA CONTRADICCIÓN

ENERGÍA

SEGURIDAD ENERGÉTICA

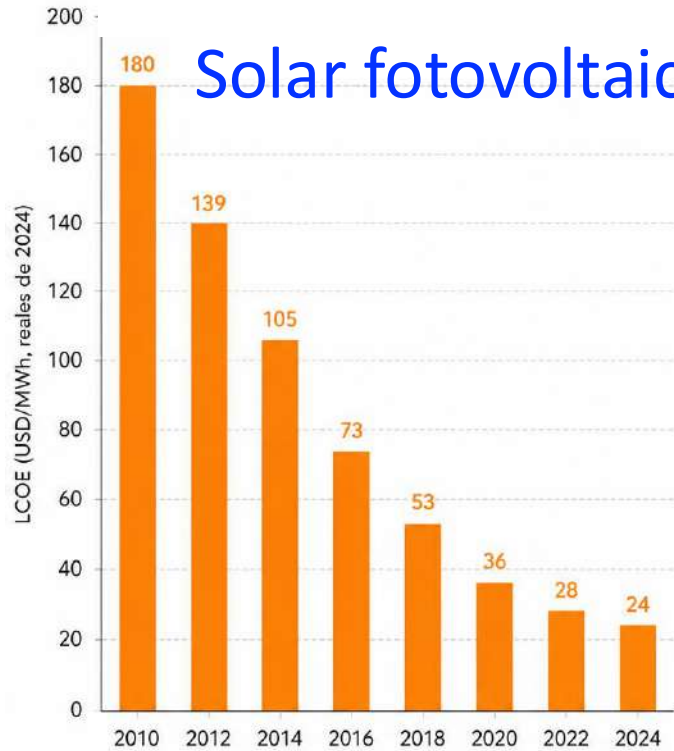
ASEQUIBILIDAD / EQUIDAD



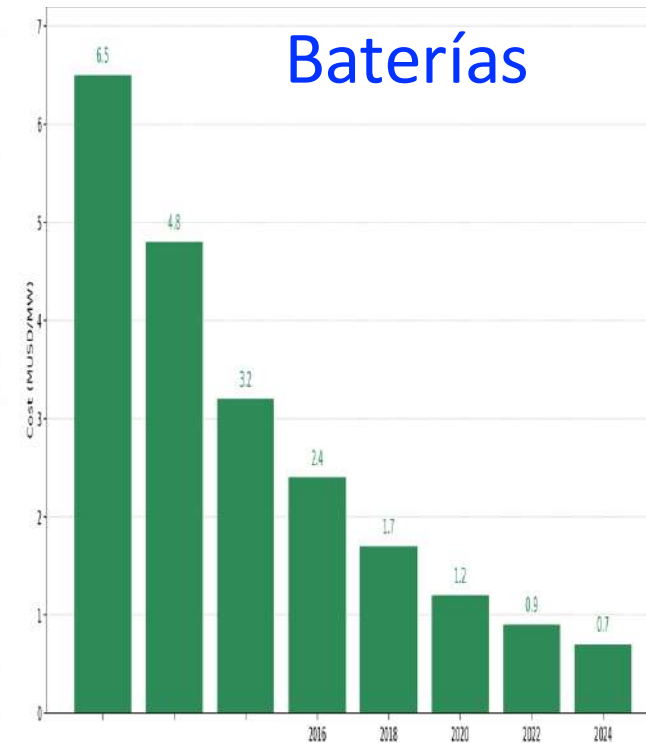
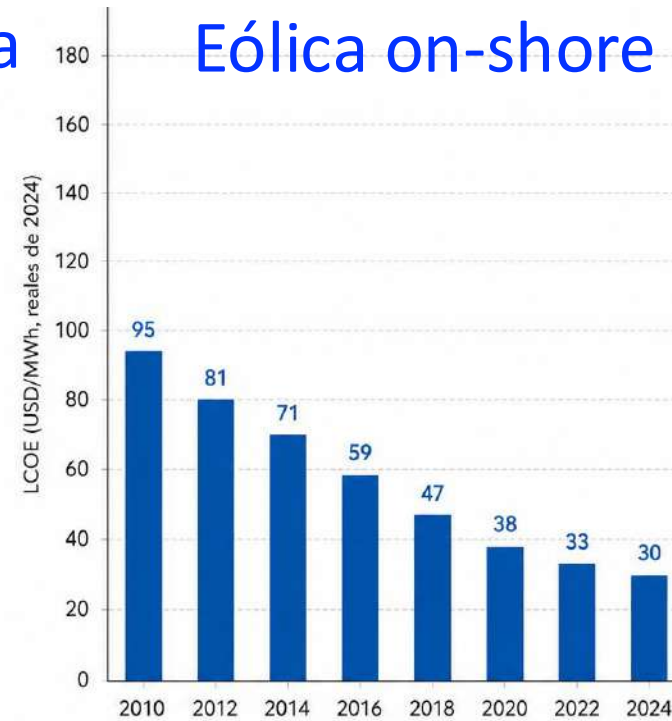
En 2026 el camino es aún más evidente



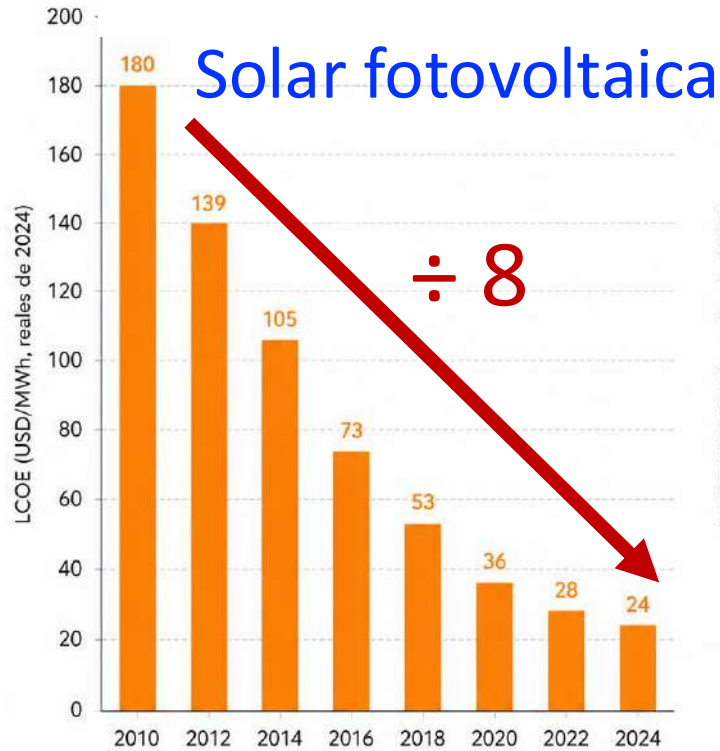
Evolución costo de tecnologías renovables



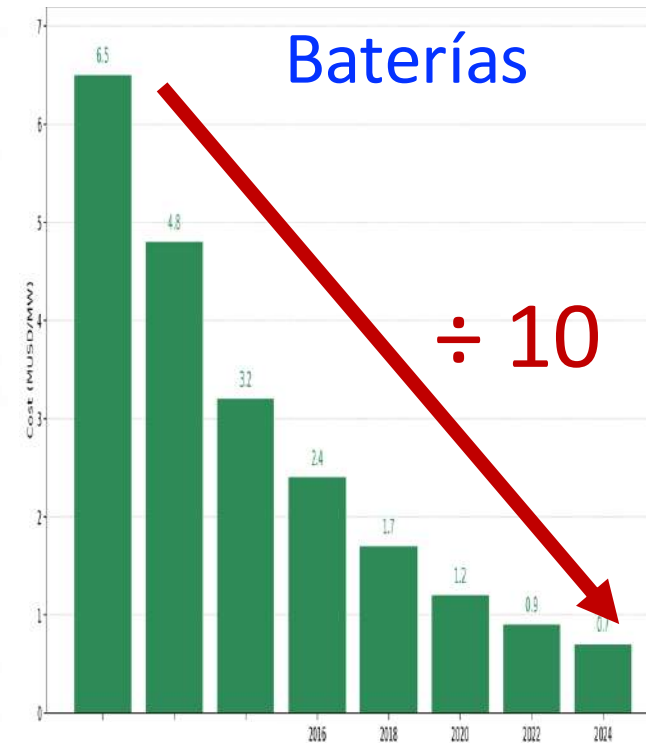
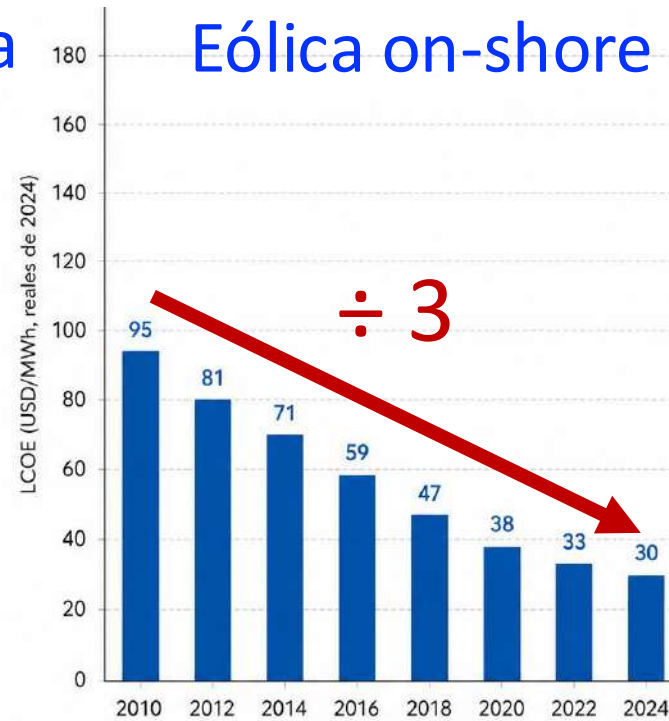
Fuente: IRENA



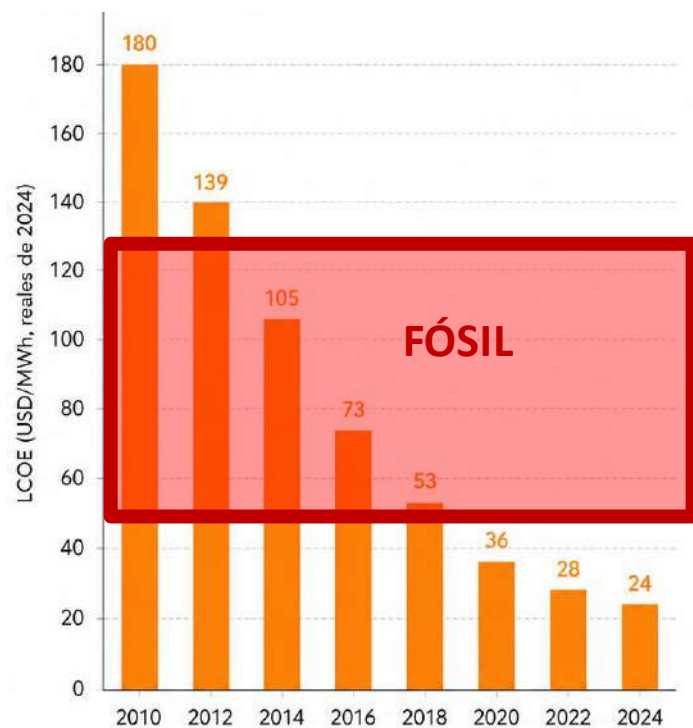
Evolución costo de tecnologías renovables



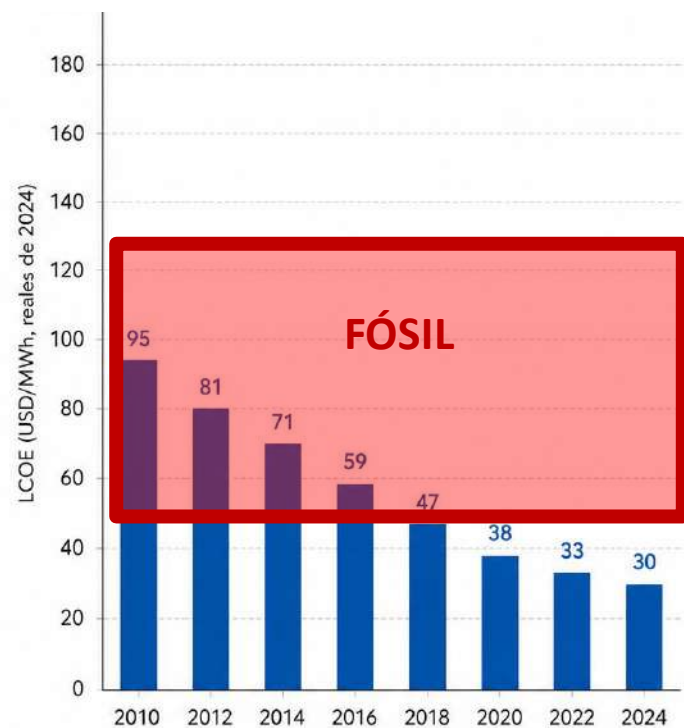
Fuente: IRENA



Evolución costo de tecnologías renovables



Fuente: IRENA – Renewable Power Generation Costs in 2024 (2024 Edition)



Fuente: IRENA – Renewable Power Generation Costs in 2024 (2024 Edition)

Eólica on-shore y solar PV
más baratas que
cualquier térmica



En paralelo, se aprendió a operar sistemas altamente renovables

- Nueva estrategia de despacho para gestionar la variabilidad eólica y solar
 - Redefiniendo los roles de cada tecnología/fuente
- Nuevas tecnologías para gestionar estabilidad dinámica
 - electrónica de potencia emula inercia rotante



¿Qué es Ivy?



