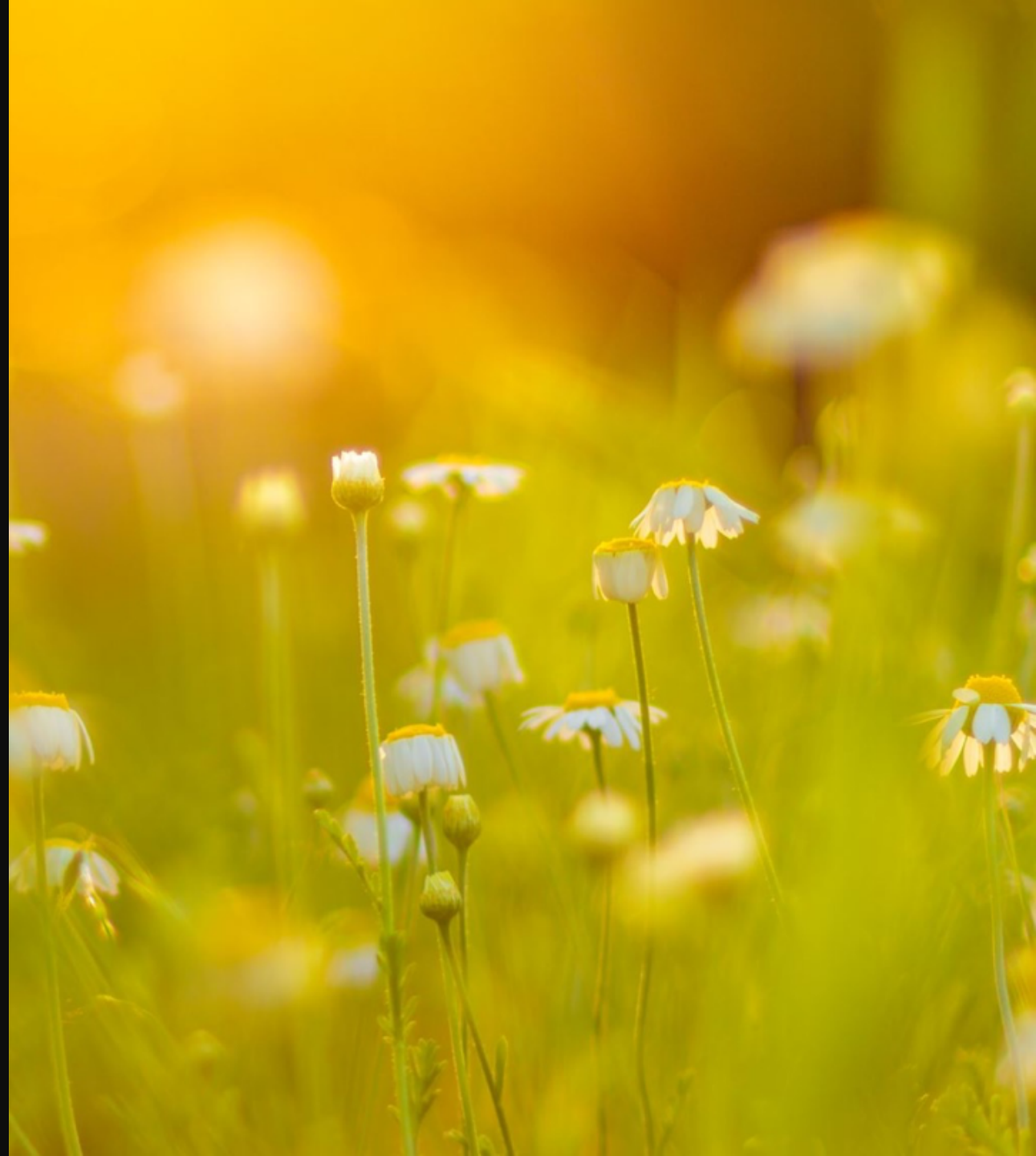
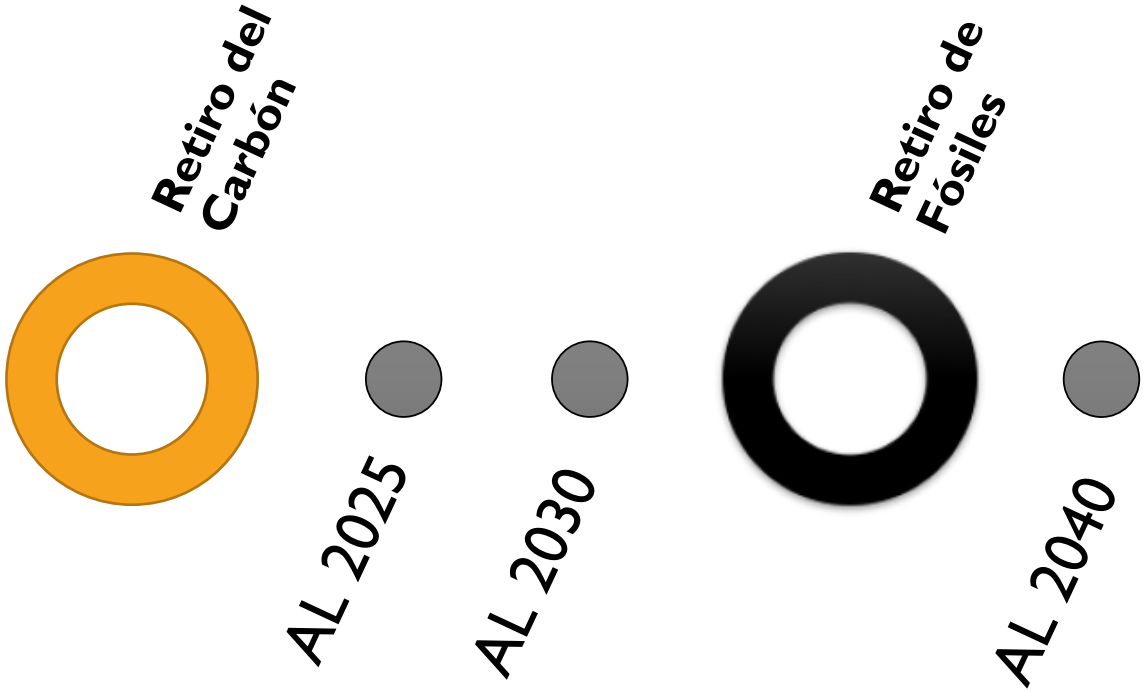
ENERGÍAS RENOVABLES Y ALMACENAMIENTO EN CHILE: TRAYECTORIA PARA UN SISTEMA ELÉCTRICO CERO EMISIONES

