

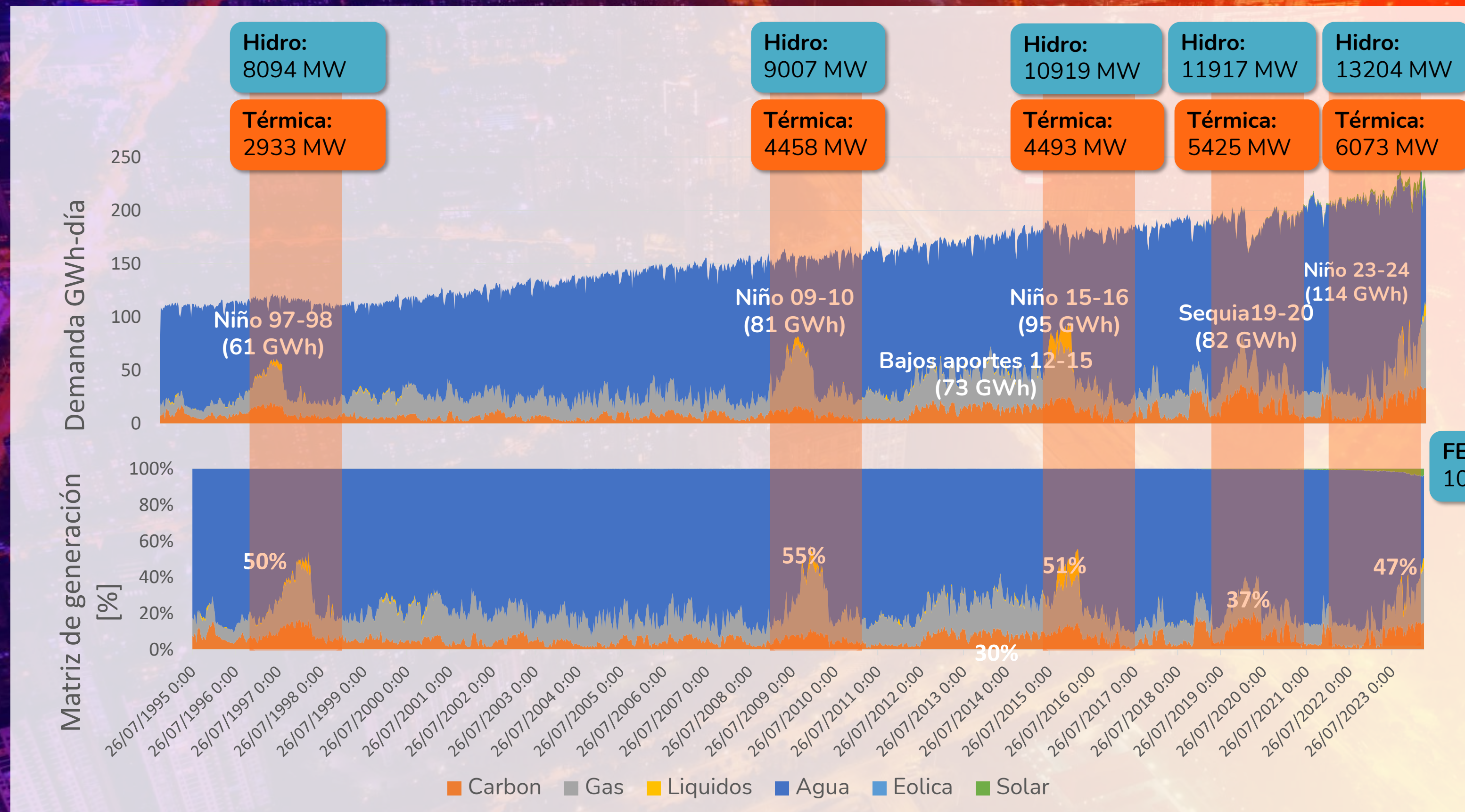


Sumamos energía,
sumamos pasión

Suficiencia y seguridad energética para la atención de la demanda en Colombia

Carlos Andrés Cano Isaza
10 de mayo de 2024

Tenemos un sistema confiable que ha tenido la seguridad y suficiencia energética para atender 5 periodos de bajos aportes “El Niño”



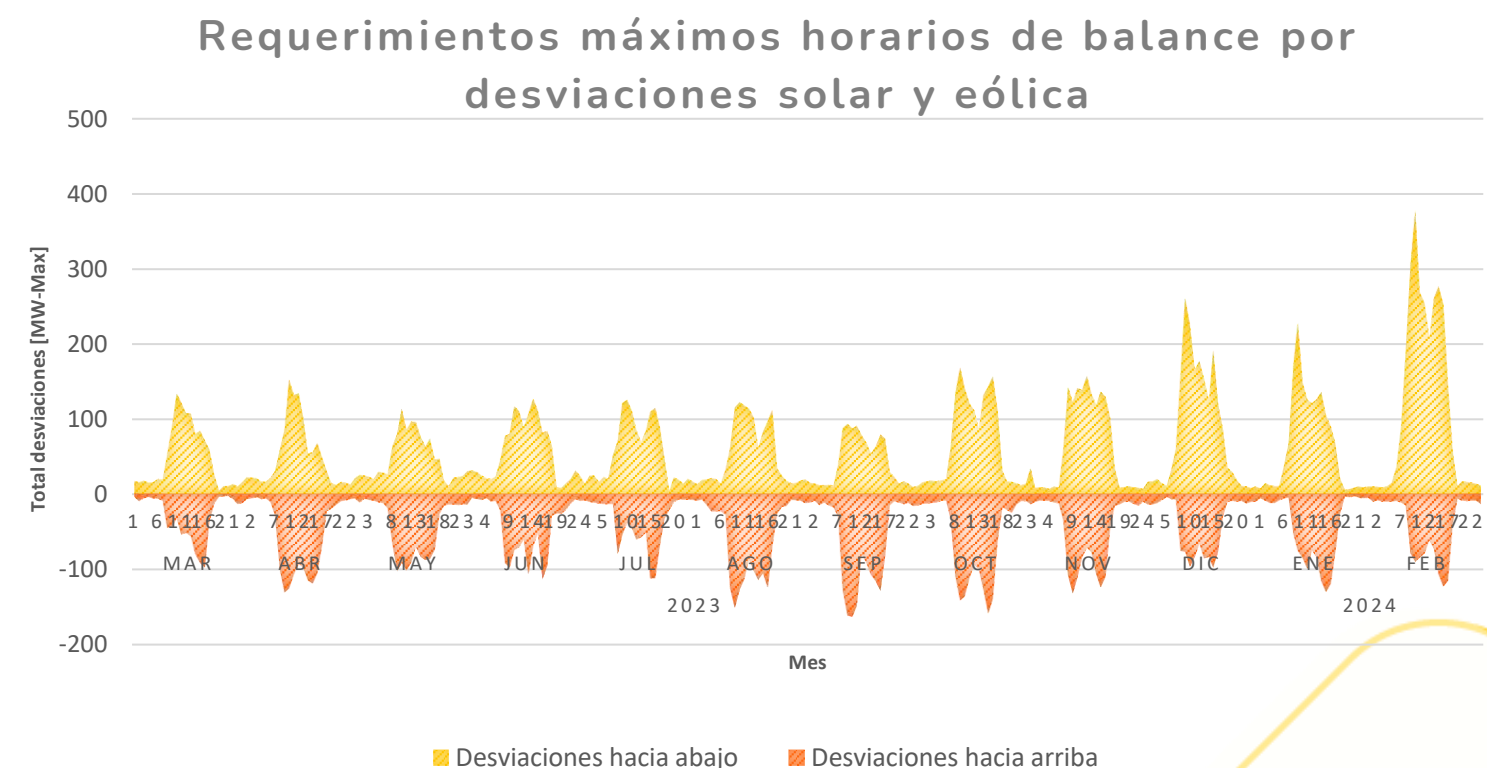
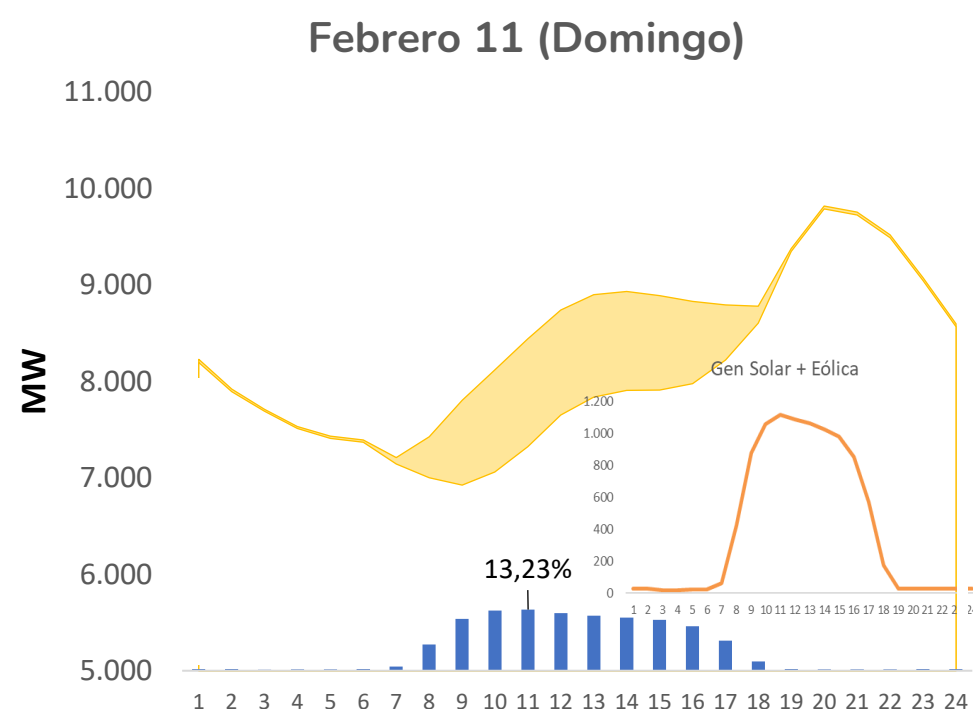
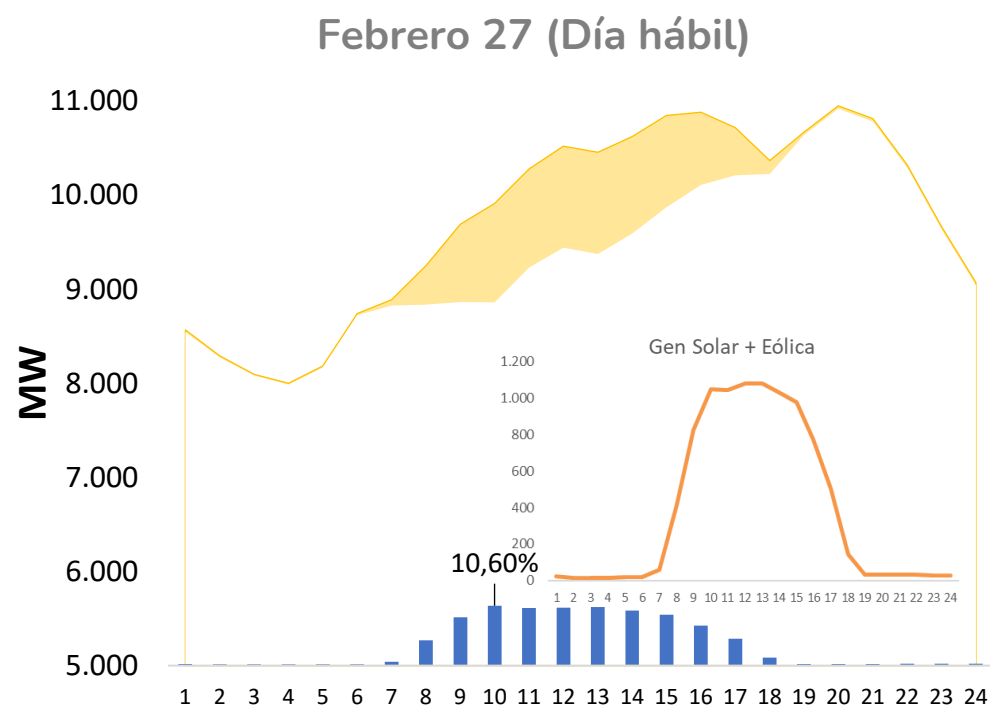
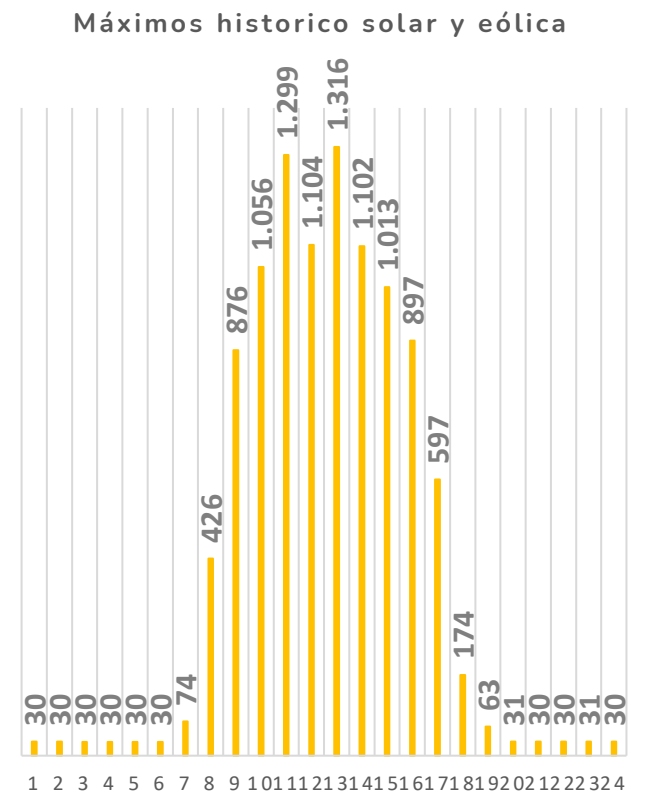
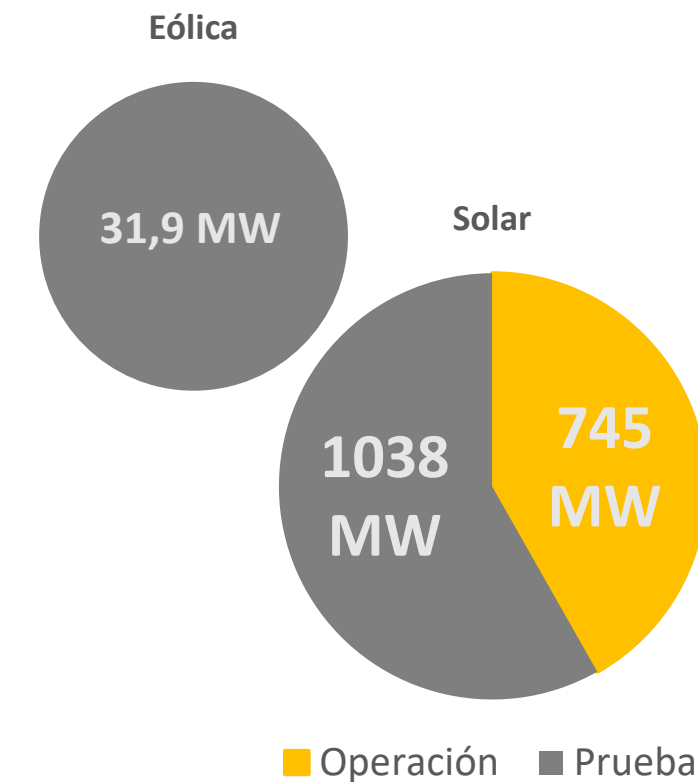
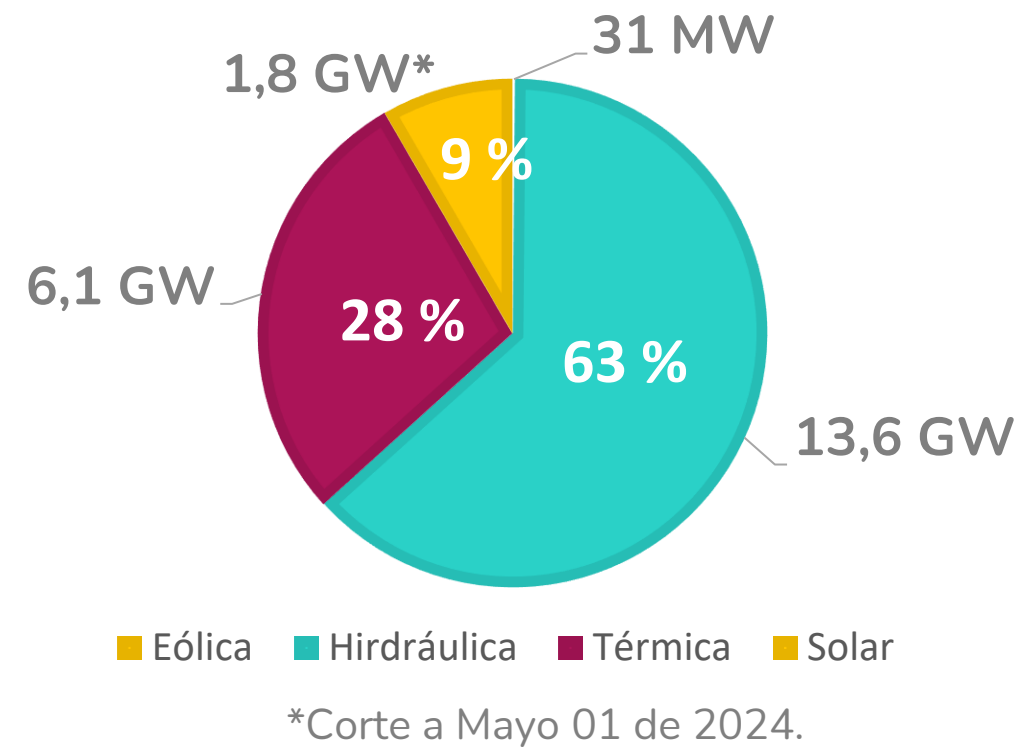
En 2024, la incorporación de generación solar comienza a reflejarse en la curva de demanda neta y los requerimientos de balance