Ivy es un centro de pensamiento y acción



Ivy es un centro de pensamiento y acción

- Formado por el equipo que lideró la transición energética uruguaya
- Compartimos las lecciones aprendidas con países del Sur Global
- Trabajamos con gobiernos, sector privado, academia y organizaciones locales
- Aportamos combinación de:
 - ✓ Conocimiento técnico avanzado
 - ✓ Experiencia política
 - ✓ Caso de éxito (evidencia)



Ivy es un centro de pensamiento y acción

- Formado por el equipo que lideró la transición energética uruguaya
- Compartimos las lecciones aprendidas con países del Sur Global
- Trabajamos con gobiernos, sector privado, academia y organizaciones locales
- Aportamos combinación de:
 - ✓ Conocimiento técnico avanzado
 - ✓ Experiencia política
 - ✓ Caso de éxito
- Financiado por fondos filantrópicos



¿Qué hicimos en Colombia?



¿Qué hicimos en Colombia?

conjuntamente con POLEN TJ,
Uniandes y ICSI



Más detalles en:

<https://fundacionivy.org/documentos-informe-colombia/>

<https://polentj.org/publicaciones-polen-transiciones-justas>



Utilizamos el modelo SimSEE (Simulación de Sistemas de Energía Eléctrica), una plataforma construida específicamente para diseñar y operar de manera óptima sistemas con alta penetración de fuentes variables (eólica y solar) y con hidraulicidad fuertemente dependiente de la variabilidad climática



SimSEE

<https://simsee.org/>



Características del SimSEE

- De código abierto
- Estocástico (simula todos los posibles escenarios)
- Garantiza simultaneamente:
 - ✓ óptimo económico (mejor combinación de fuentes),
 - ✓ operabilidad del sistema (en cualquier escenario)



Características del SimSEE

- De código abierto
- Estocástico (simula todos los posibles escenarios)
- Garantiza simultaneamente:
 - ✓ óptimo económico (mejor combinación de fuentes),
 - ✓ operabilidad del sistema (en cualquier escenario)

- Es el modelo que utiliza Uruguay desde hace 10 años para:
 - ✓ Planificar la expansión óptima del sistema
 - ✓ Definir las subastas de PPA de largo plazo, para cada tecnología
 - ✓ Operar el sistema



Trabajo conjunto:

- UPME y XM (hipótesis y limitaciones reales)
- Academia (Uniandes, ISCI)
- Reuniones abiertas con otros actores públicos y privados



Trabajo realizado

- Cargamos todo el SIN actual en SimSEE (barras, líneas, generadores)
- Modelamos todos los recursos energéticos probabilísticos
- Incluimos todas las restricciones operativas de la red
- Modelizamos la demanda (XM, UPME y Uniandes)



Trabajo realizado

- Cargamos todo el SIN actual en SimSEE (barras, líneas, generadores)
- Modelamos todos los recursos energéticos probabilísticos
- Incluimos todas las restricciones operativas de la red
- Modelizamos la demanda (XM, UPME y Uniandes)

- Le ofrecimos al SimSEE (casi) todas las posibles tecnologías (CAPEX y OPEX):
 - ✓ eólica on-shore y off-shore,
 - ✓ solar fotovoltaica,
 - ✓ turbinas a gas,
 - ✓ ciclos combinados,
 - ✓ baterías
- El SimSEE hizo una optimización económica entre 2026 y 2038



Trabajo realizado

- Cargamos todo el SIN actual en SimSEE (barras, líneas, generadores)
- Modelamos todos los recursos energéticos probabilísticos
- Incluimos todas las restricciones operativas de la red
- Modelizamos la demanda (XM, UPME y Uniandes)

- Le ofrecimos al SimSEE (casi) todas las posibles tecnologías (CAPEX y OPEX):
 - ✓ eólica on-shore y off-shore,
 - ✓ solar fotovoltaica,
 - ✓ turbinas a gas,
 - ✓ ciclos combinados,
 - ✓ baterías
- El SimSEE hizo una optimización económica entre 2026 y 2038

- Todas las hipótesis validadas en reuniones abiertas con actores



Este trabajo nos permite contar con un escenario de expansión que, simultáneamente:

- sea el óptimo desde el punto de vista económico
- garantice que el sistema sea operable