ACERA

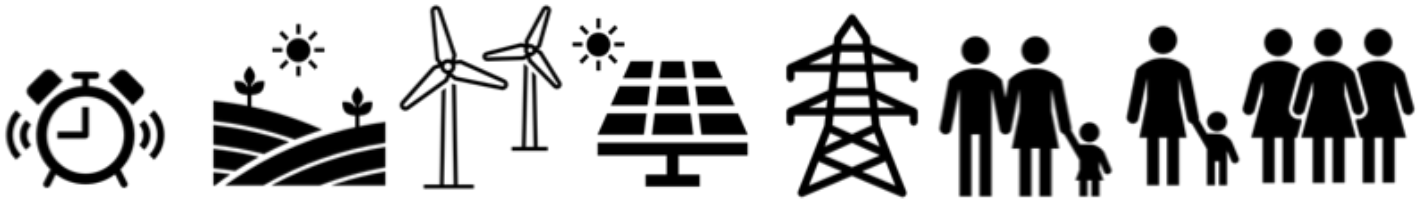
Asociación Chilena de **Energías Renovables y Almacenamiento AG.**



HOJA DE RUTA 2025, 2030 Y 2040

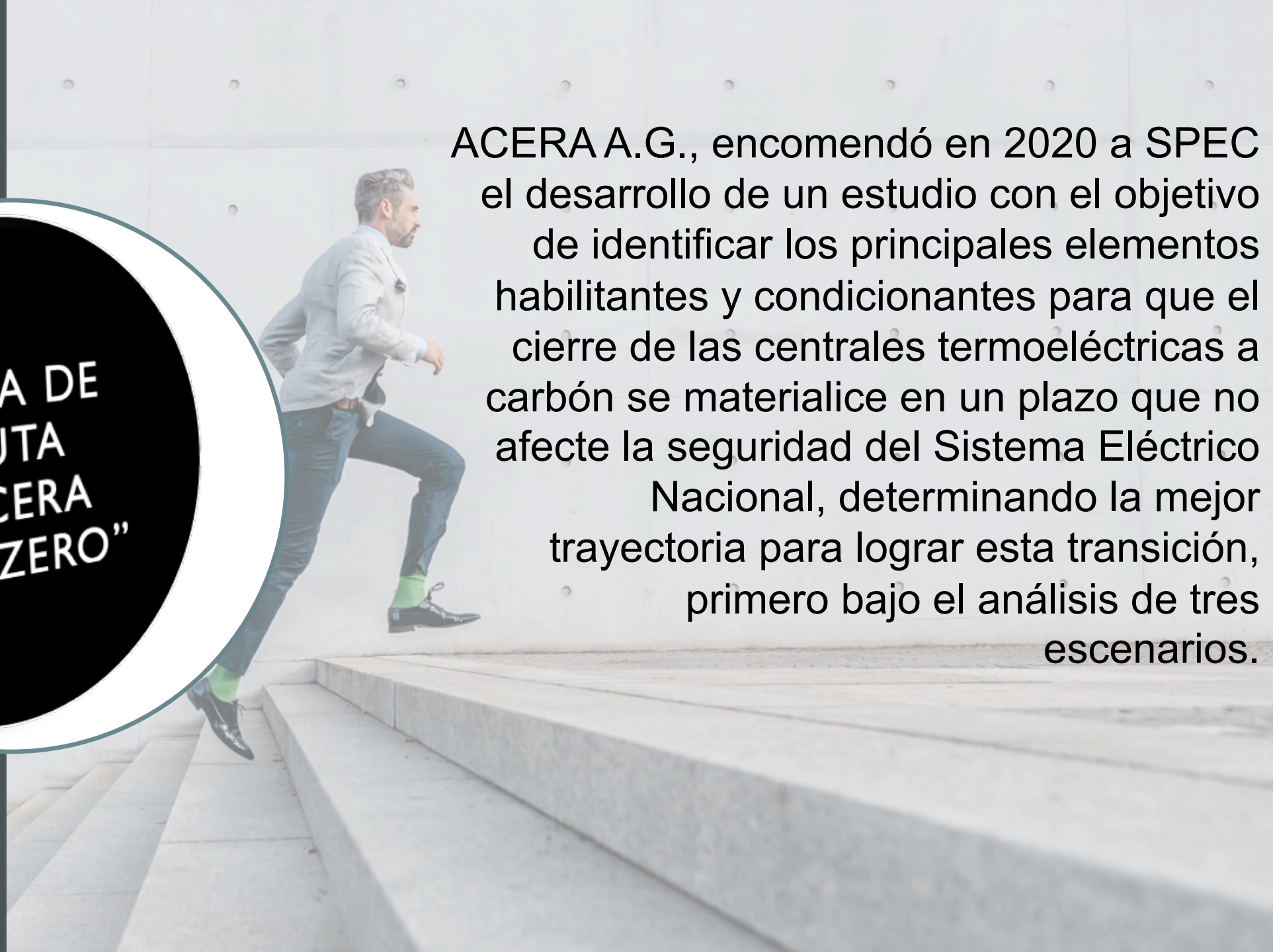


CONDICIONES HABILITANTES



ACERA

HOJA DE RUTA "ACERA NET ZERO"



ACERA A.G., encomendó en 2020 a SPEC el desarrollo de un estudio con el objetivo de identificar los principales elementos habilitantes y condicionantes para que el cierre de las centrales termoeléctricas a carbón se materialice en un plazo que no afecte la seguridad del Sistema Eléctrico Nacional, determinando la mejor trayectoria para lograr esta transición, primero bajo el análisis de tres escenarios.