¿Cómo vamos con la incorporación de FERNC?

9% de capacidad efectiva neta solar y eólica (1.8GW)

69% de la capacidad efectiva neta solar y eólica en pruebas

1316 MW de máximo real horario producción solar y eólica

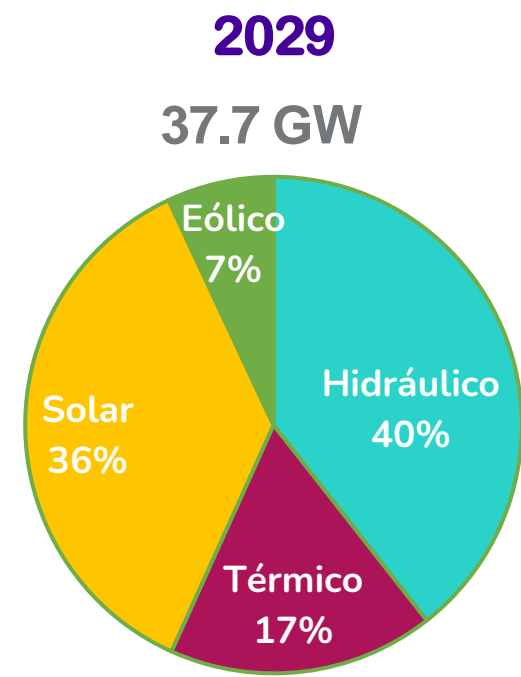


* Considera proyectos en operación comercial y pruebas

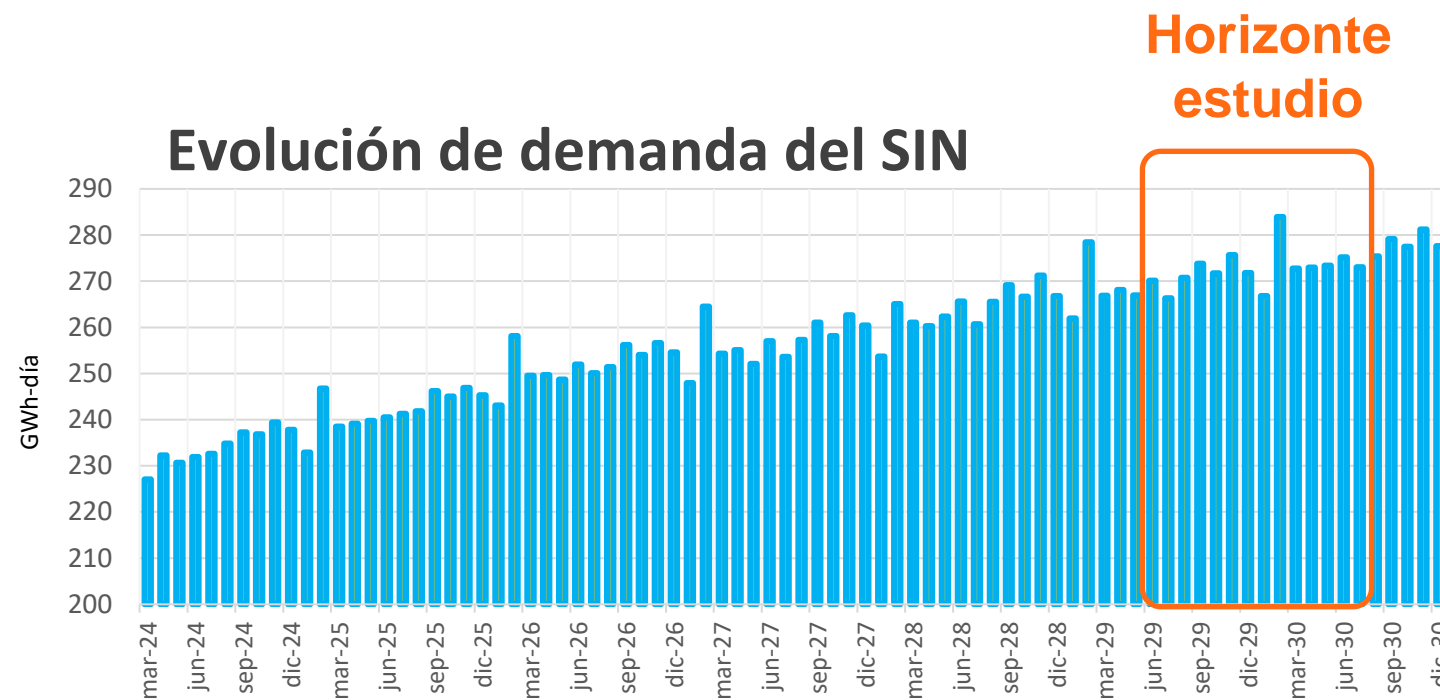
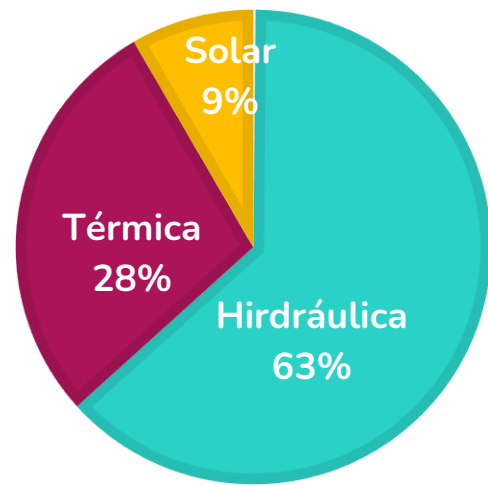
¿ A qué posibles escenarios nos enfrentamos?