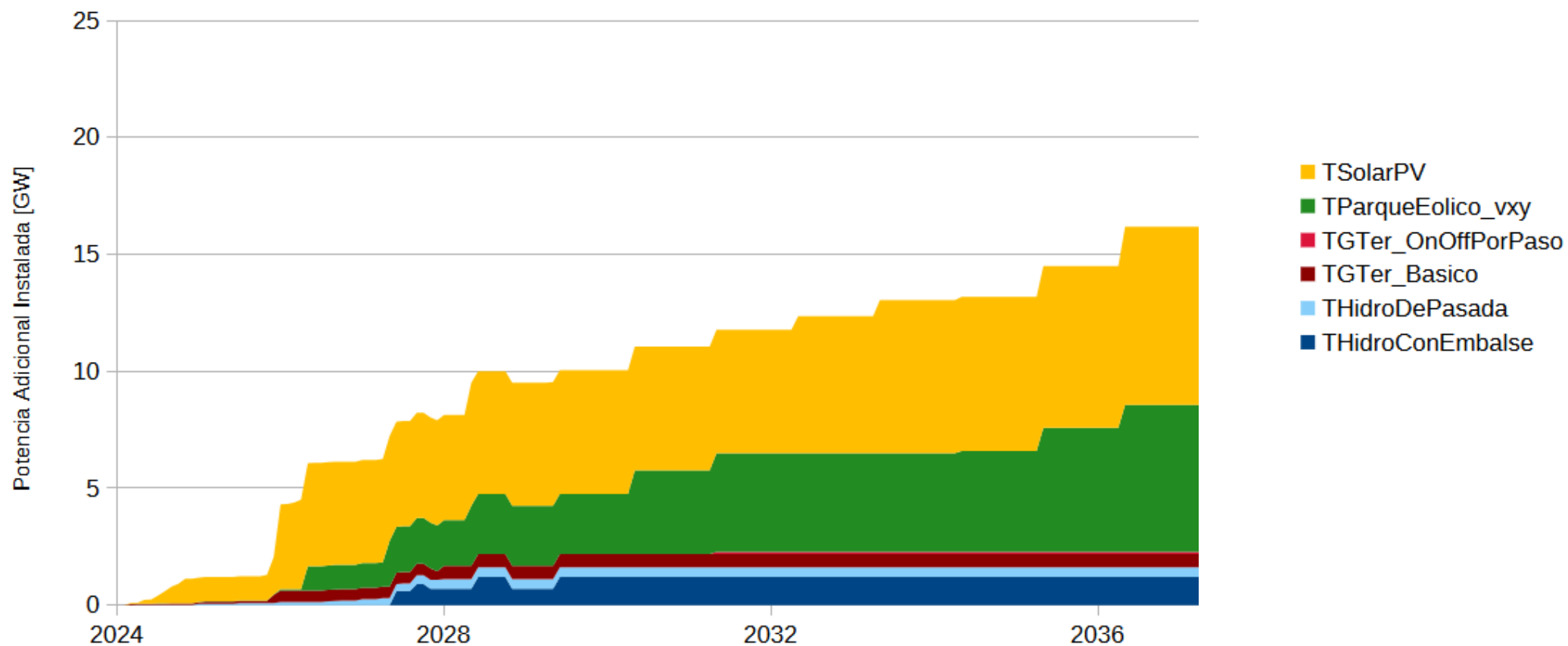


Principales resultados



Plan de Expansión Alcanzable

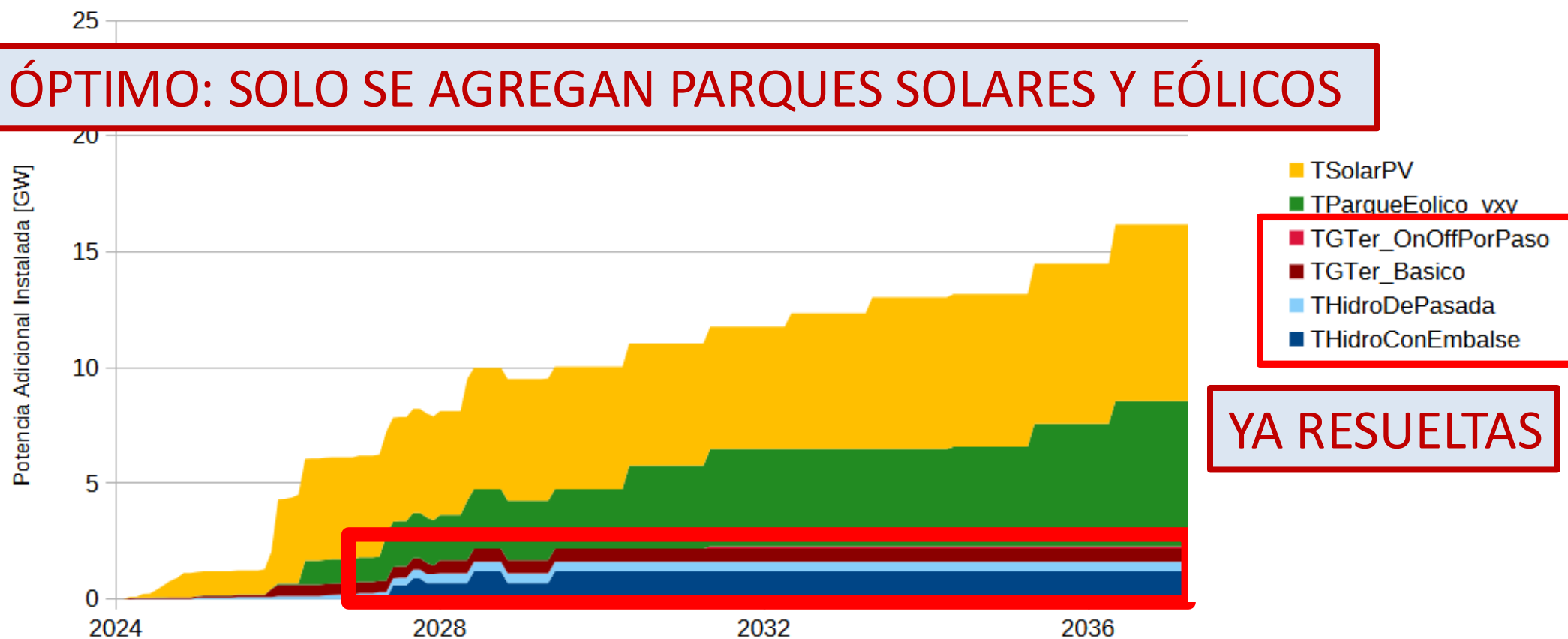
Potencia adicional instalada



Plan de Expansión Alcanzable

Potencia adicional instalada

ÓPTIMO: SOLO SE AGREGAN PARQUES SOLARES Y EÓLICOS

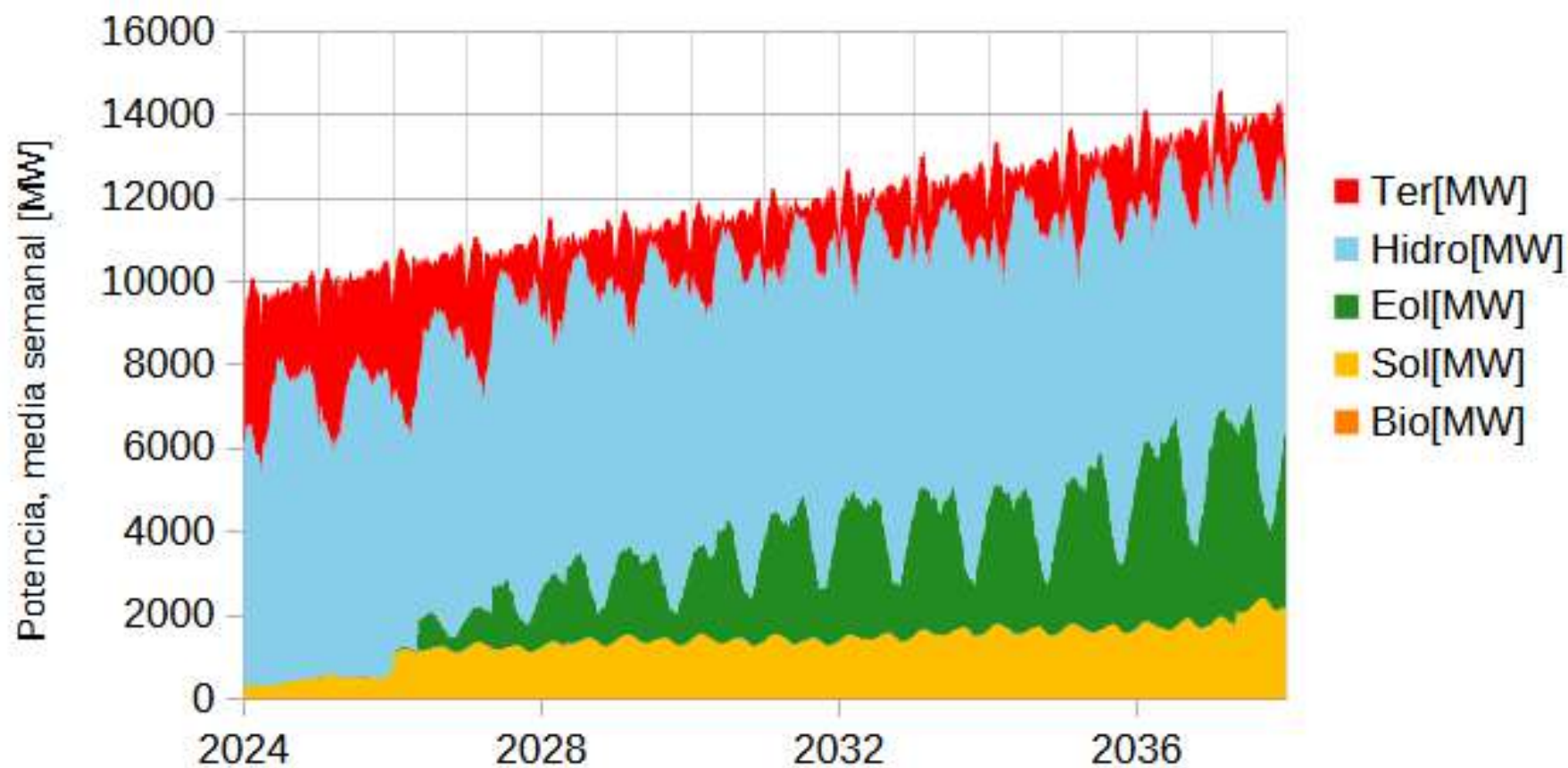


YA RESUELTAS

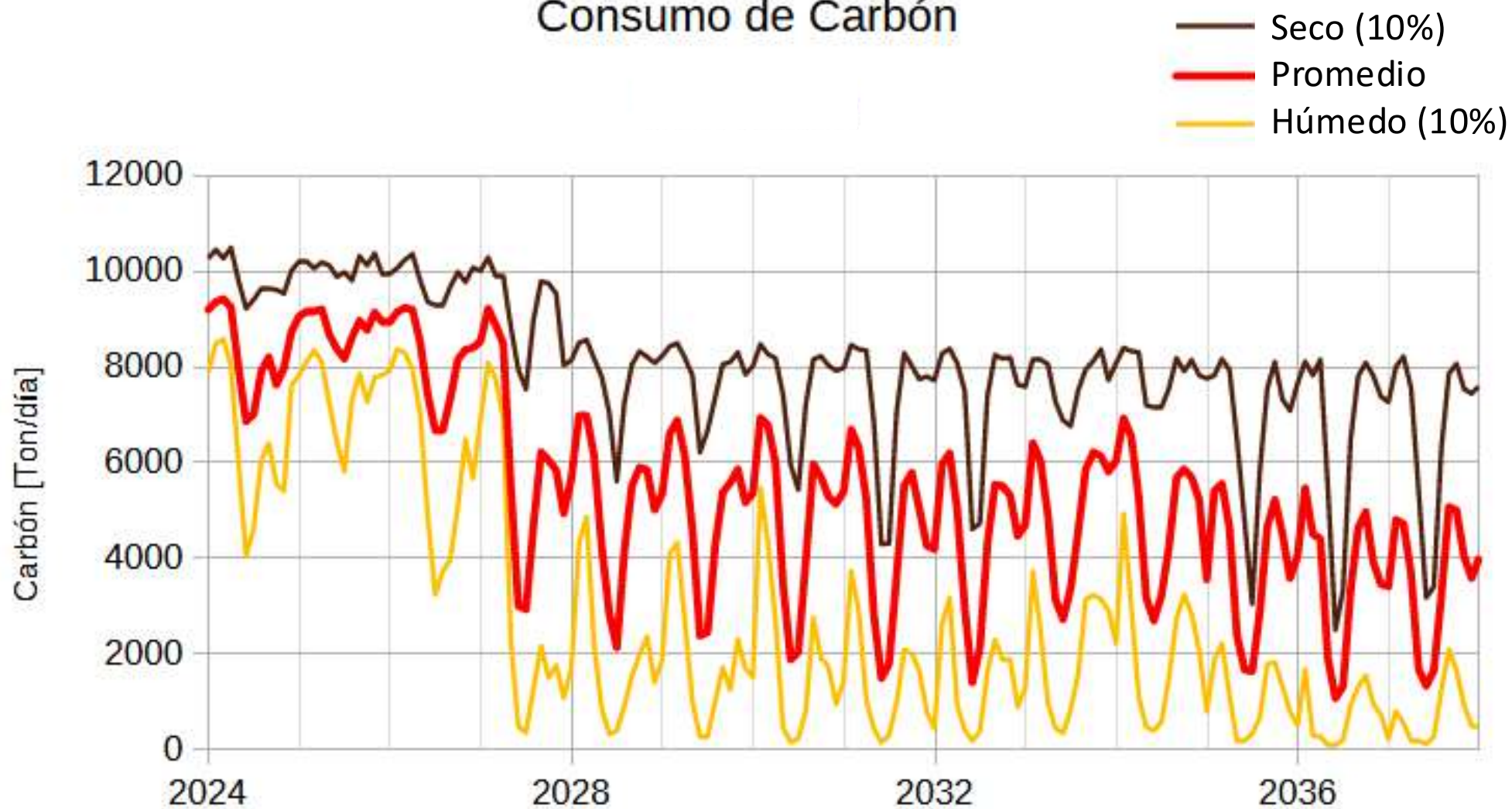


Plan de Operación Alcanzable

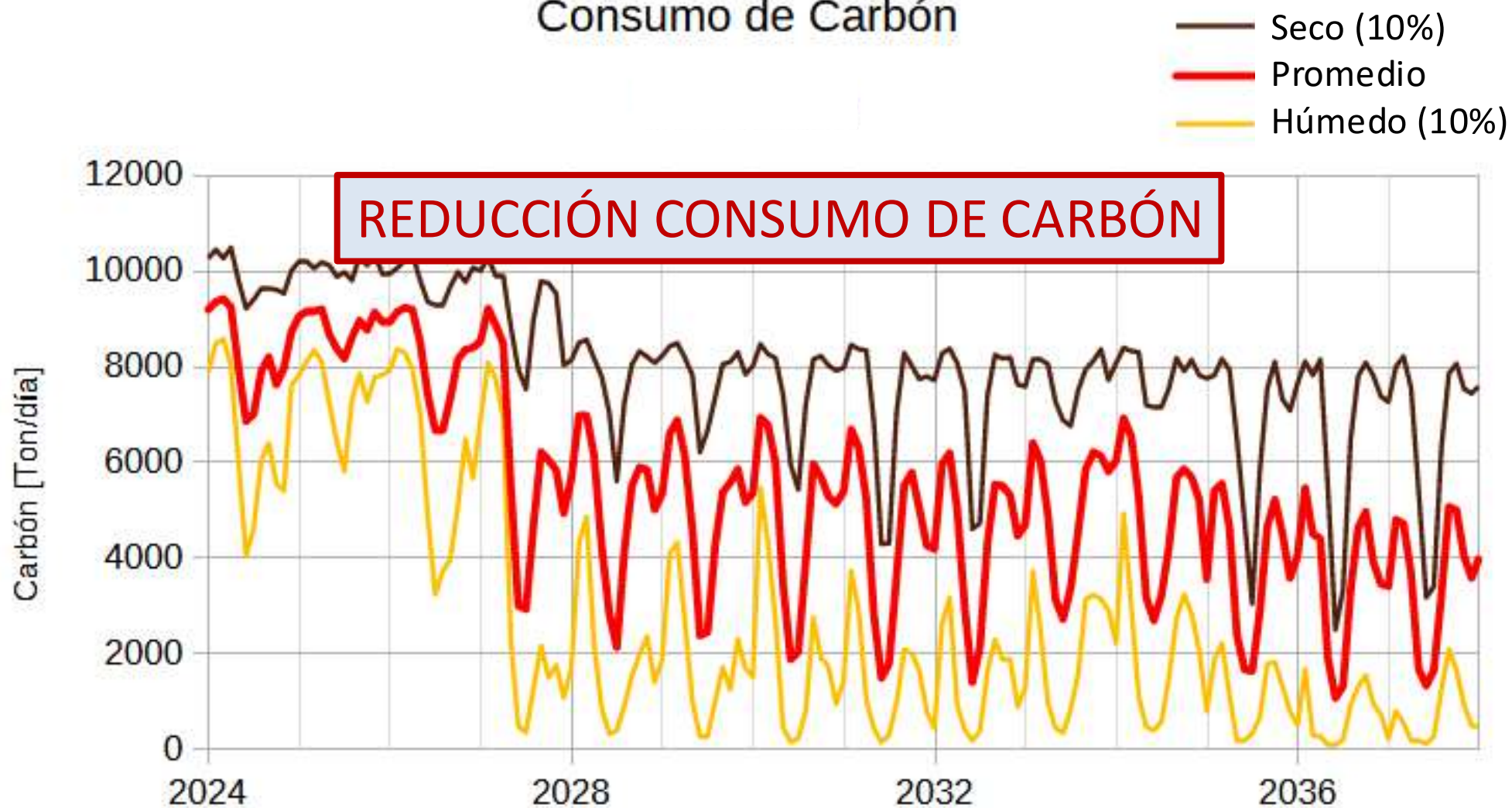
Generación por fuente (semanal)