ACERA

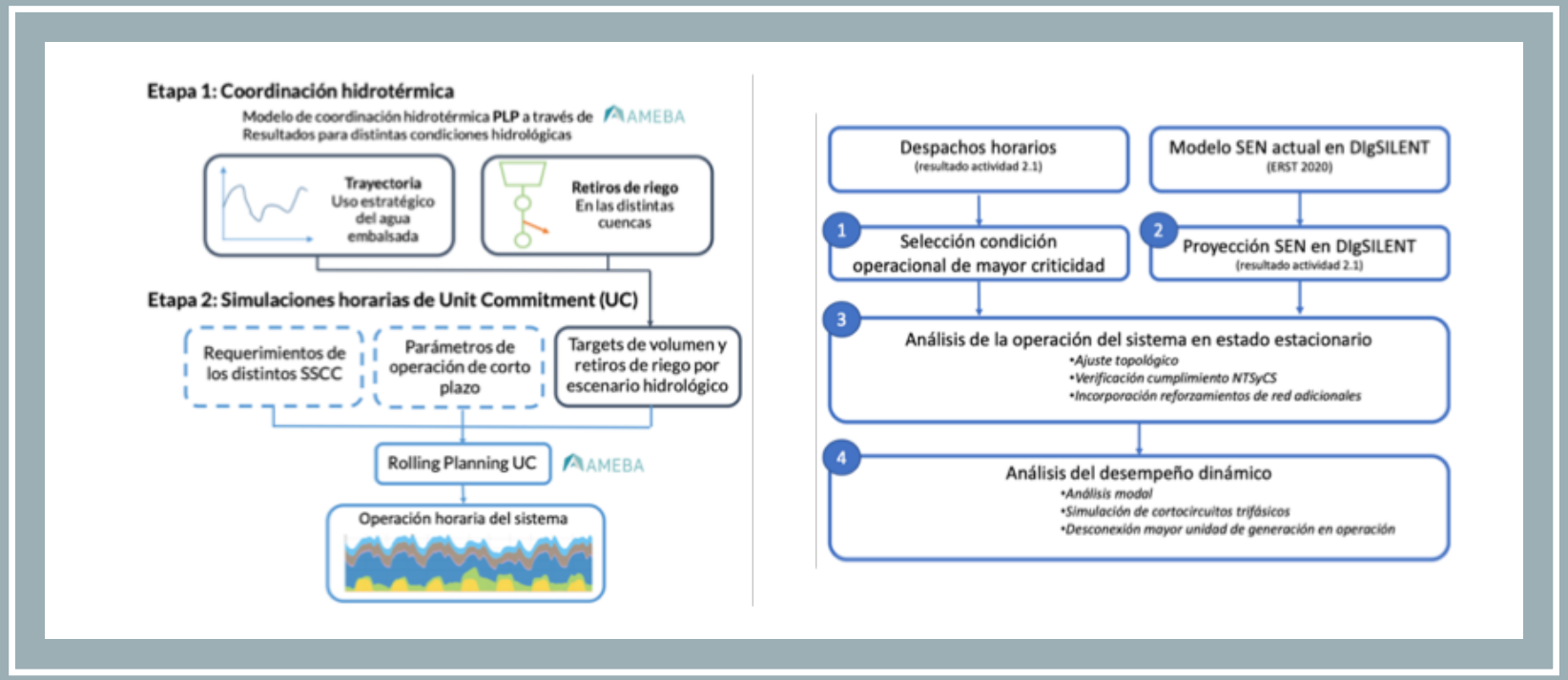
CONSIDERACIONES DEL ESTUDIO

Disponer de la cantidad de energía necesaria y oportuna para suministrar la demanda

Mantener la frecuencia dentro de los rangos que permitan operar el sistema en estado estable