16.2 GW
FERNC

Proyectos
CREG
075 de 2021



Hoy
21.5 GW*



Caribe 9.54 GW (59%)

| Subárea | Eólica [MW] | Solar [MW] | TOTAL [MW] |
|---------------|-------------|------------|------------|
| GCM | 2403 | 1634 | 4037 |
| Cerromatoso | 0 | 440 | 440 |
| Atlantico | 10 | 1206 | 1216 |
| Bolivar | 200 | 901 | 1101 |
| Cordoba-Sucre | 0 | 2750 | 2750 |

Nordeste 1.91 GW (12%)

| Subárea | Eólica [MW] | Solar [MW] | TOTAL [MW] |
|-----------------|-------------|------------|------------|
| Boyacá | 0 | 588 | 588 |
| Santander | 0 | 738 | 738 |
| Arauca | 0 | 49 | 49 |
| N. de Santander | 0 | 538 | 538 |

Antioquia 1.38 GW (9%)

| Subárea | Eólica [MW] | Solar [MW] | TOTAL [MW] |
|-----------|-------------|------------|------------|
| Antioquia | 0 | 1382 | 1382 |

Sur 2.35 GW (15%)

| Subárea | Eólica [MW] | Solar [MW] | TOTAL [MW] |
|--------------|-------------|------------|------------|
| Valle | 0 | 394 | 394 |
| Cauca-Nariño | 0 | 149 | 149 |
| CQR | 0 | 687 | 687 |
| Huila-Tolima | 0 | 1119 | 1119 |

37.8 GW de capacidad instalada al 2029

Oriental 0.84 GW (5%)

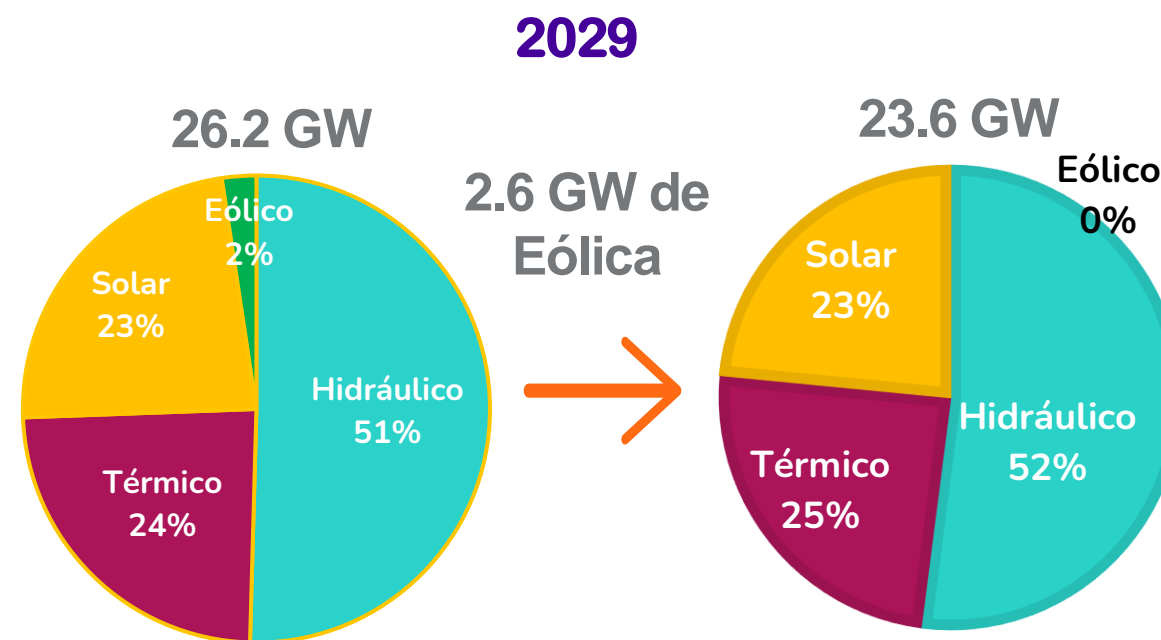
| Subárea | Eólica [MW] | Solar [MW] | TOTAL [MW] |
|---------|-------------|------------|------------|
| Meta | 0 | 539 | 539 |
| Bogotá | 0 | 299 | 299 |

Estudio de flexibilidad 2029-2030

Preparar el Sistema para la incorporación de 16 GW de generación basada en inversores, con el objetivo de lograr un abastecimiento seguro y confiable de la demanda.

Proyectos con OEF

6.2 GW
FERNC



Proyectos con OEF – sin Eólica

* Considera proyectos en operación comercial y pruebas

¿Cómo abordamos en XM la seguridad y suficiencia energética?

Estudios de flexibilidad del Sistema

Los estudios realizados por XM permiten Identificar los principales atributos para la operación segura y confiable del sistema en un escenario de alta incorporación de FERNC



Suficiencia energética

Capacidad de satisfacer las necesidades energéticas de la sociedad de manera adecuada



1 Suficiencia energética

Contar con el suministro futuro de electricidad en el mediano y largo plazo: disponibilidad, complementariedad, almacenamiento

Seguridad eléctrica

Propender por la disponibilidad y confiabilidad de suministro de energía a la sociedad, en todos los horizontes temporales



2 Flexibilidad en potencia

Mantener el balance generación – demanda : rampas, desviaciones, ciclaje.



3 Capacidad de transporte

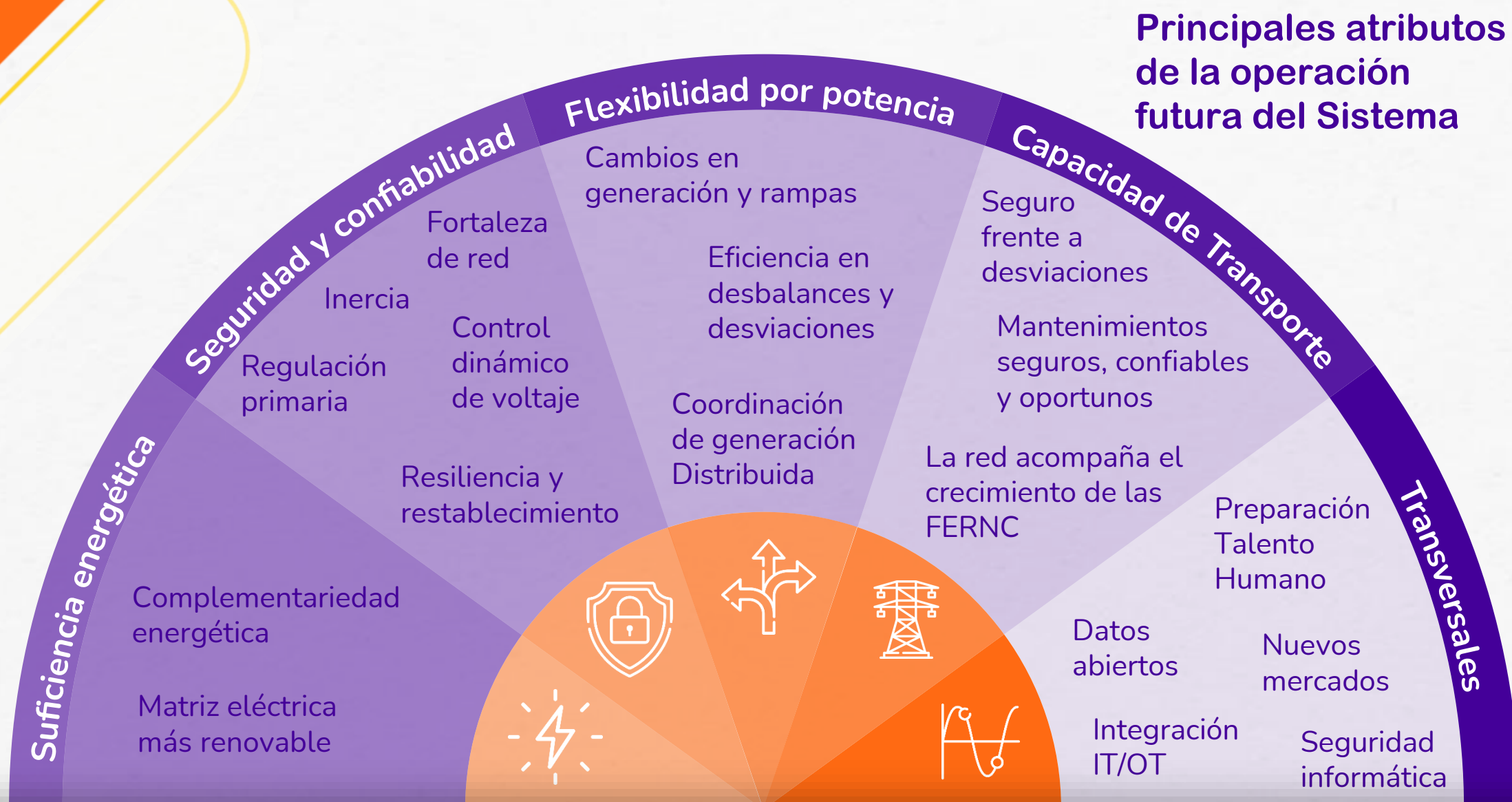
Poder transportar la energía manteniendo la seguridad: congestiones, control de voltaje, esquemas de protección.



4 Calidad, seguridad y confiabilidad

Capacidad del sistema para responder de forma adecuada a perturbaciones, manteniendo la estabilidad

Estudio de flexibilidad 2029-2030



| Año | Horizonte | Solar [MW] | Eólica [MW] | Tot. FERNC [MW] | Proyectos gen. [MW] |
|---------------|--------------------|---------------|--------------|-----------------|---------------------|
| 2019 | 2023-2024 | 527 | 1.565 | 2.092 | 4.287 |
| 2021-1 | 2024-2025 | 1.941 | 2.490 | 4.431 | 6.812 |
| 2021-2 | 2024-2025 | 5.634 | 2.531 | 8.165 | 10.126 |
| 2022-1 | 2024-2027 | 8.451 | 2.732 | 11.183 | 13.278 |
| 2024-1 | 2028 – 2029 | 13.750 | 2.432 | 16.182 | 17.986 |

2018 - IRENA hizo el primer estudio para la UPME utilizando la herramienta Flextool.

Segundo y tercer estudio de XM, ajustes metodológicos, 3 hidrologías 2021-22 y 2024-25. Recomendaciones del CNO.

Quinto estudio de XM, Consolidación de la operación con una matriz renovable (2029-2030)

2016

2017

2018

2019

2020

2021

2022

2023

2024

Primer estudio de XM, 3 escenarios de proyectos a 2023-24, 3 hidrologías.

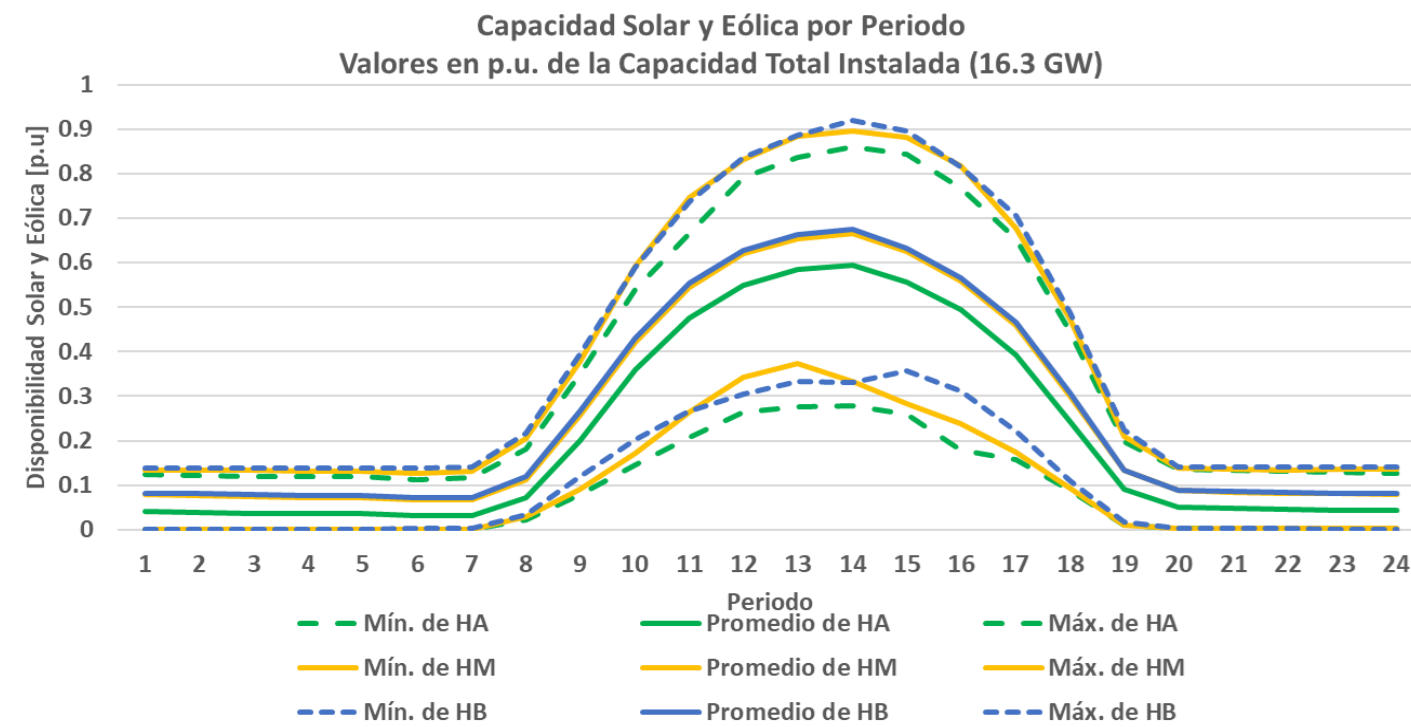
Cuarto estudio de XM, nuevos indicadores, 3 periodos de análisis desde el 2024 hasta el 2027.