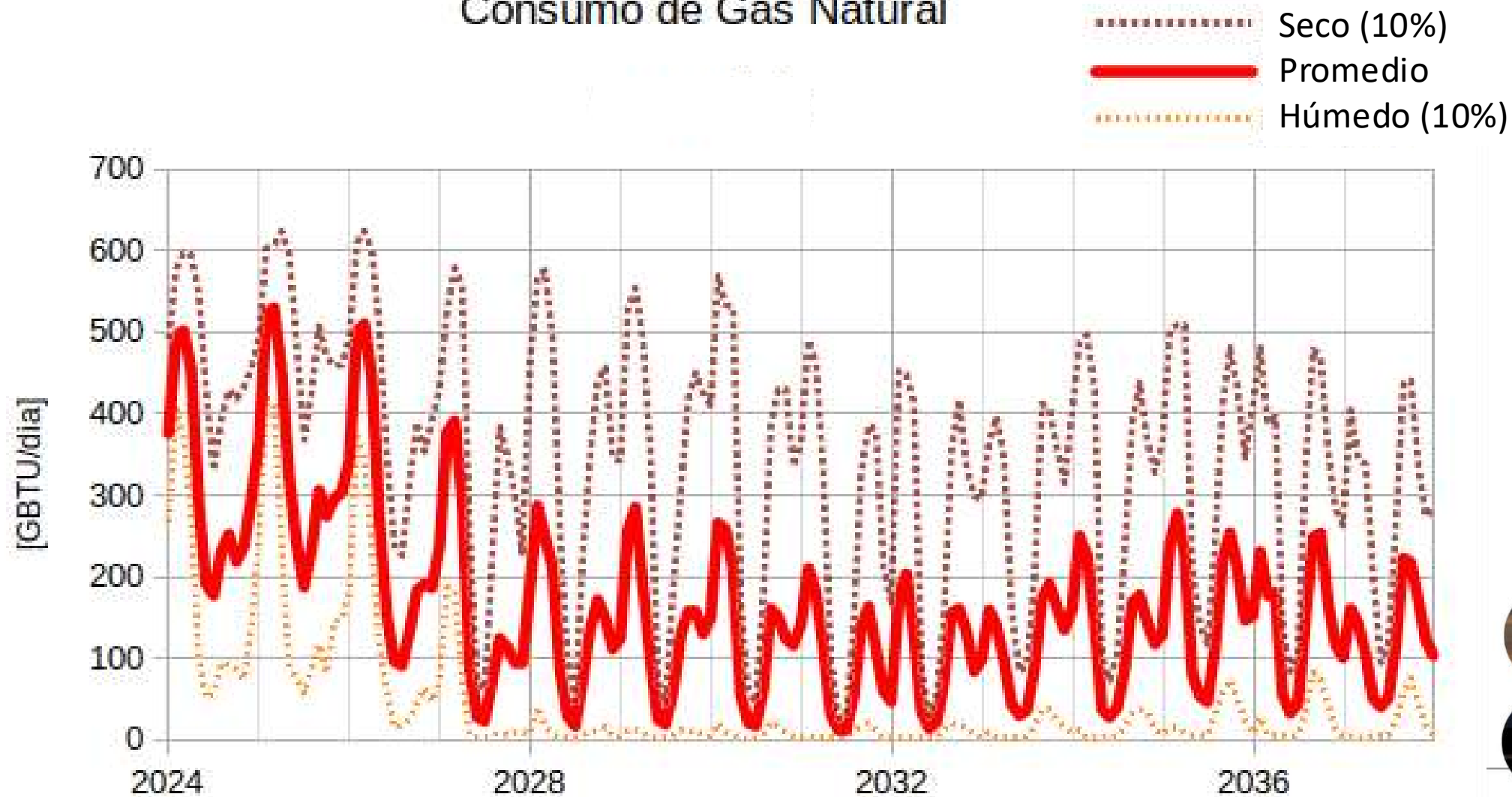
Consumo de Carbón



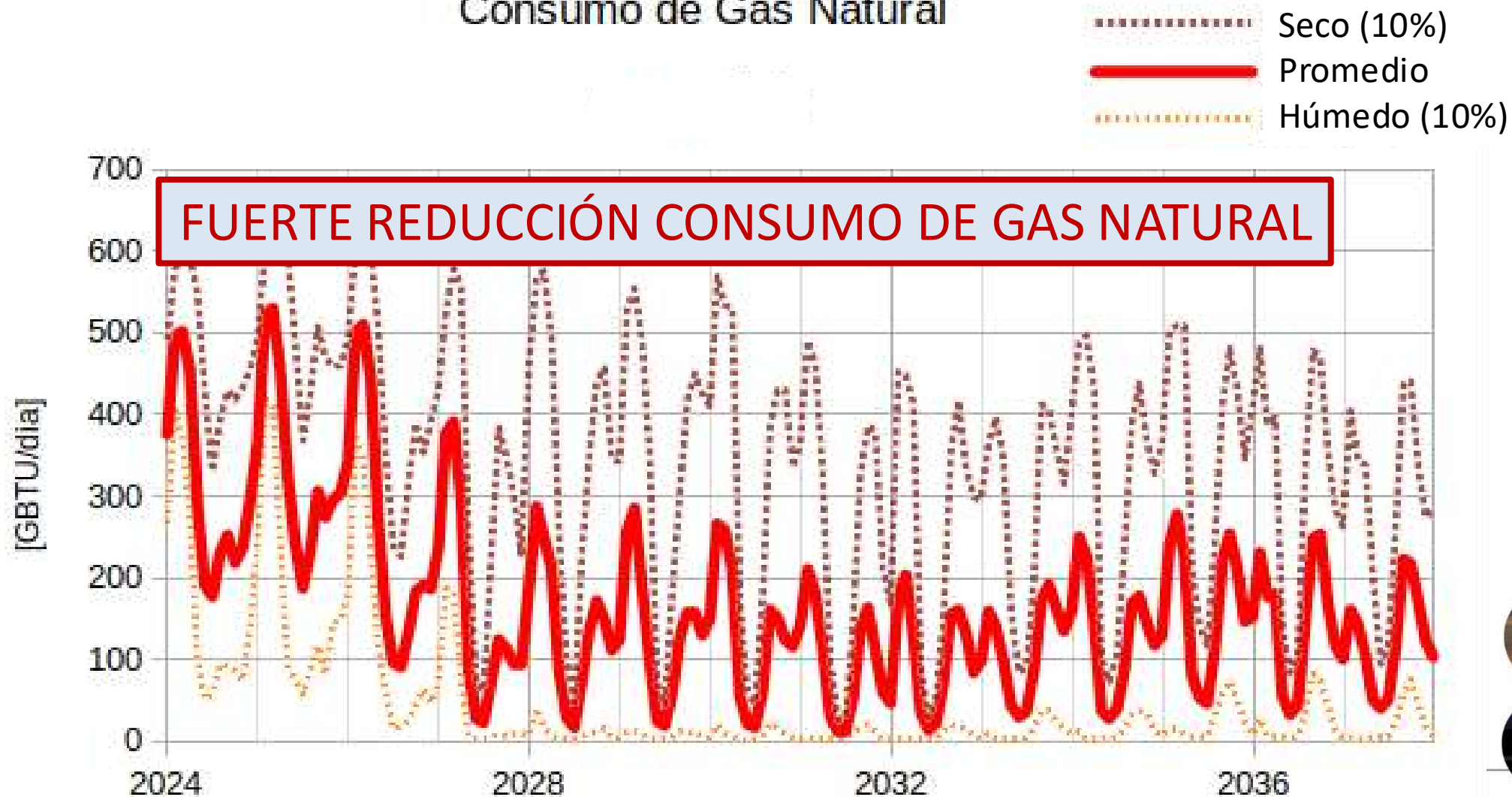
Consumo de Carbón



Consumo de Gas Natural



Consumo de Gas Natural



Posible escenario a considerar para evitar costos fijos innecesarios:
no renovar los contratos de CxC de las plantas carboeléctricas a su finalización