Mantener el voltaje dentro de los rangos que permitan operar el sistema en estado estable

ACERA



METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

ACERA

2021

Año de referencia

1. Escenario 2025

Cierre total de Centrales a Carbón

2. Escenario 2030

Cierre total de Centrales a Carbón

3. Escenario Net Zero

Cero Emisiones

Cierre paulatino de Centrales a Carbón, Gas y Diesel

Luego de un año de trabajo, SPEC en conjunto con especialistas del Instituto de Sistemas Complejos de Ingeniería (ISCI), la Universidad Técnica Federico Santa María, y el apoyo internacional de renombrados académicos del *Imperial College London*, llevaron adelante una serie de estudios tanto técnicos como económicos en la materia.

ACERA

ESCENARIO RETIRO CARBÓN AL 2025

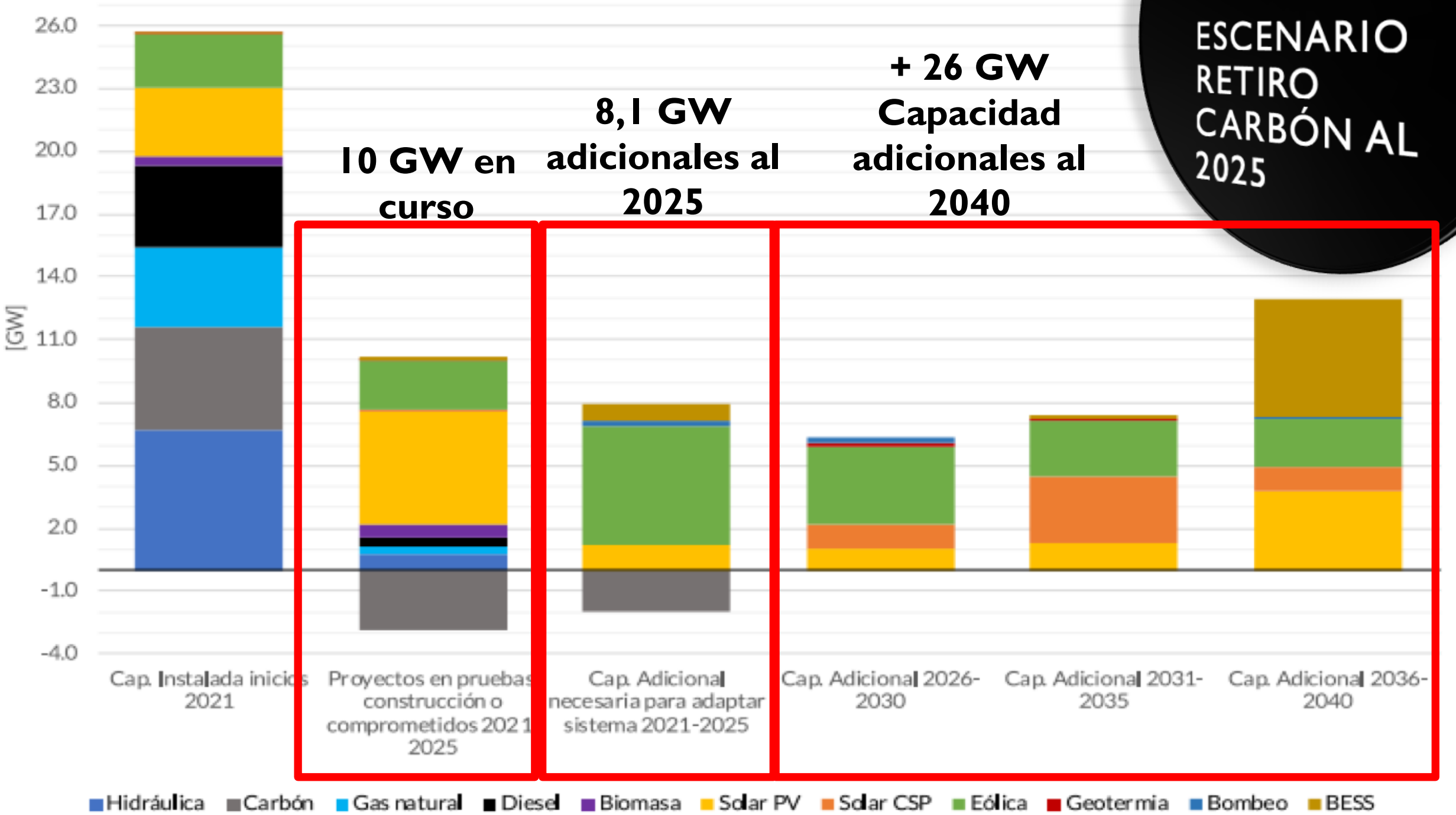
Los análisis realizados muestran que se requieren sobre **7.000 MW de obras de generación y 1.100 MW de almacenamiento, adicionales a los 10.000 MW en proyectos** actualmente en construcción, prueba o desarrollo, para adaptar el parque de forma eficiente.