Suficiencia energética

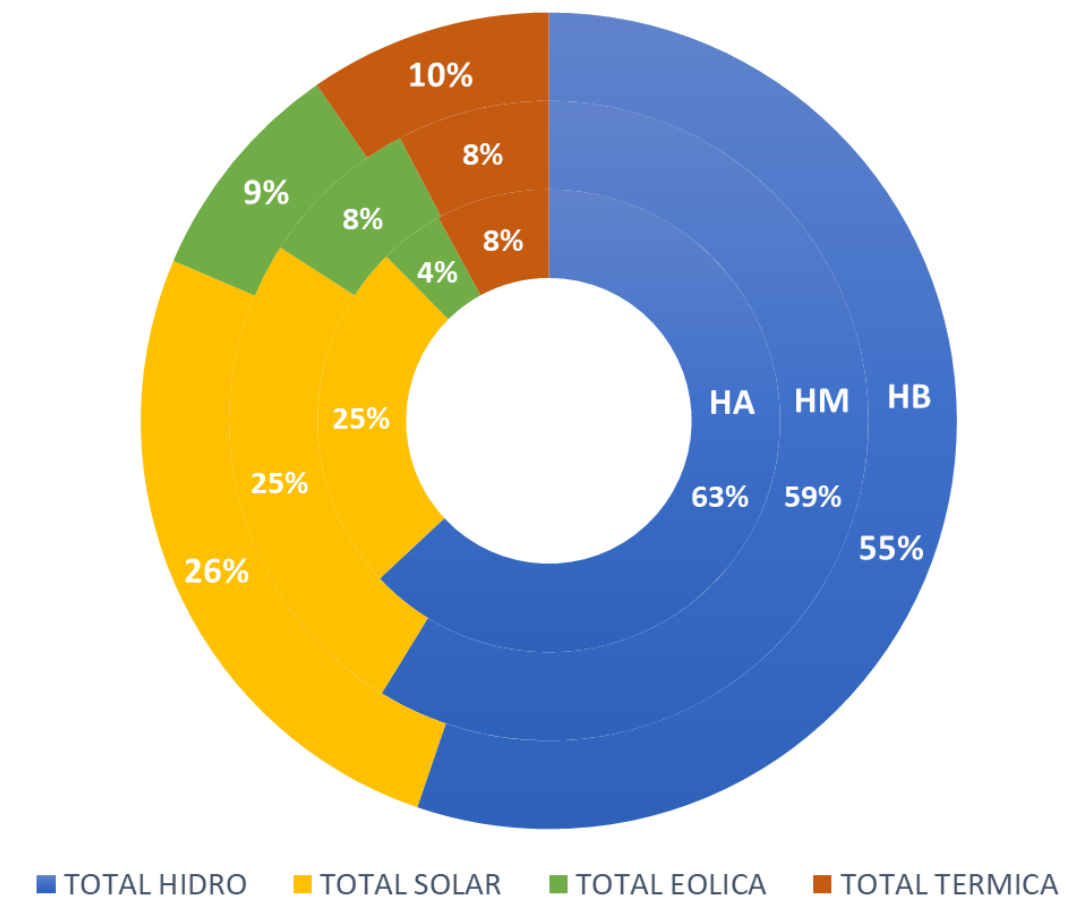
Se debe mantener una matriz diversificada, con fuentes de producción renovable a lo largo del territorio y aprovechar la complementariedad estacional y diaria de los recursos hidráulicos, térmicos, eólicos y solares frente a condiciones meteorológicas como los fenómenos de El Niño y La Niña.

¿Y si se materializan todos los proyectos?



Los resultados indican alta variabilidad del recurso eólico y solar, con disponibilidades del recurso que varían a nivel horario entre el **90% y el 22%** de la capacidad instalada.

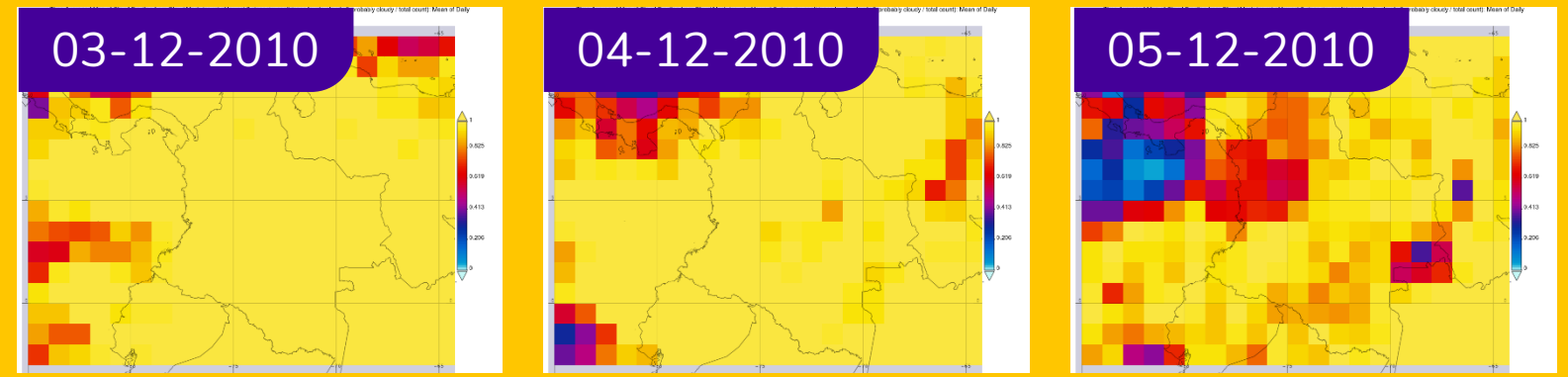
CASOS 2029-2030



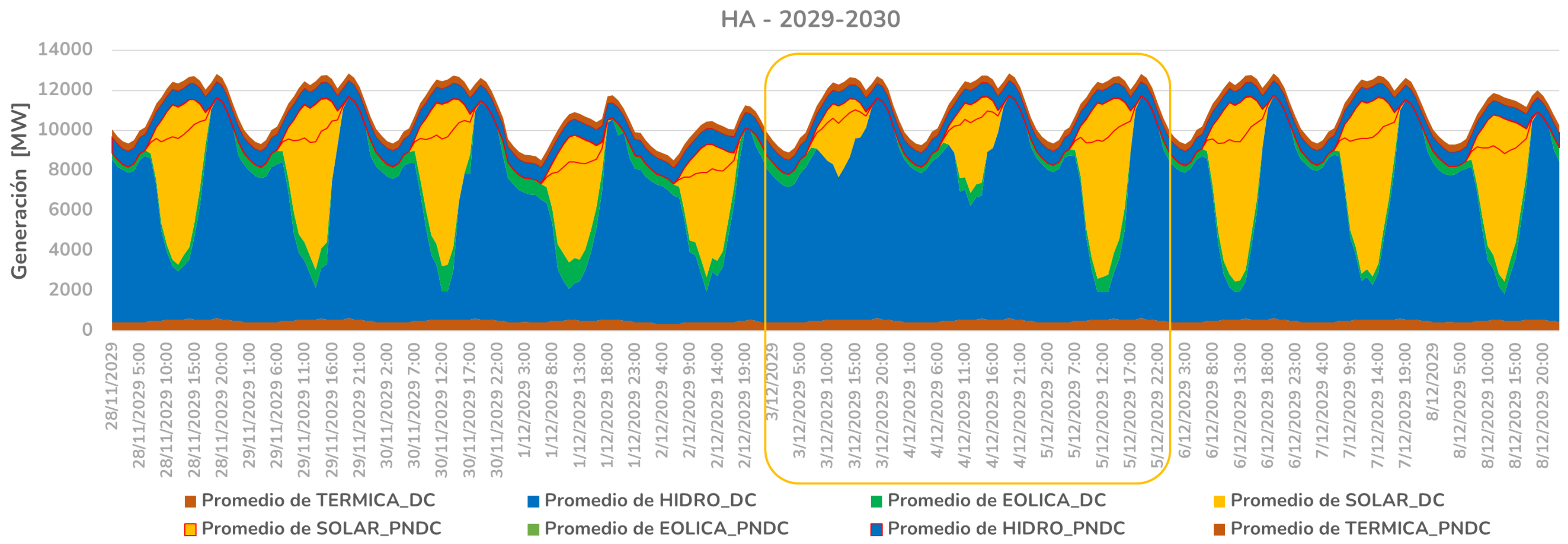
Las fuentes solares y eólicas atienden entre el **29% y el 35%** de la demanda energética en todos los escenarios, con valores de máxima producción horaria que superan el **85%** de la demanda, el parque térmico complementa los periodos de baja capacidad de producción solar, eólica e hídrica.



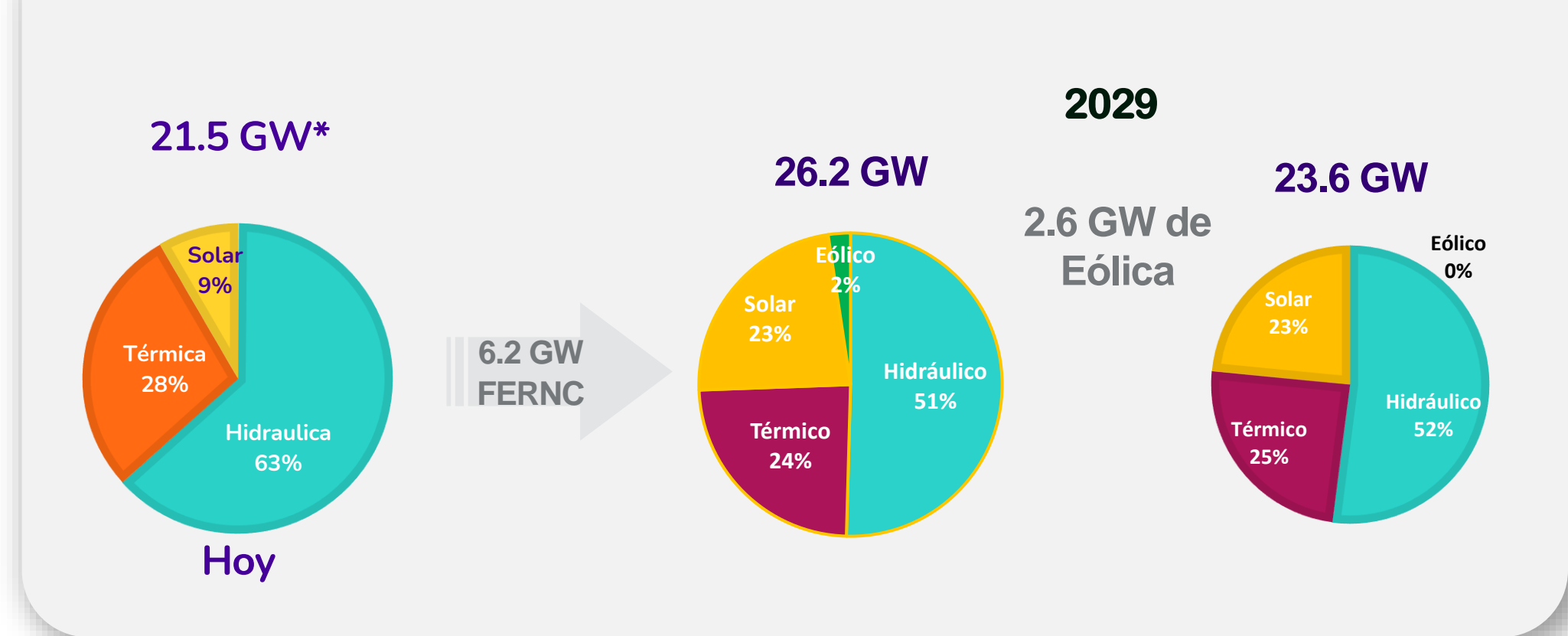
Se observan periodos de disminución generalizada del recurso solar y eólico, producto de fenómenos meteorológicos que favorecen un clima lluvioso en el país. Frente a lo anterior, **mantener un parque de generación complementario a las fuentes de generación solar y eólica se torna indispensable para garantizar el abastecimiento de la demanda.** Lo anterior, cobra aun mayor relevancia en un escenario de crecimiento acelerado de la demanda, producto de la electrificación del sector transporte e industrial.