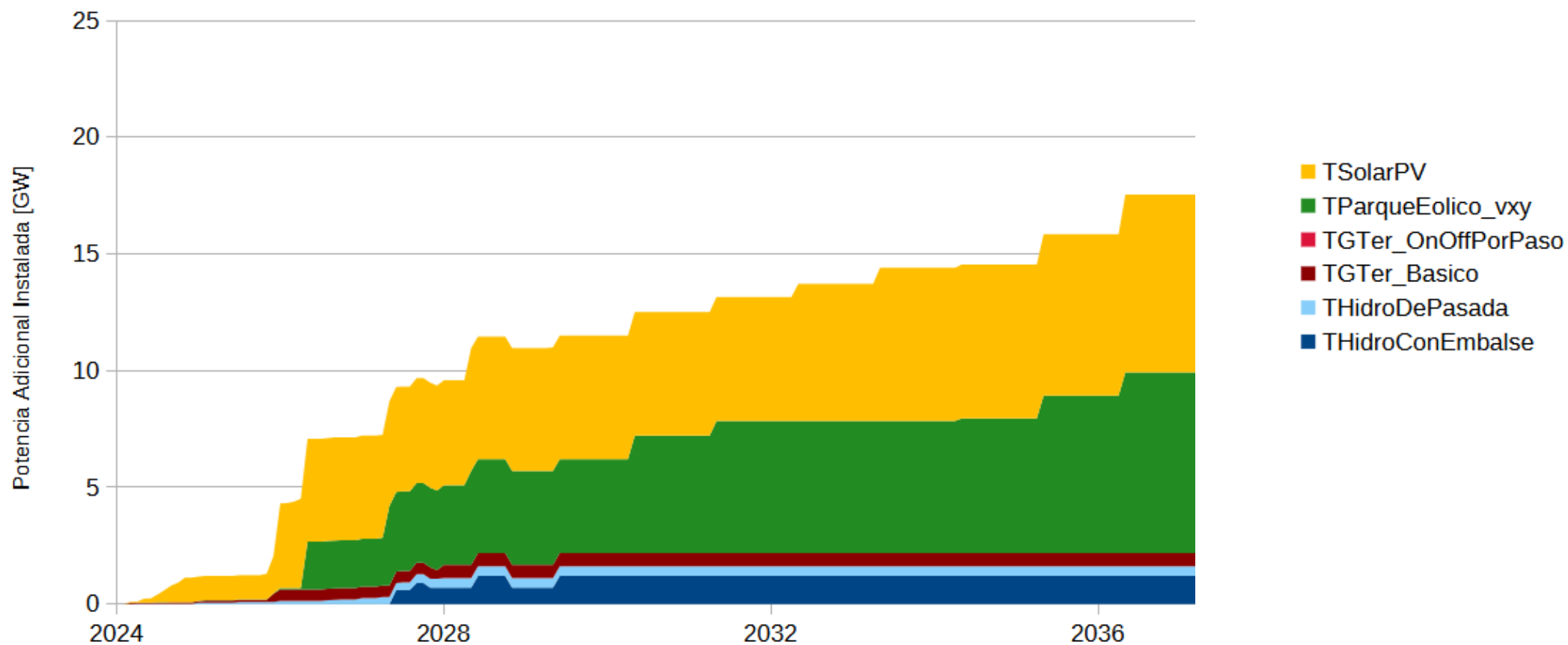


Re-optimación de la expansión con retiro pautado de las plantas carboeléctricas



Plan de Expansión Alcanzable

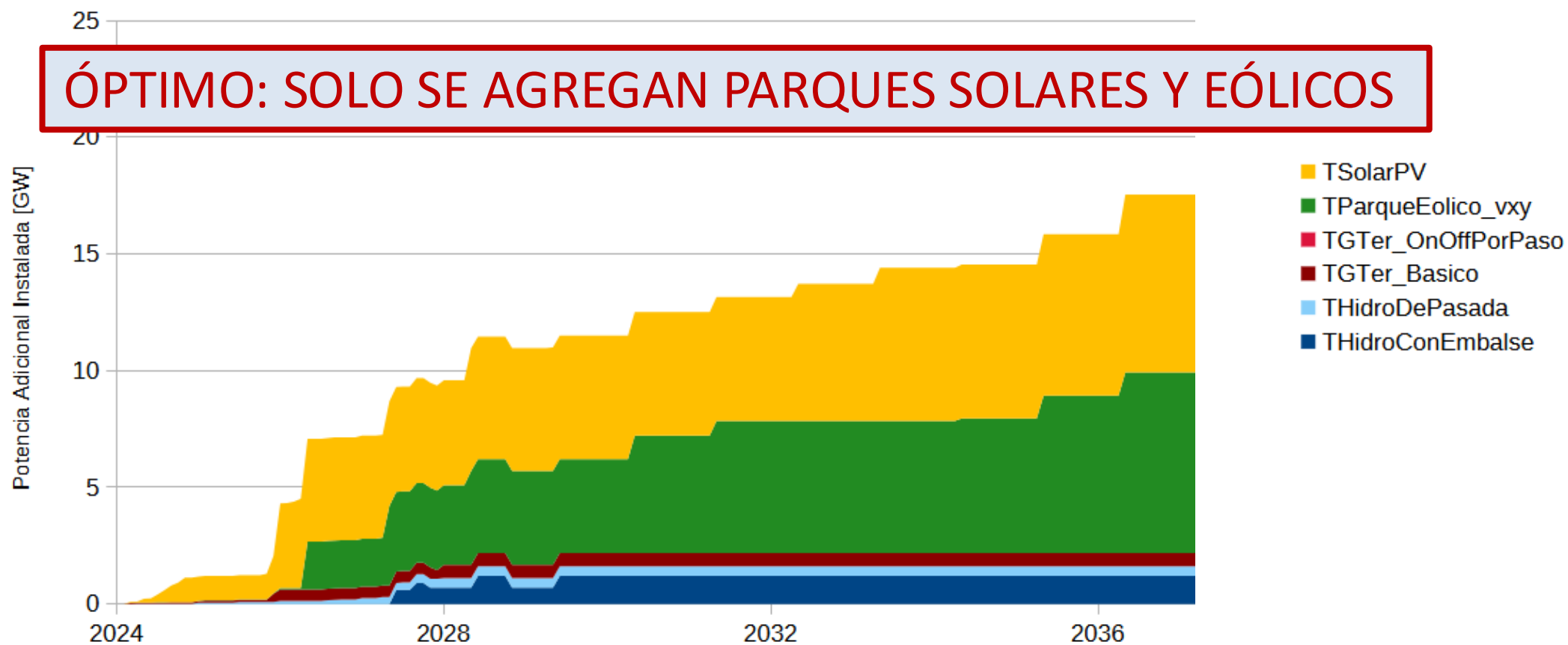
Retiro de Carbón



Plan de Expansión Alcanzable

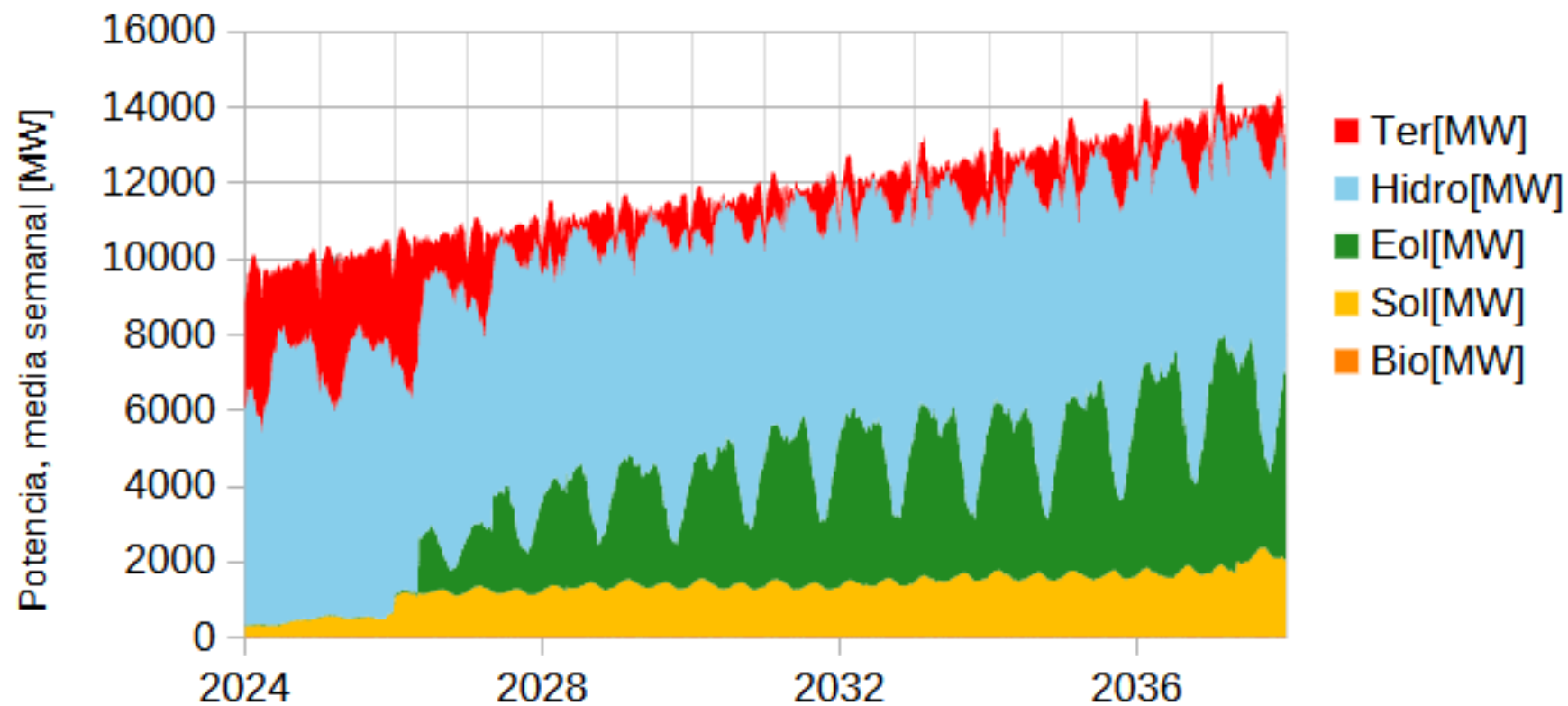
Retiro de Carbón

ÓPTIMO: SOLO SE AGREGAN PARQUES SOLARES Y EÓLICOS

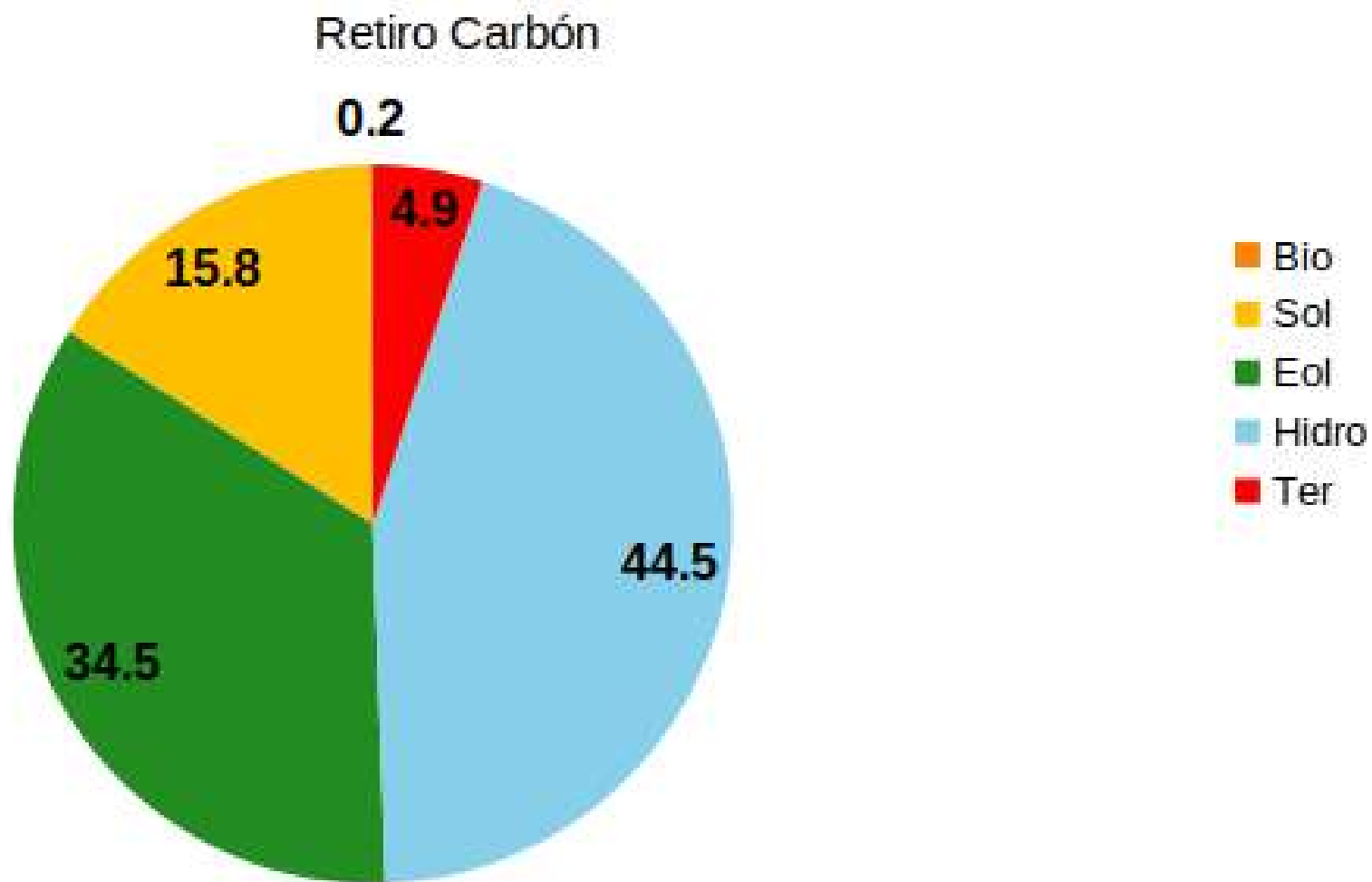


Plan de Operación Alcanzable con Retiro de Centrales Carboeléctricas

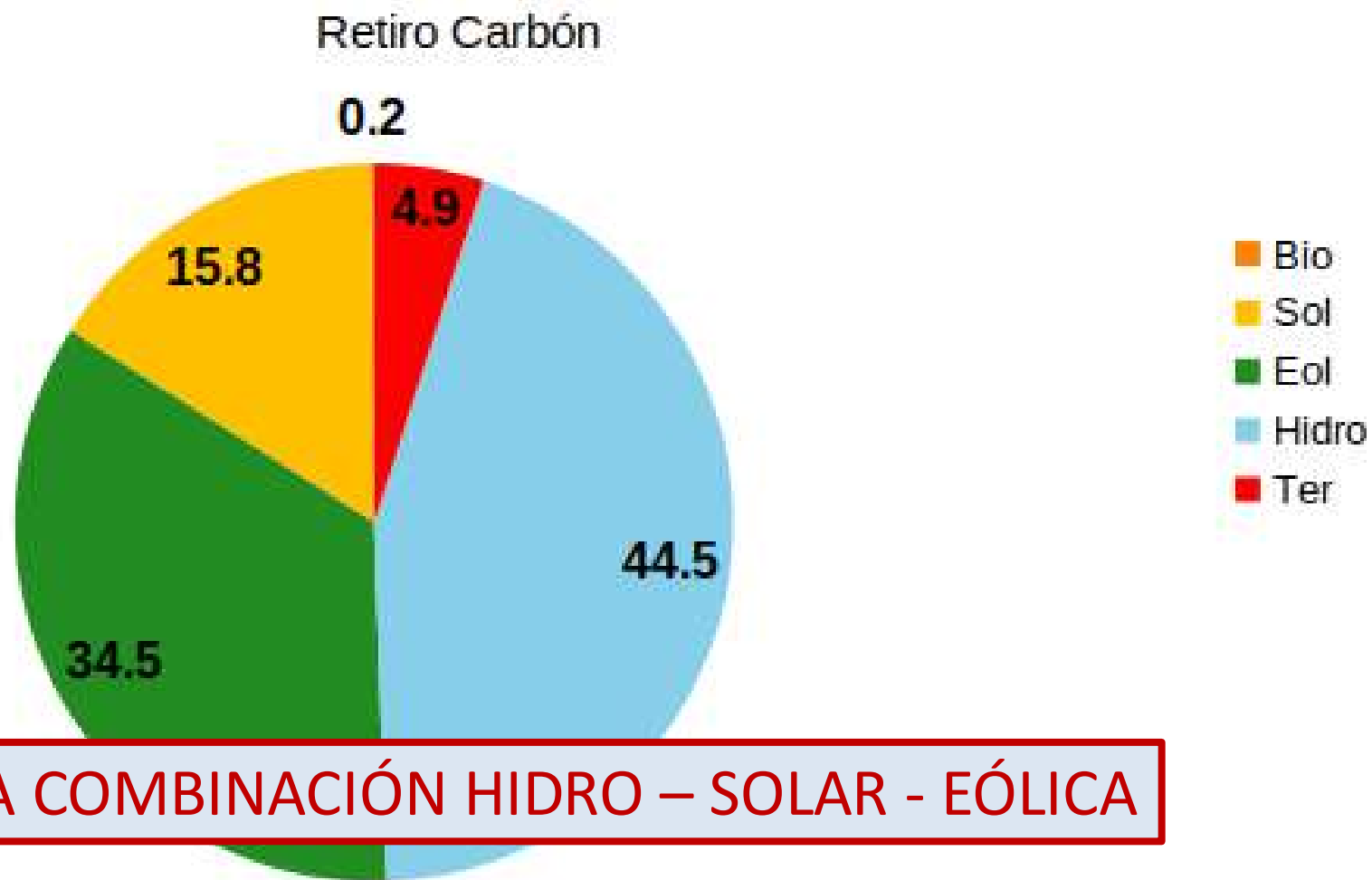
Generación por fuente (semanal)



Matrix de generación eléctrica 2038



Matrix de generación eléctrica 2038



¿Eólica off-shore?



¿Eólica off-shore?

EL OPTIMIZADOR RECHAZA PARQUES EÓLICOS OFF-SHORE ,
AL MENOS HASTA EL 2038



¿Baterías?

Se valorizó la conveniencia de bancos de baterías distribuidos de 40 MWh, con potencia de carga y descarga de 10 MW

Se comparó con evolución esperada de costos de las baterías



¿Baterías?

Se valorizó la conveniencia de bancos de baterías distribuidos de 40 MWh, con potencia de carga y descarga de 10 MW

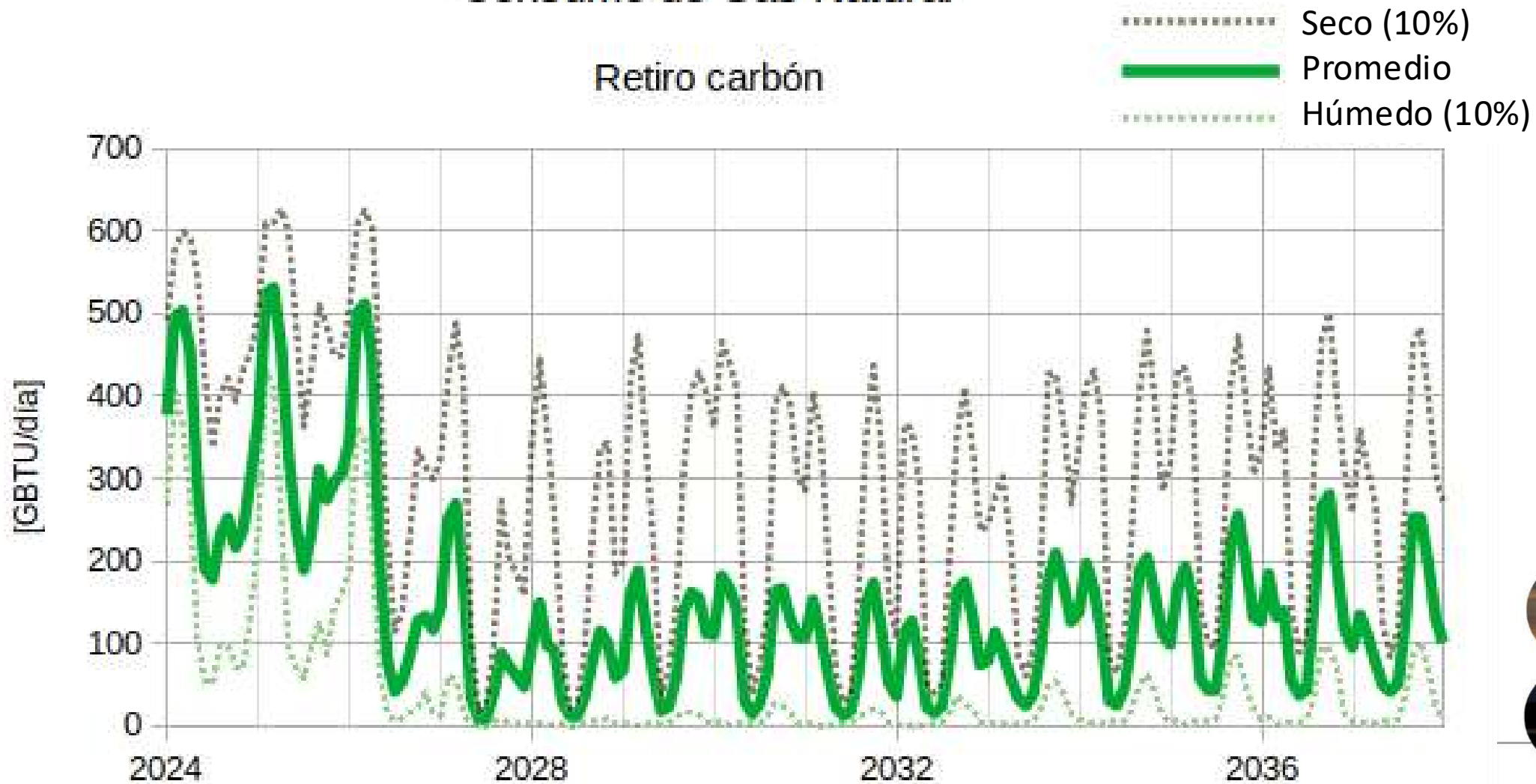
Se comparó con evolución esperada de costos de las baterías

**EL OPTIMIZADOR RECHAZA BATERIAS,
AL MENOS HASTA EL 2035**



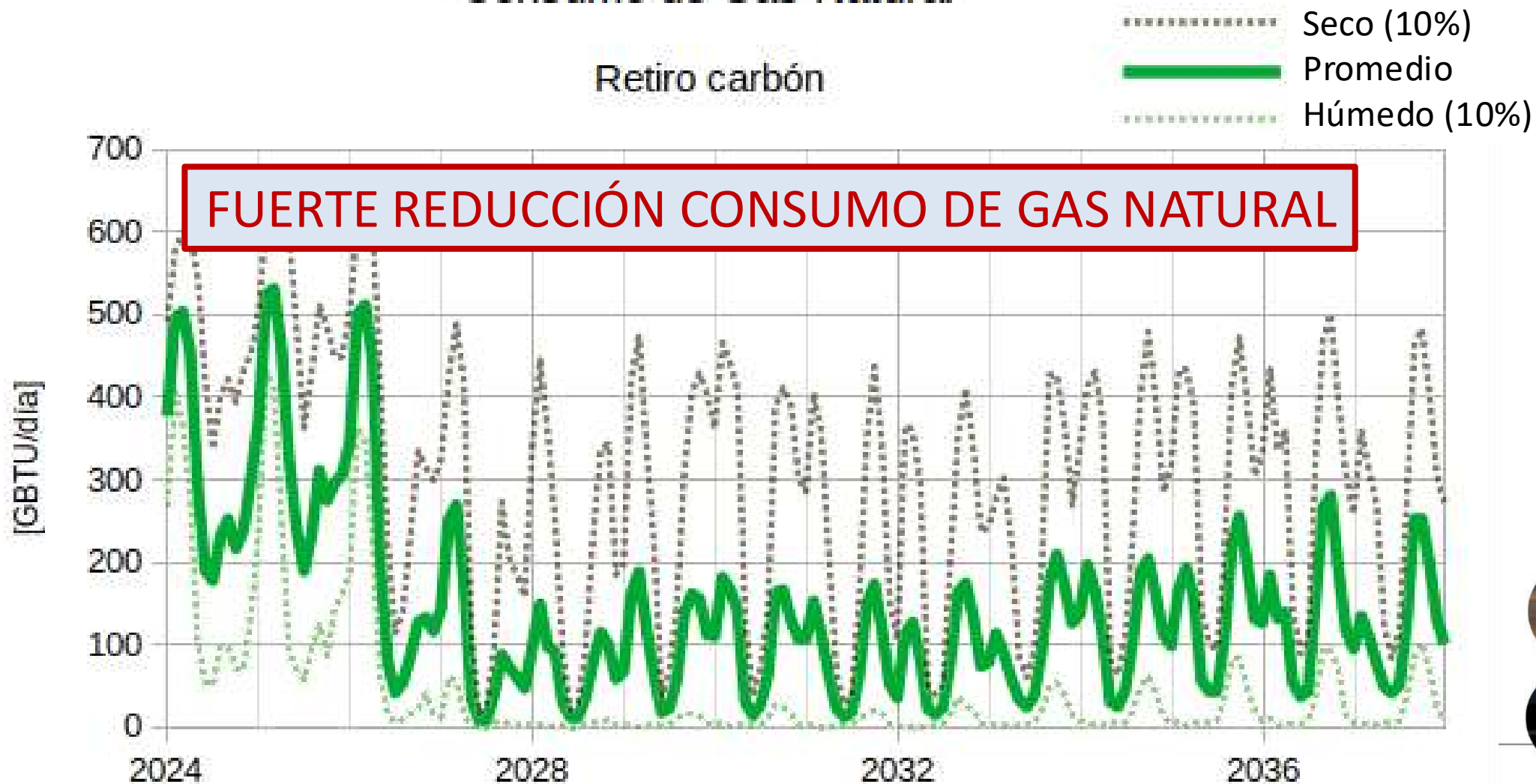
Consumo de Gas Natural

Retiro carbón



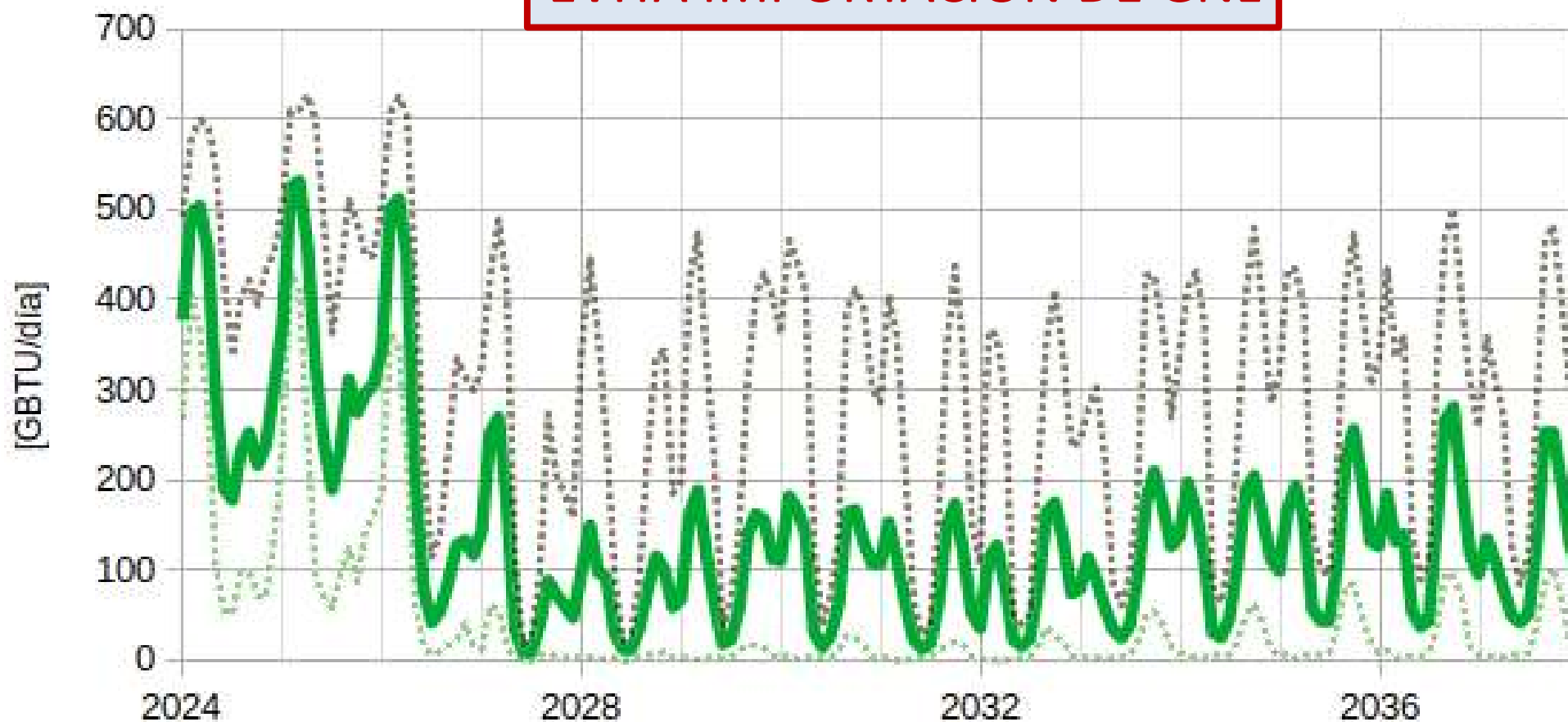
Consumo de Gas Natural

Retiro carbón



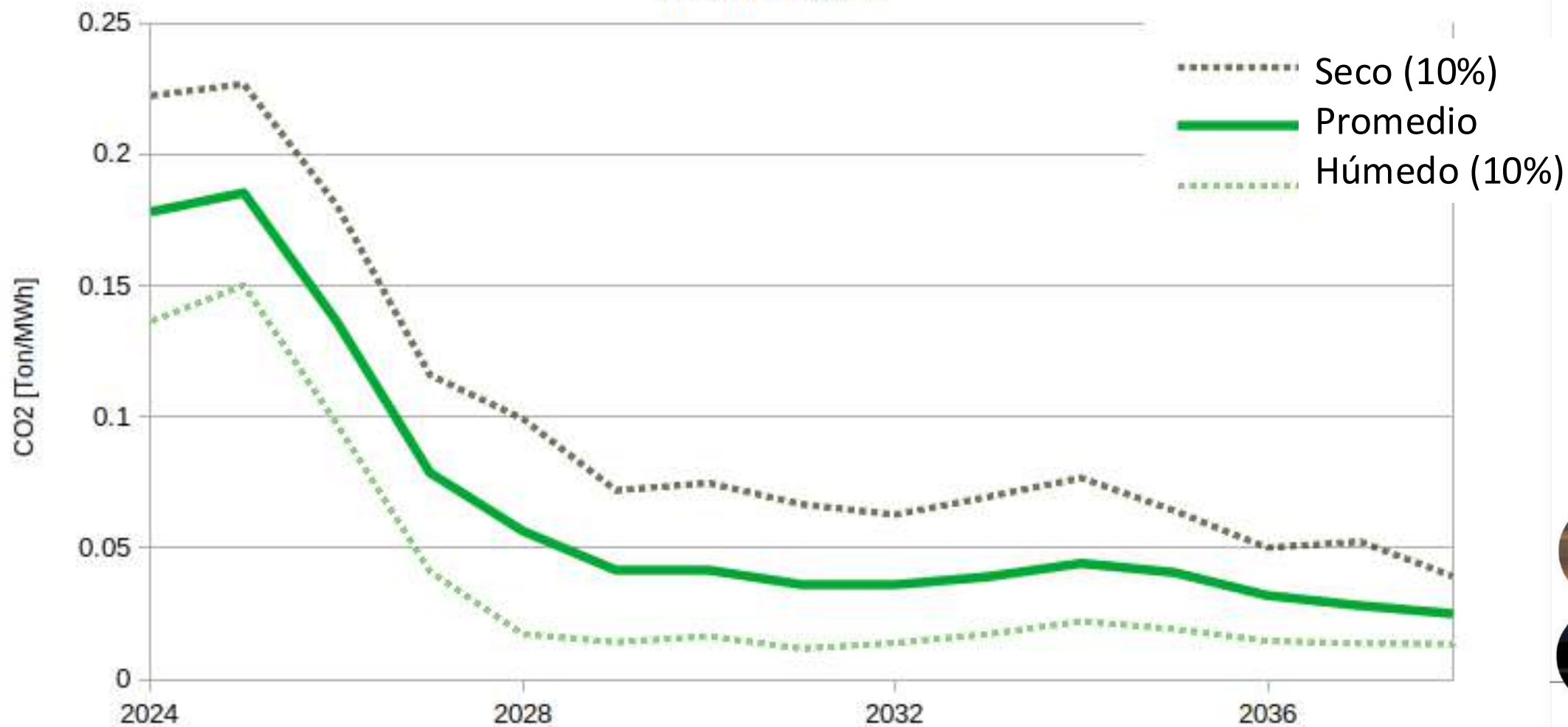
LIBERA GAS NATURAL PARA CONSUMO NO-ELÉCTRICO