Los registros históricos muestran en todo el territorio colombiano la consolidación de condiciones de alta nubosidad (amarillo), presentando un cielo totalmente cubierto bajo el cual se disminuye la capacidad de producción solar y eólica.

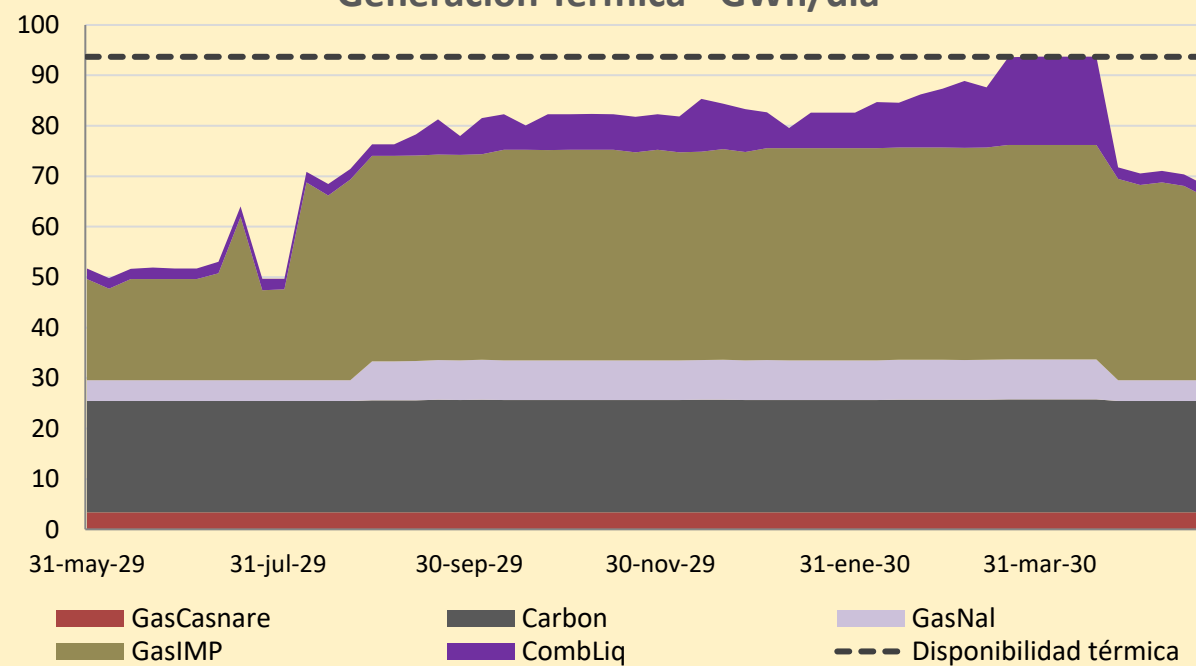


¿Y si el atraso en los proyectos continúa?

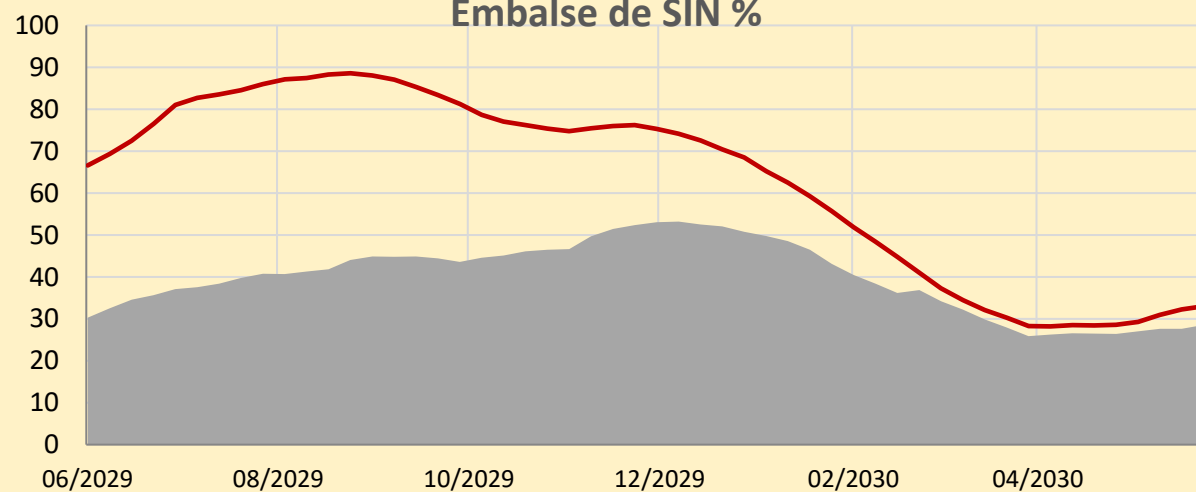


Solo proyectos con OEF

Generación Térmica - GWh/día

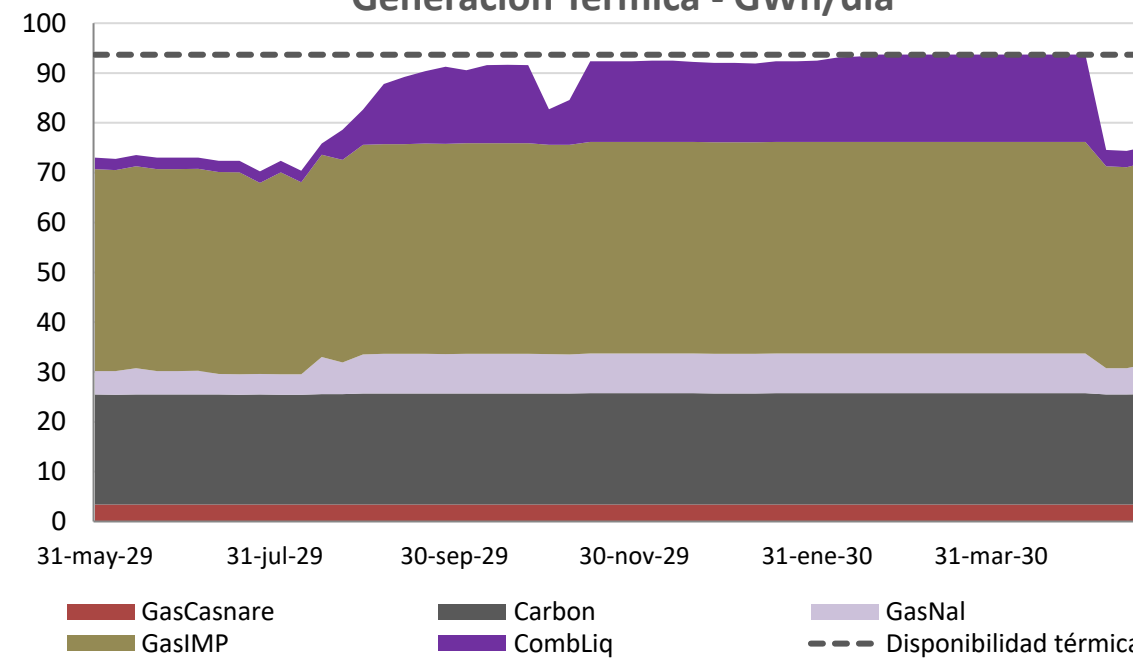


Embalse de SIN %

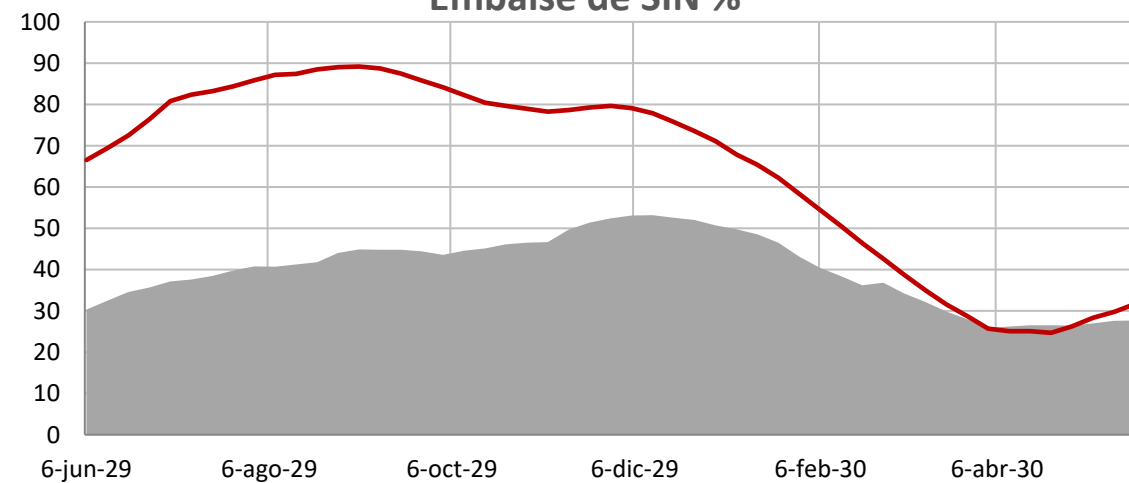


Solo proyectos con OEF y sin eólicas

Generación Térmica - GWh/día



Embalse de SIN %



Ante este escenario y de presentarse un fenómeno de baja hidrología tipo el Niño, los requerimientos de generación térmica se incrementarían a valores superiores a los 90 GWh/día por más de siete meses. Por tanto, **de presentarse retrasos adicionales en la puesta en operación de la expansión, podrían generarse riesgos para la atención de la demanda ante periodos de bajos aportes tipo El Niño.**

* Considera proyectos en operación comercial y pruebas

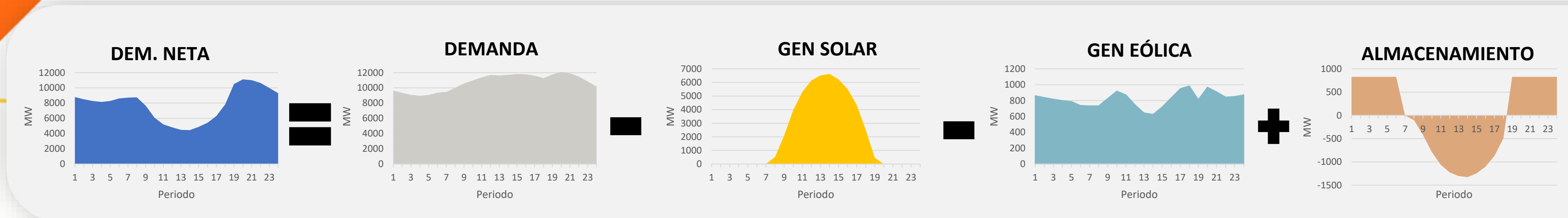


Flexibilidad en potencia

Con la incorporación de 16 GW de generación renovable, el patrón de balance entre la carga y generación a lo largo del día cambia significativamente, producto principalmente del ciclo diario de producción de la generación solar.

Se observan requerimientos de rampas de bajada de generación en la mañana, y de rampas de subida en la tarde, que exigirán mayor flexibilidad del parque generador existente, así como otras dinámicas y comportamientos que revisten importancia para la atención segura y confiable de la demanda.