EVITA IMPORTACIÓN DE GNL



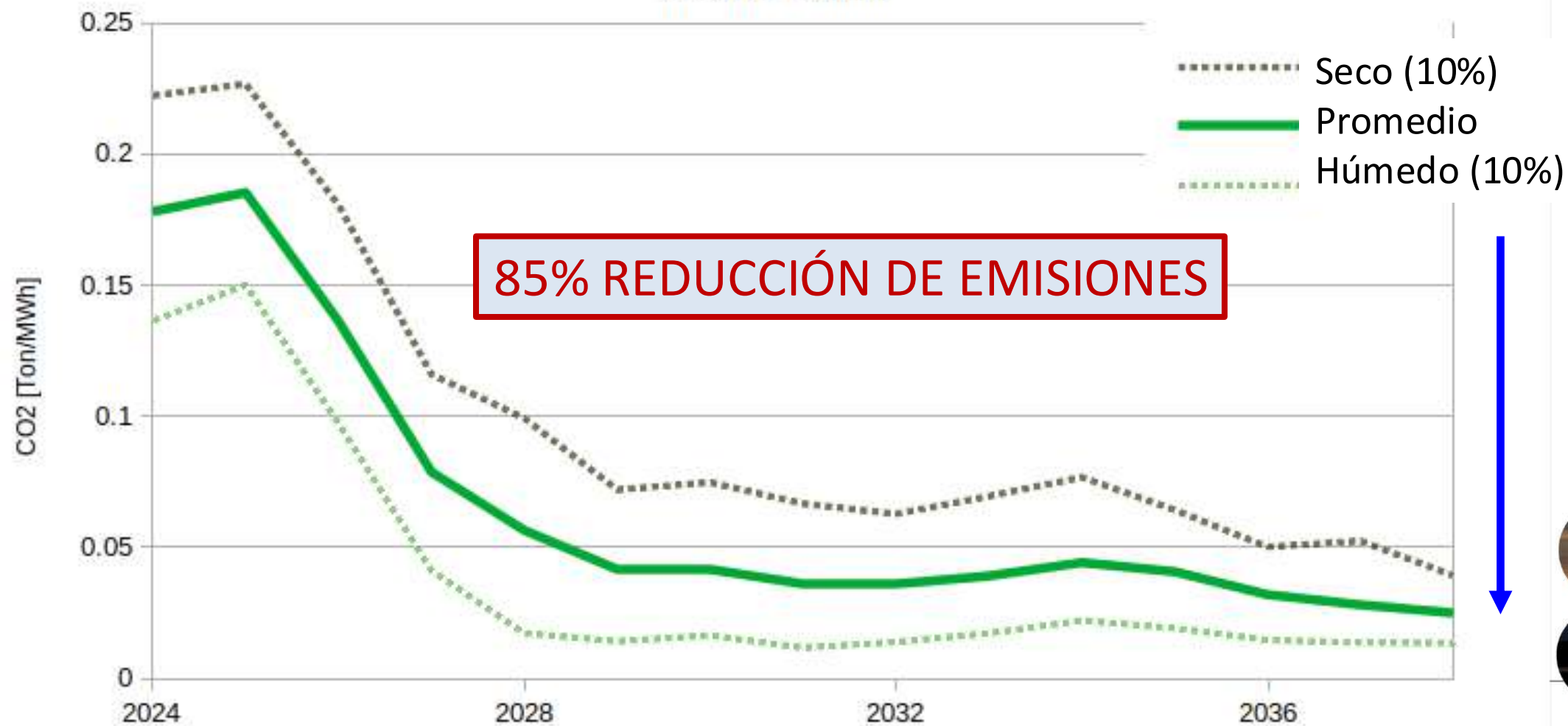
Emisiones de gases de efecto invernadero

Retiro de Carbón



Emisiones de gases de efecto invernadero

Retiro de Carbón

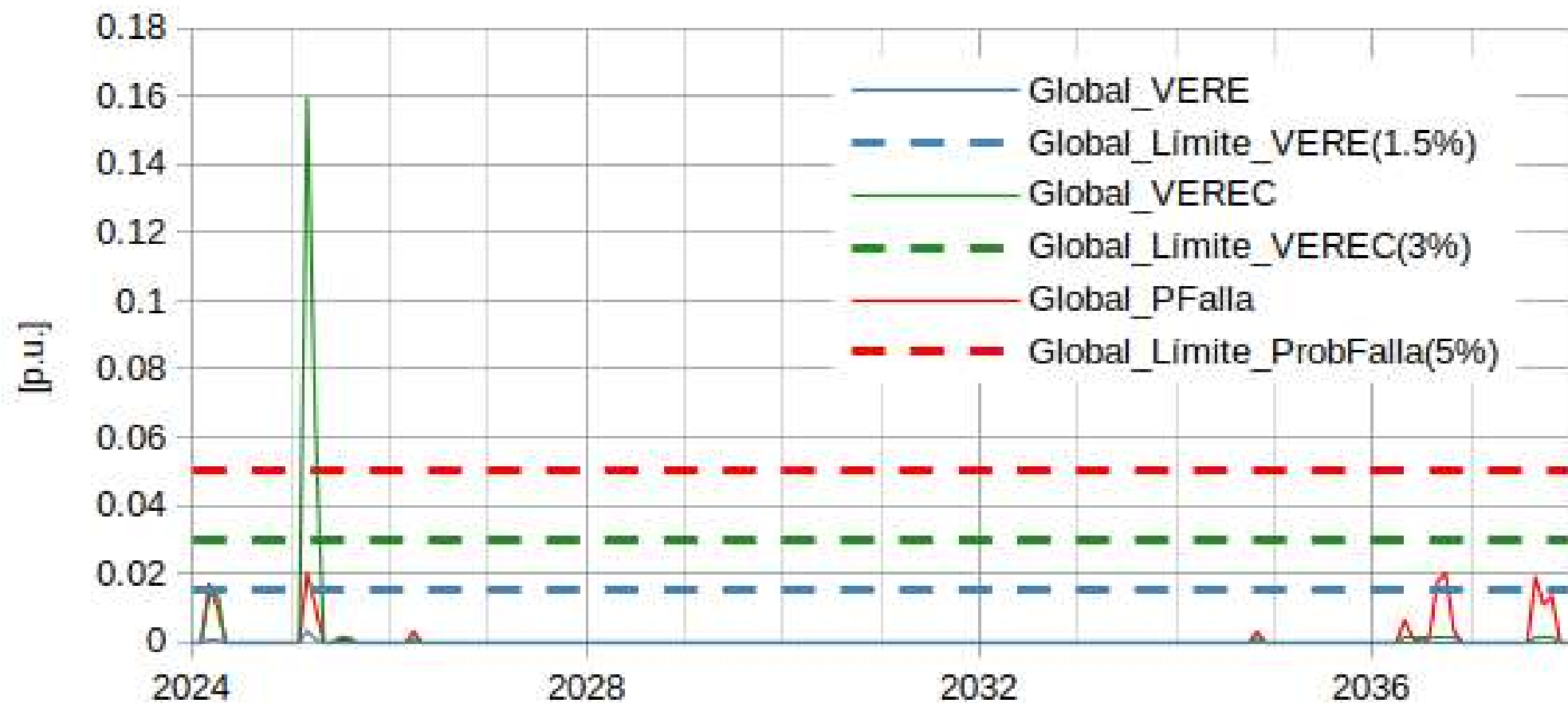


Análisis de operabilidad



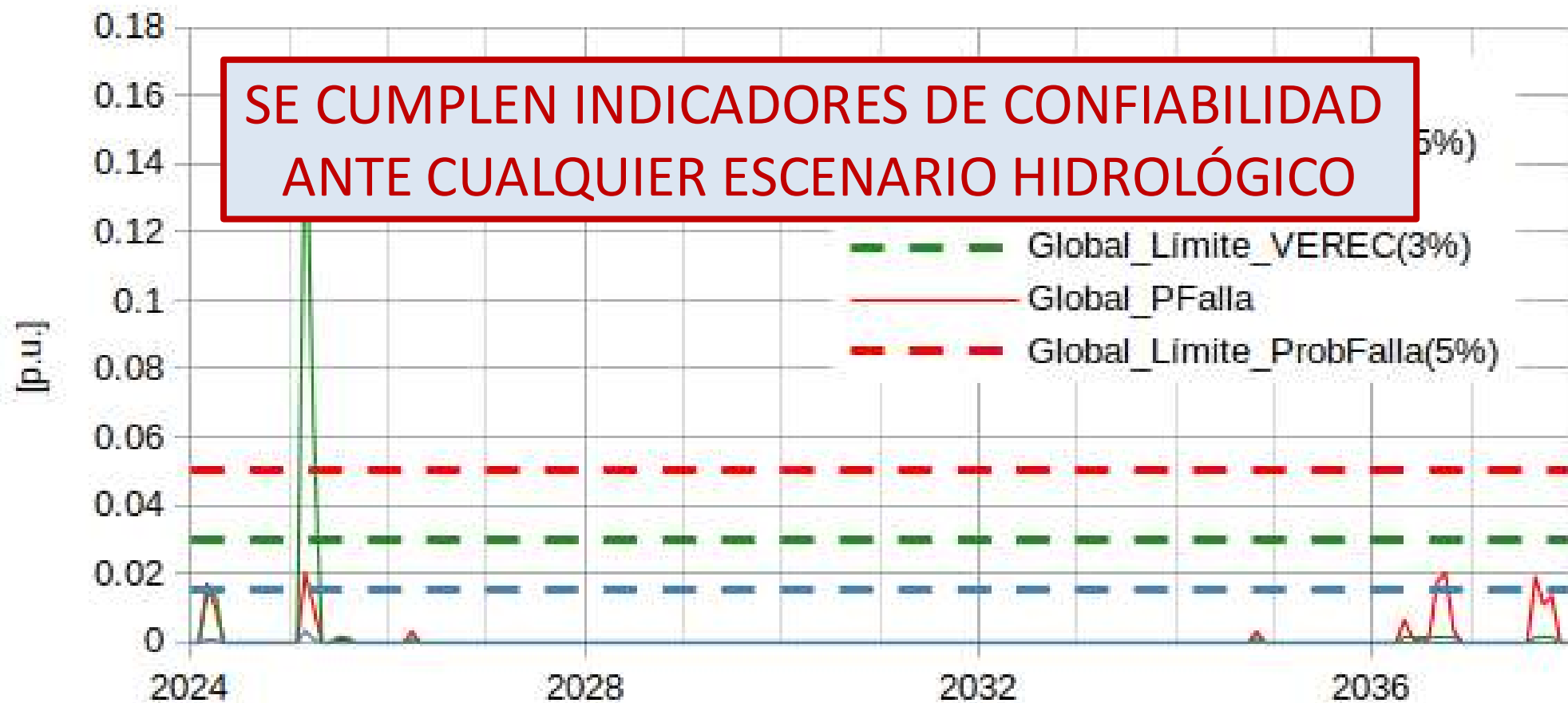
Indicadores de Confiabilidad

Retiro Carbón



Indicadores de Confiabilidad

Retiro Carbón



Análisis de estabilidad dinámica de la red (ISCI)



Análisis de estabilidad dinámica de la red (ISCI)

- Herramienta: Digsilent
- Trabajo: Análisis de contingencias en los puntos de operación más críticos del sistema
- Resultados:
 - ✓ Identificación de puntos donde colocar condensadores sincrónicos
 - ✓ Necesidad de nueva línea Primavera – Bacatá
 - ✓ Costo total mínimo (1 USD / MWh)



Análisis de estabilidad dinámica de la red (ISCI)