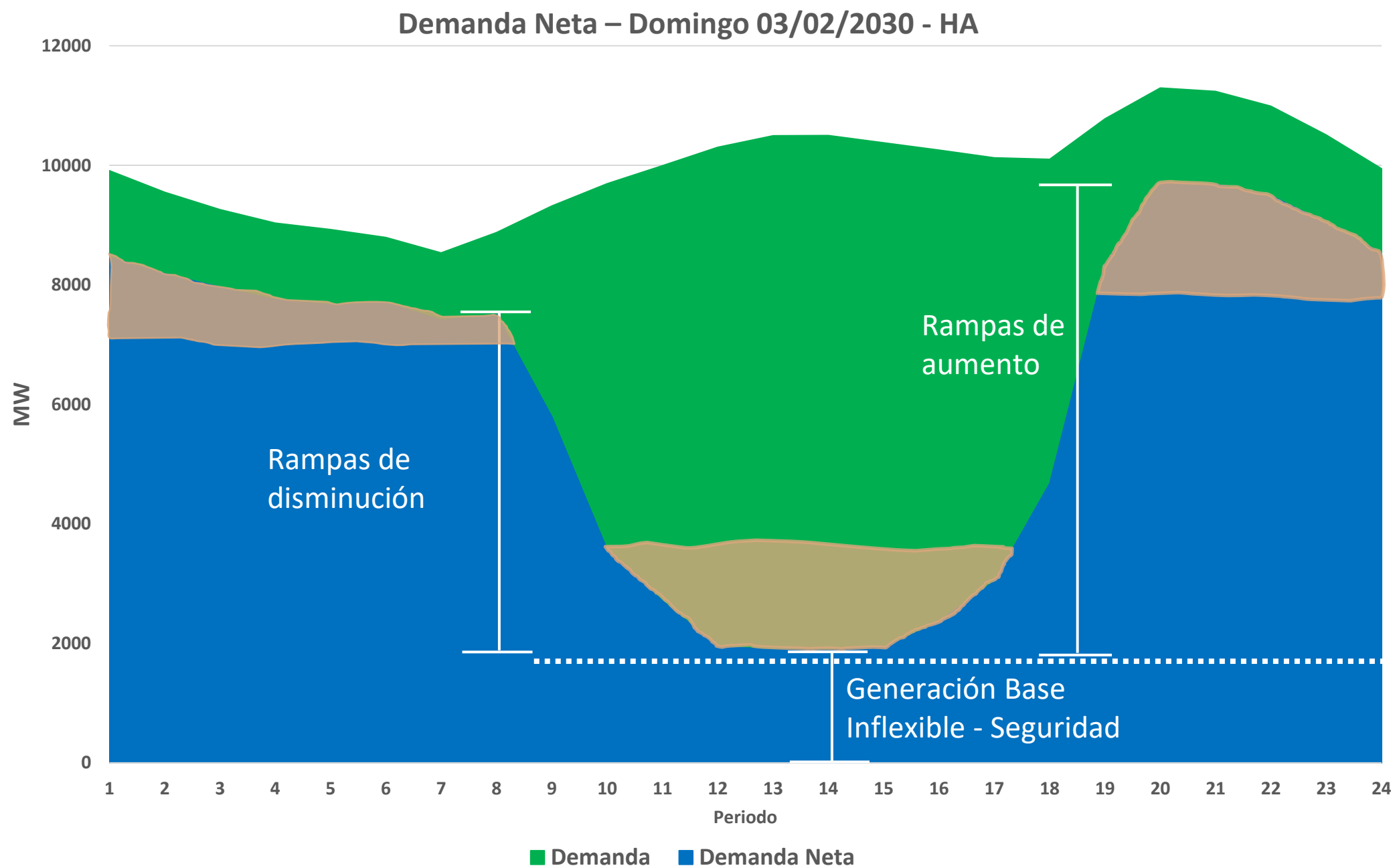
De la curva del pato a la curva tipo Cañón



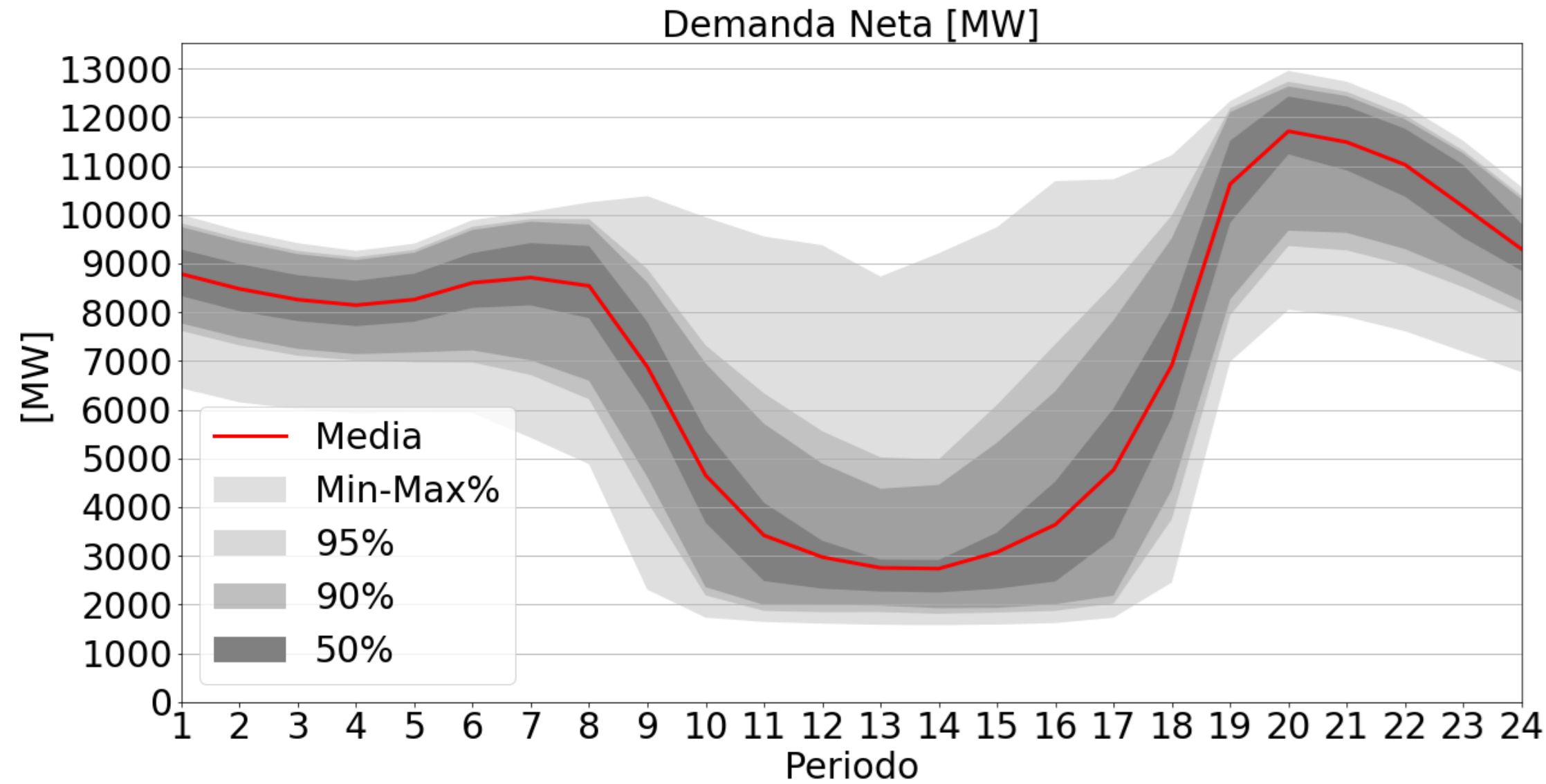
FLEXIBILIDAD EN POTENCIA



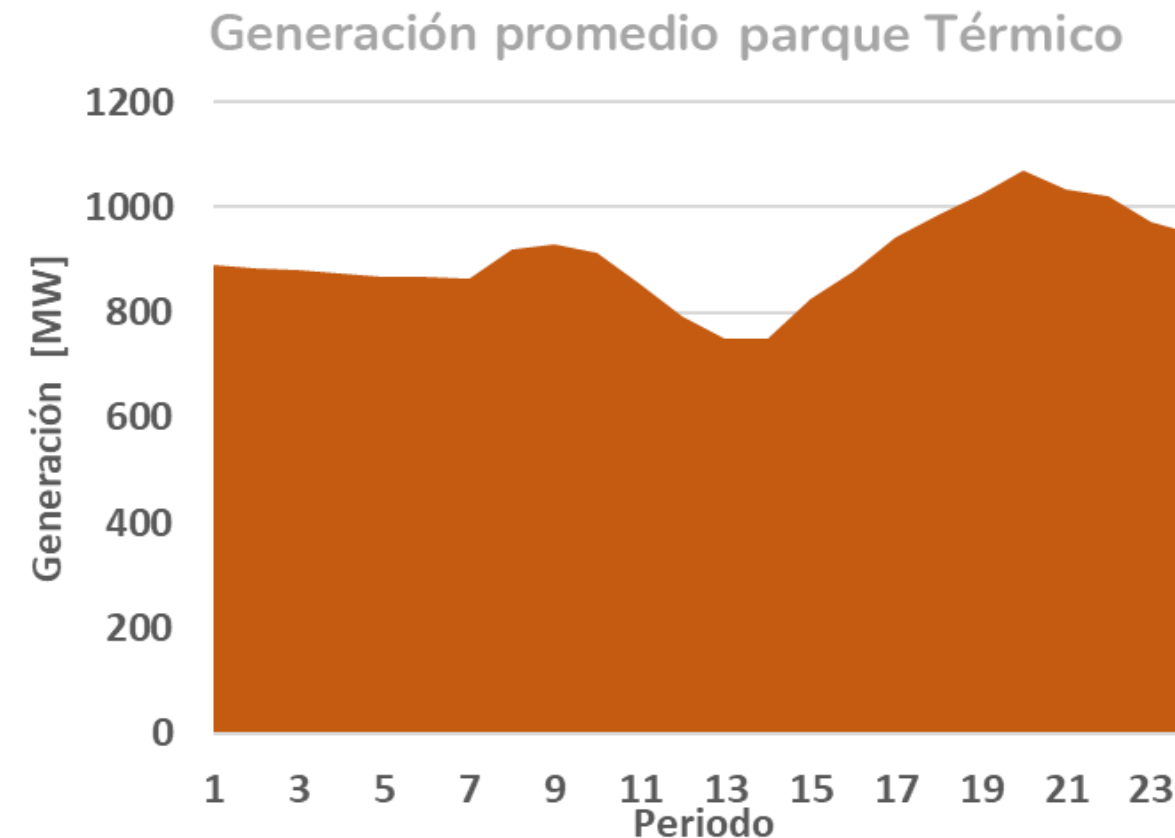
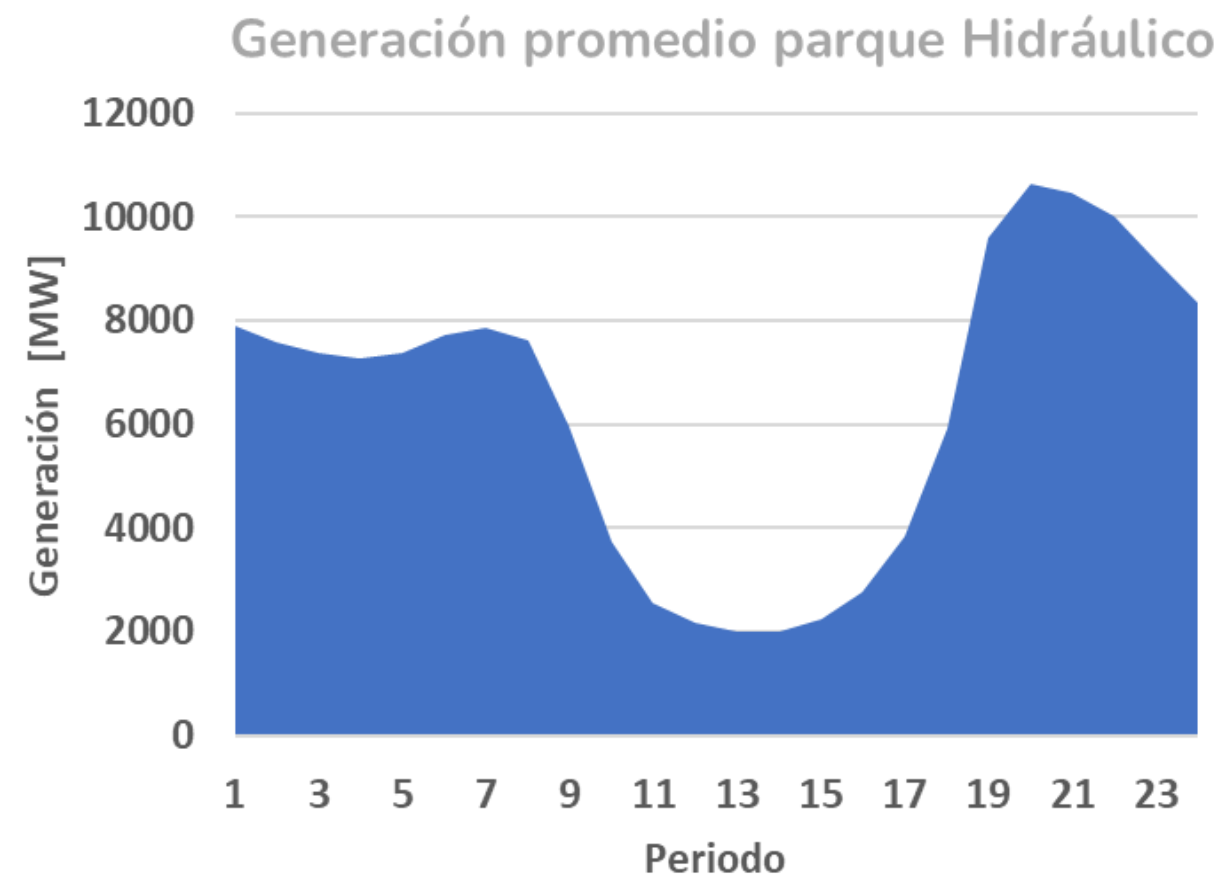
La disponibilidad y variabilidad del recurso primario se refleja en la demanda neta, la cual refleja un **patrón de “cañón”** que, sin las herramientas y flexibilidad del parque convencional adecuadas, puede generar riesgos para la operación estable y segura del sistema.