- Herramienta: Digsilent
- Trabajo: Análisis de contingencias en los puntos de operación más críticos del sistema
- Resultados:
 - ✓ Identificación de puntos donde colocar condensadores sincrónicos
 - ✓ Necesidad de nueva línea Primavera – Bacatá
 - ✓ Costo total mínimo (1 USD / MWh)
- Con estas inversiones, se logra la estabilidad dinámica del sistema



Requisitos regulatorios para permitir esta expansión óptima:

Nuestro estudio asume que se logra la optimización regulatoria



Requisitos regulatorios para permitir esta expansión óptima:

Nuestro estudio asume que se logra la optimización regulatoria

- El sistema cuenta siempre con la infraestructura óptima (planeación proactiva)
- XM despacha las hidráulicas para optimizar costos y garantizar suministro
- XM despacha las plantas térmicas sólo cuando el sistema las requiere
- Los contratos de la eólica y solar cumplen los estándares requeridos
- Las térmicas se remuneran por capacidad y no por energía



Impacto sobre costos



Impacto sobre costos



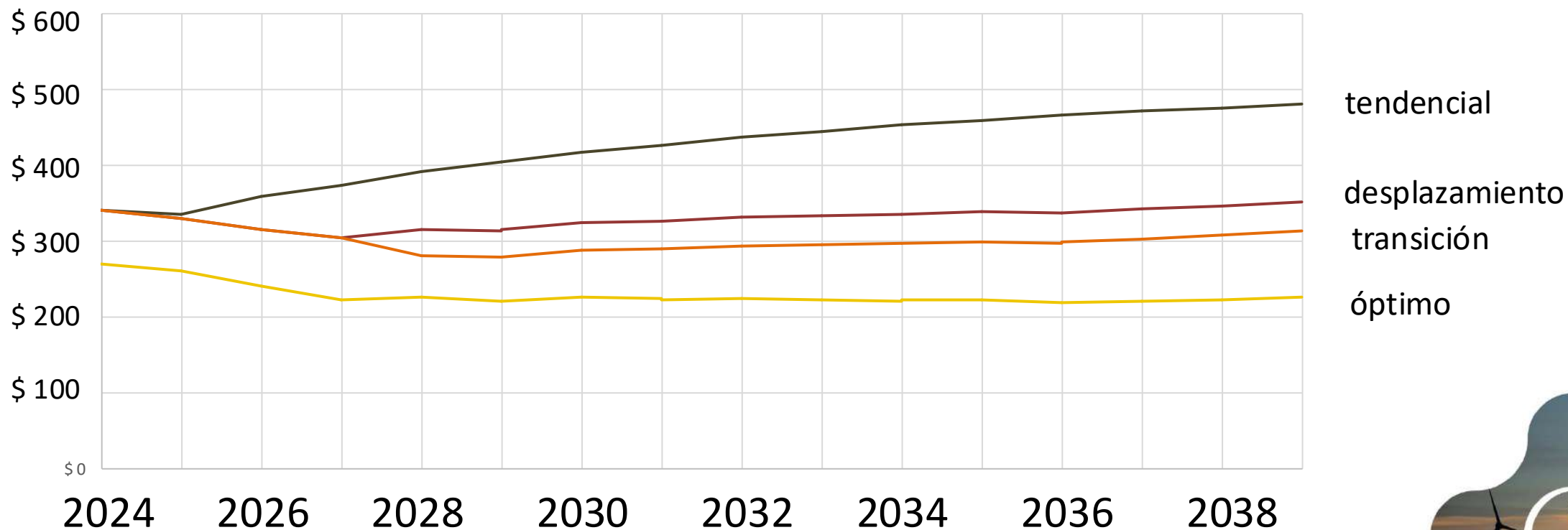
Evolución del costo de generación y del costo unitario

- Escenario tendencial: proyección de los últimos 5 años
- Escenario desplazamiento: entra eólica y solar sin modificaciones regulatorias
- Escenario transición: se suspenden nuevas subastas de CxC
- Escenario óptimo: con la transformación regulatoria completa



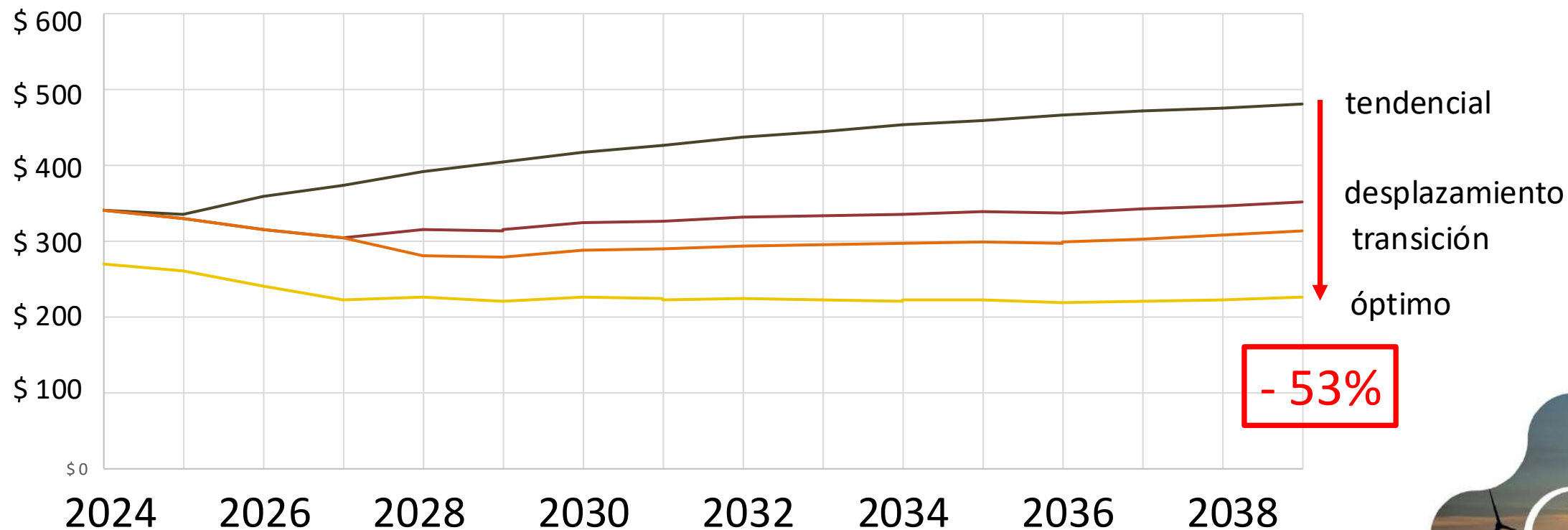
Evolución del costo de generación (en pesos constantes)

G (COP\$/kWh)



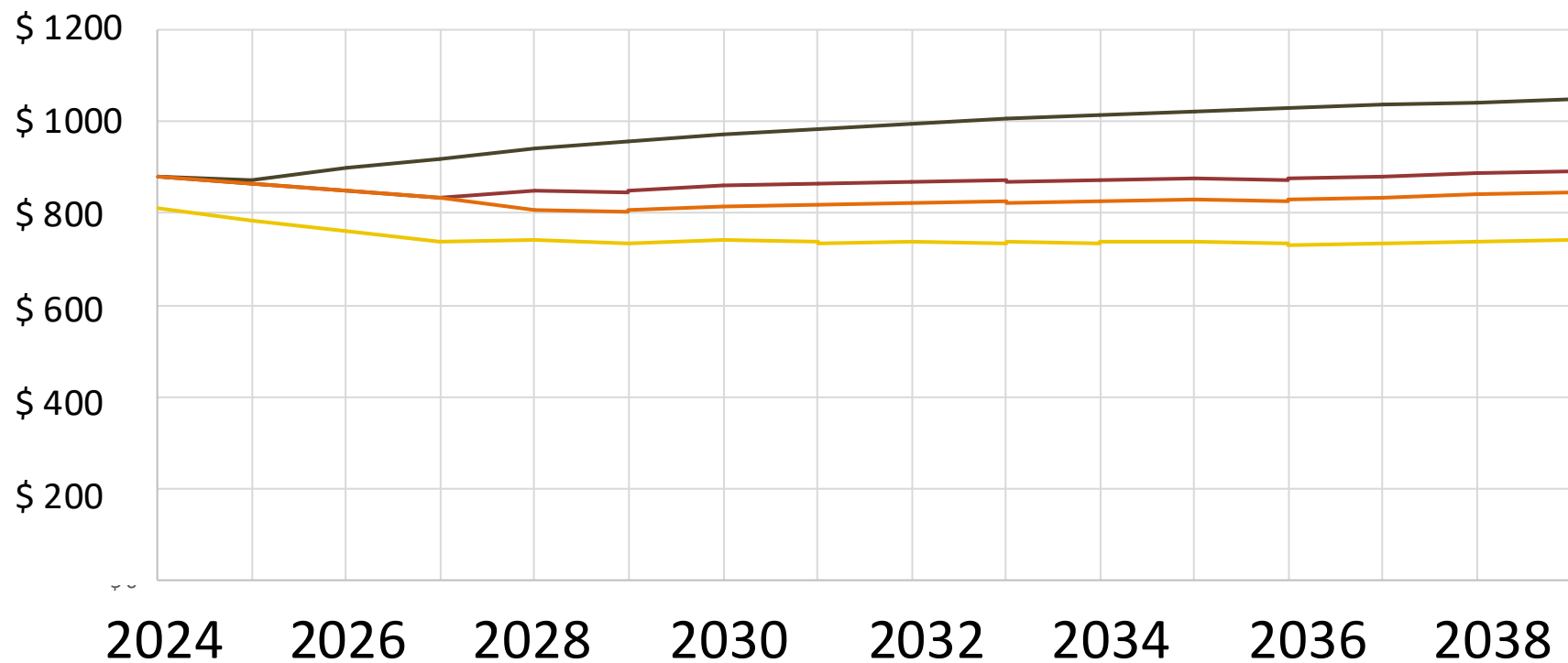
Evolución del costo de generación (en pesos constantes)

G (COP\$/kWh)



Evolución del costo unitario (en pesos constantes)

CU (COP\$/kWh)



tendencial

desplazamiento

transición

óptimo



Evolución del costo unitario (en pesos constantes)

CU (COP\$/kWh)

\$ 1200

\$ 1000

\$ 800

\$ 600

\$ 400

\$ 200

2024

2026

2028

2030

2032

2034

2036

2038

tendencial

desplazamiento

transición

óptimo

- 29%



El estudio realizado muestra que:

El óptimo económico:

- Permite reducir en 53% los costos de generación y 29% las tarifas
- Brinda garantía de suministro ante cualquier escenario climático
- Se basa exclusivamente en la incorporación de fuentes eólicas y solares
- Libera fuentes fósiles para otros usos no-eléctricos o para exportación



SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL

CUMPLE SIMULTANEAMENTE LOS 3 REQUISITOS

ENERGÍA

SEGURIDAD ENERGÉTICA

ASEQUIBILIDAD / EQUIDAD



El estudio realizado muestra que:

El óptimo económico:

- Permite reducir en 53% los costos de generación y 29% las tarifas
- Brinda garantía de suministro ante cualquier escenario climático
- Se basa exclusivamente en la incorporación de fuentes eólicas y solares
- Libera fuentes fósiles para usos no-eléctricos o para exportación



El estudio realizado muestra que:

El óptimo económico:

- Permite reducir en 53% los costos de generación y 29% las tarifas
- Brinda garantía de suministro ante cualquier escenario climático
- Se basa exclusivamente en la incorporación de fuentes eólicas y solares
- Libera fuentes fósiles para usos no-eléctricos o para exportación
- **Puede implementarse muy rápidamente**



El estudio realizado muestra que:

El óptimo económico:

- Permite reducir en 53% los costos de generación y 29% las tarifas
- Brinda garantía de suministro ante cualquier escenario climático
- Se basa exclusivamente en la incorporación de fuentes eólicas y solares
- Libera fuentes fósiles para usos no-eléctricos o para exportación
- Puede implementarse muy rápidamente

Sin embargo hay que generar las condiciones regulatorias para permitir que esto suceda, evitando lock-in tecnológico de opciones más caras



El estudio realizado muestra que:

El óptimo económico:

- Permite reducir en 53% los costos de generación y 29% las tarifas
- Brinda garantía de suministro ante cualquier escenario climático
- Se basa exclusivamente en la incorporación de fuentes eólicas y solares
- Libera fuentes fósiles para usos no-eléctricos o para exportación
- Puede implementarse muy rápidamente

Sin embargo hay que generar las condiciones regulatorias para permitir que esto suceda, evitando lock-in tecnológico de opciones más caras

Hoja de ruta y más detalles en:

<https://fundacionivy.org/documentos-informe-colombia/>

<https://polentj.org/publicaciones-polen-transiciones-justas>



Muchas gracias!

ramon.mendez@fundacionivy.org