¿Qué tan flexibles lograremos ser?



Curvas de demanda neta



La generación hidráulica es la tecnología que brindará la flexibilidad requerida por el sistema para la incorporación masiva de FNCER, actuando como almacenador de energía en las horas de alta producción solar, y liberando esta energía en horas de demanda máxima y mínima. **Mantener la flexibilidad en la operación de los embalses es indispensable para minimizar riesgos en el abastecimiento seguro y confiable de la demanda.**



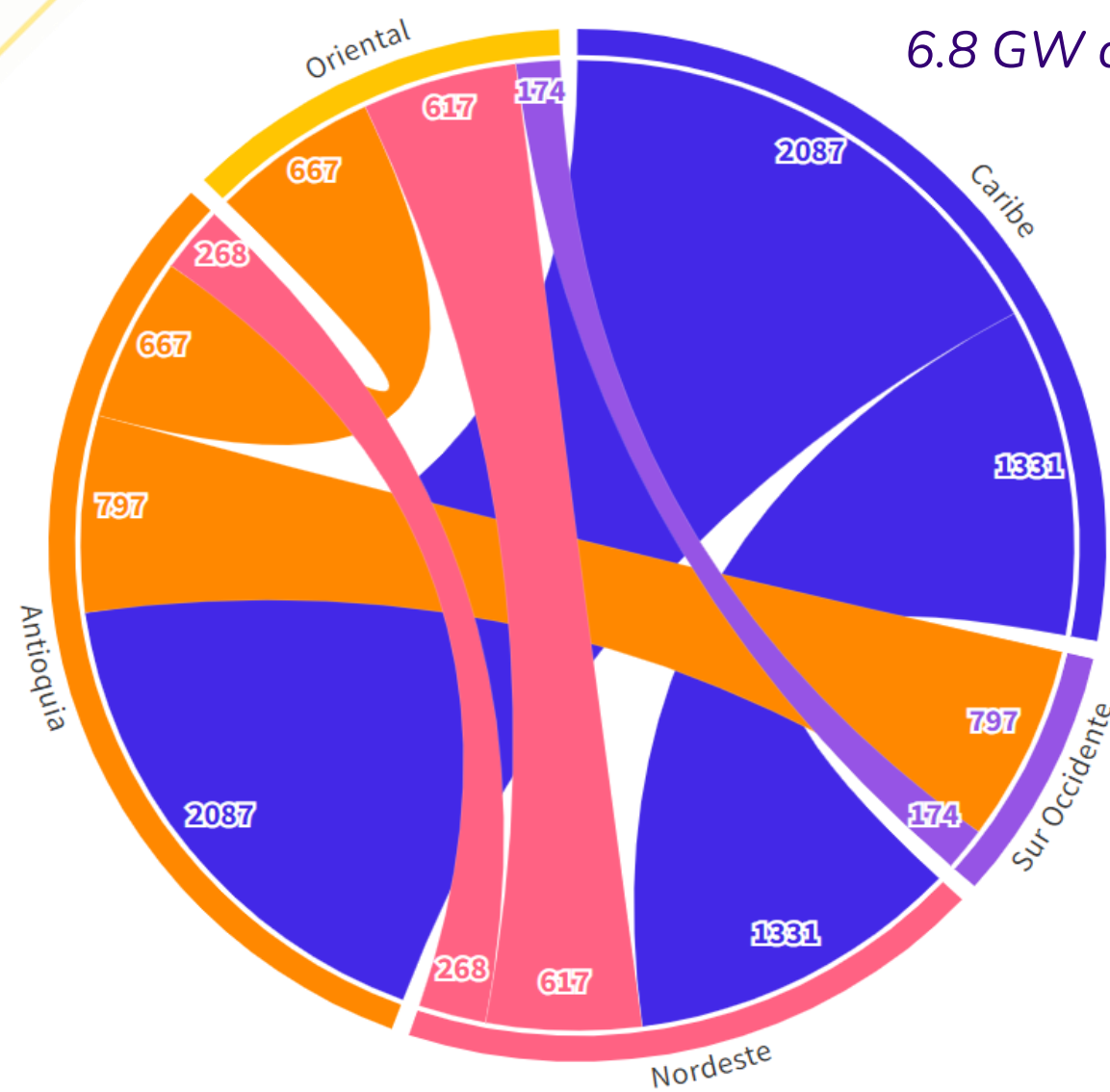


Capacidad de transporte

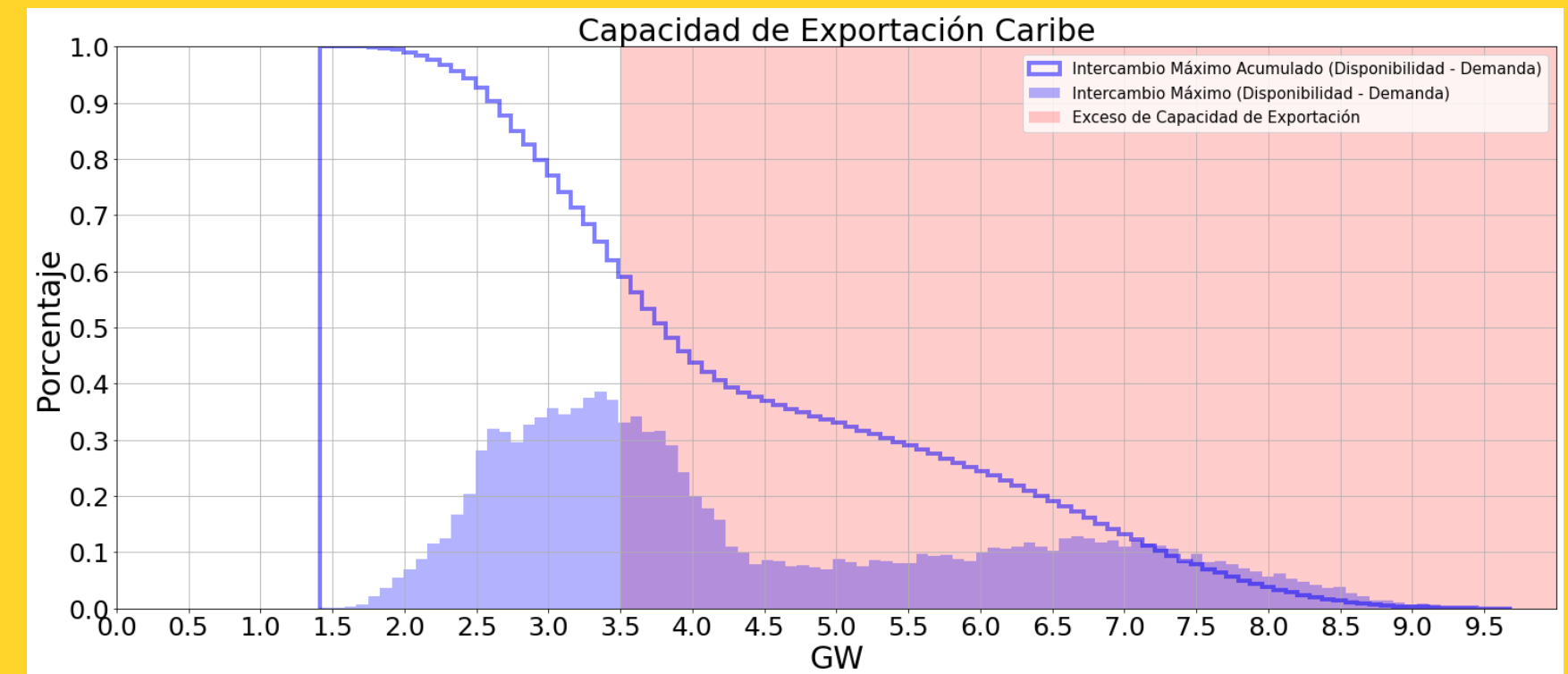
La red de transporte es un actor clave para el aprovechamiento eficiente de la matriz de generación, garantizar la entrada oportuna de proyectos de expansión, desplegar nuevas tecnologías, repotenciar la red existente y abordar las problemáticas asociadas al envejecimiento de la infraestructura y el aumento de los niveles de cortocircuito, resulta indispensable para incorporar 16 GW de generación renovable al sistema.

¿Tendremos las redes suficientes para llevar la energía a nuestros hogares?

Distribución de los intercambios [MW] por los cortes entre áreas [2030-02-16 HB]
6.8 GW de generación en caribe



Para maximizar el uso de la red de 500 kV actual y futura, se requiere nueva infraestructura de red a niveles de 230 kV y STR.



Con el fin de lograr utilizar la capacidad de generación futura del área Caribe se requiere reforzar la infraestructura de transporte de exportación de dicha área y de importación de las demás áreas del SIN.





Calidad, seguridad y confiabilidad

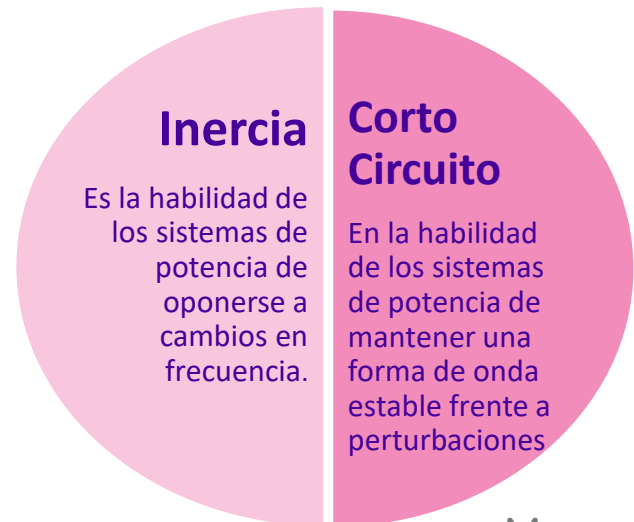
La calidad seguridad y confiabilidad en la operación del sistema eléctrico con la incorporación de 16 GW de generación no síncrona, será posible en la medida que los déficits de fortaleza de red (aporte de corto circuito “real”), inercia y servicios de contención de la frecuencia sean abordados desde la regulación y la planeación de la expansión, y desplegadas las herramientas requeridas para mantener la operación estable en este escenario.

Déficit de corto circuito e inercia

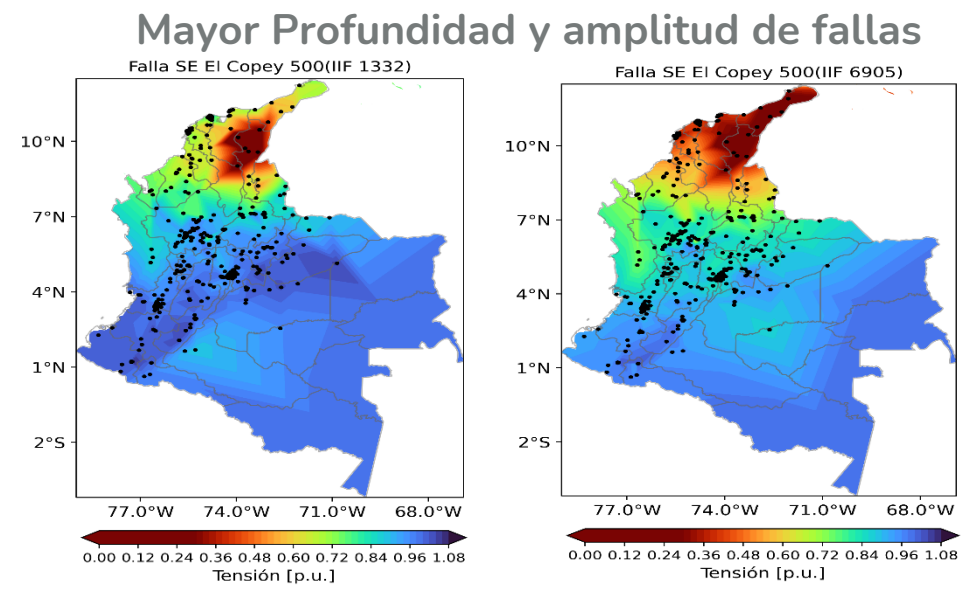


100% Sincrono 0% IBR's 75% Sincrono 25% IBR's 25% Sincrono 75% IBR's 0% Sincrono 100% IBR's

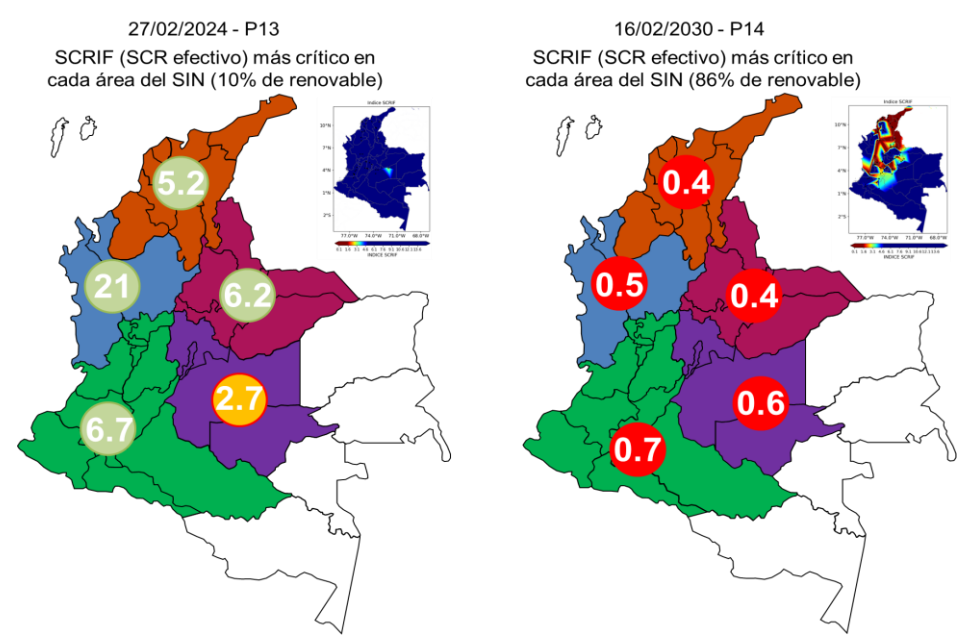
Adaptada de : <https://www.youtube.com/@PowerSystemsOperation/videos>



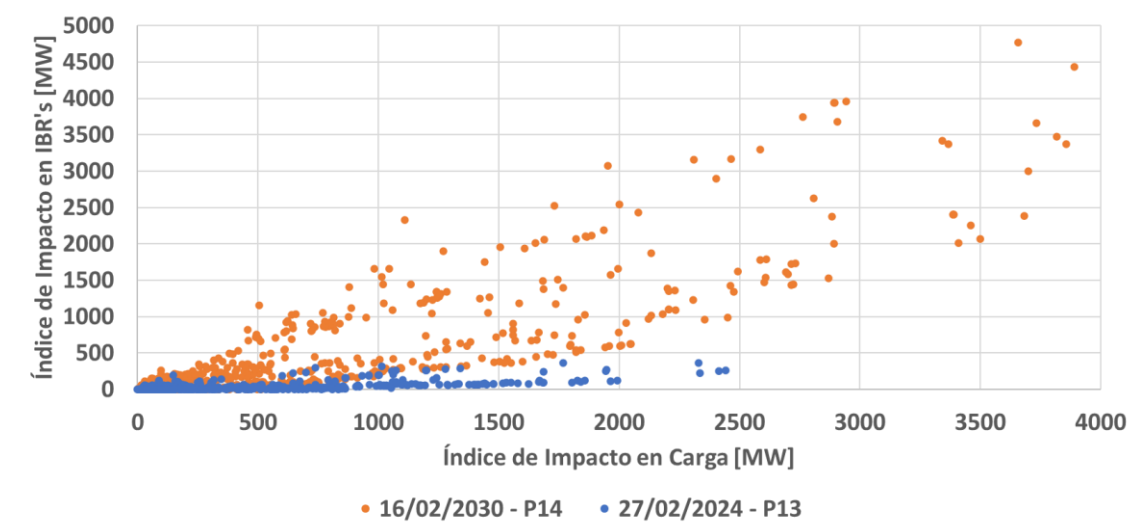
CALIDAD, SEGURIDAD Y CONFIABILIDAD



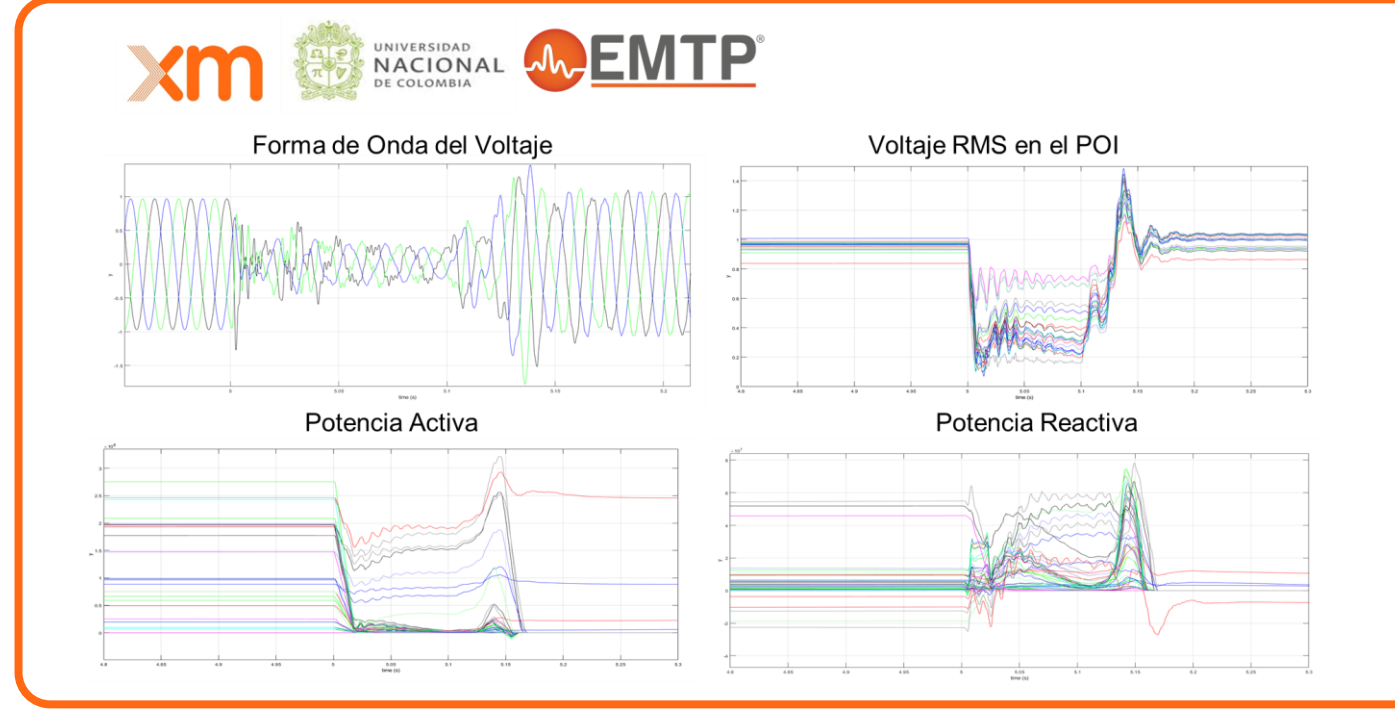
Menores índices de fortaleza



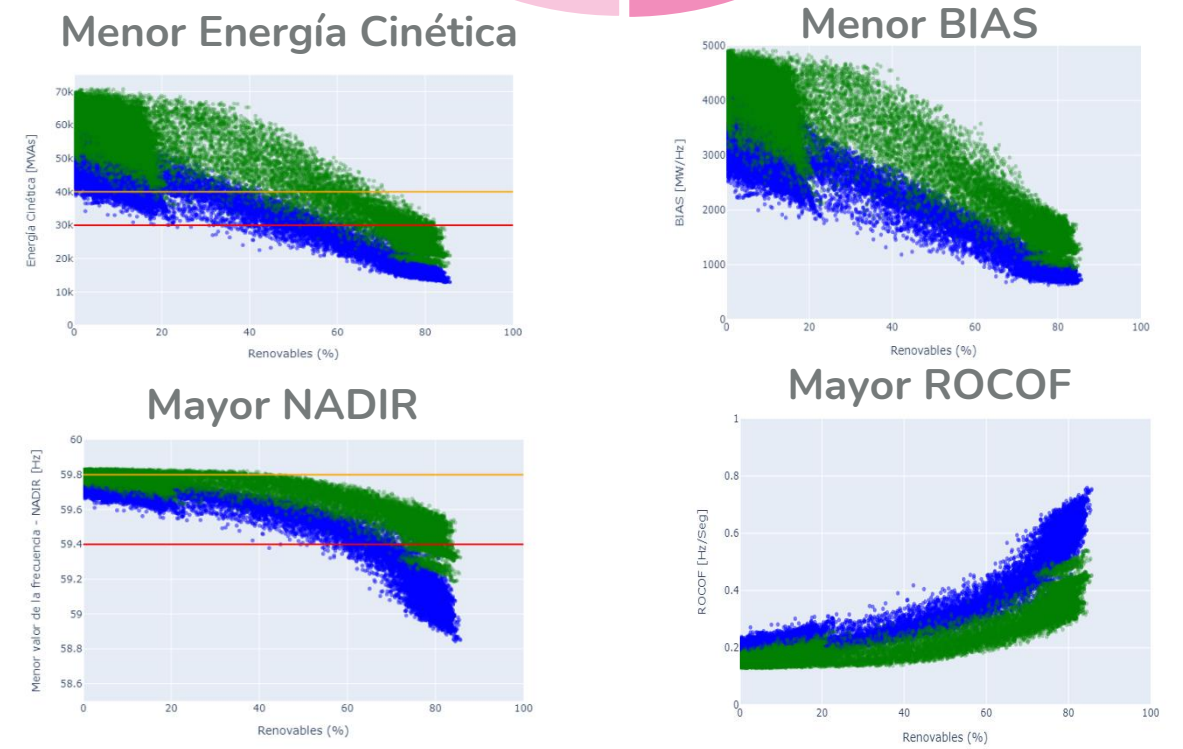
Mayor impacto de fallas en cargas y Generación
Componentes de la métricas de IIF



Desconexión masiva de inversores frente a contingencias



Es preciso anticiparse y definir planes de trabajo interinstitucionales articulados para la implementación de las medidas y equipos requeridos para lograr una incorporación exitosa de las nuevas fuentes de generación, dado que se observa una disminución de los niveles de fortaleza del sistema, con posibles afectaciones a la capacidad de este para mantener la calidad y confiabilidad en la atención de la demanda.



Aspectos clave para la transición

Para minimizar posibles riesgos para la atención de la demanda futura ante periodos de bajos aportes tipo El Niño, se debe contar con la entrada en operación de las redes, equipos que aporten fortaleza a la red y plantas de generación en las fechas esperadas.

Mantener un parque de generación **complementario** a las fuentes de generación Solar y Eólica es fundamental para el abastecimiento futuro de la demanda.

Mantener la **flexibilidad** en la operación de los embalses es fundamental para mitigar riesgos en el abastecimiento seguro y confiable de la demanda y evitar limitaciones a las FNCER.

Materializar la definición y puesta en operación oportuna de planes de expansión de generación y transmisión.

Avanzar en el uso de simulaciones EMT por parte de los promotores y su uso en escenarios de planeación de la expansión.

Actualizar los códigos de planeación, redes y operación, para enfrentar las nuevas dinámicas asociadas a la mayor participación de generación solar y eólica.

Definir planes de **trabajo interinstitucionales articulados** para la implementación de las medidas y equipos requeridos para lograr una incorporación exitosa de las nuevas fuentes de generación.

Definir nuevos mecanismos de mercado y servicios complementarios.

Preparar el talento humano requerido para afrontar los nuevos desafíos que plantea la transición a una matriz con mayor participación solar y eólica.



Sumamos energía,
sumamos pasión

La transición energética es una realidad que requiere coordinación institucional y sectorial para hacer frente a los desafíos en la infraestructura, el mercado y la operación.



Sumamos **energía**,
sumamos **pasión**