- 5.5 GW CARBÓN

+ 18 GW ERNC + ALMACENAMIENTO

(10 GW en curso)

3 AÑOS


ESCENARIO RETIRO CARBÓN AL 2025
10 GW en curso
8,1 GW adicionales al 2025
+ 26 GW Capacidad adicionales al 2040
[GW]
26.0
23.0
20.0
17.0
14.0
11.0
8.0
5.0
2.0
-1.0
-4.0
Cap. Instalada inicios 2021
Proyectos en pruebas construcción o comprometidos 2021-2025
Cap. Adicional necesaria para adaptar sistema 2021-2025
Cap. Adicional 2026-2030
Cap. Adicional 2031-2035
Cap. Adicional 2036-2040
Hidráulica
Carbón
Gas natural
Diesel
Biomasa
Solar PV
Solar CSP
Eólica
Geotermia
Bombeo
BESS

Hallazgos sobre factibilidad operacional y cumplimiento de suficiencia con retiro carbón al 2025

GAS NATURAL

Asegurar presencia de gas natural para generación durante todo el año, contrario a lo que se observa actualmente, donde existe una marcada estacionalidad en su uso, con un decrecimiento durante el último trimestre del año. Esto a fin de evitar el uso intensivo de diésel para generación.

ALMACENAMIENTO

Es necesario incentivar su incorporación, para así evitar una eventual alza de los costos marginales en horas no solares, reducir la congestión en el sistema de transmisión en horas solares, y también limitar la necesidad de despachar intensivamente centrales de respaldo diésel en eventos de baja extrema de generación solar-eólica.

FLEXIBILIDAD PARA LA OPERACIÓN INTRADIARIA DE LA GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA

Requiere revisar posibles conflictos con otros usos del agua e impactos en ecosistemas locales, en conjunto con la modernización de las políticas y procedimientos de despacho intradiario del operador.

SI no se incorpora capacidad adicional de energías renovables (+8 GW), en un escenario de salida del carbón el 2025, podrían observarse niveles elevados de uso de diésel que comprometerían la reducción de emisiones esperada mediante el retiro de las centrales a carbón.

ACERA

ESCENARIO RETIRO CARBÓN AL 2025

Cumplimiento de los Estándares en Seguridad y Calidad de servicio

Al retirar todo el carbón al 2025, se presenta una condición operacional proyectada con una baja disponibilidad de inercia en el sistema que podría ocurrir frecuentemente durante algunas horas del día, en particular durante el segundo trimestre del año y en condiciones de hidrología seca (con un reducido aporte de las centrales hidroeléctricas).

En este escenario, si hay contingencias de generación se visualiza un deterioro en la respuesta del sistema, aunque se mantiene la estabilidad en frecuencia. Si hay desconexiones intempestivas sobre 300 MW de generación, se requeriría desconectar consumos de forma automática para mantener la estabilidad del sistema.

Situación dista del estándar actual de respuesta del Sistema Eléctrico Nacional, debido a que los montos de inercia disponible en se mantienen en niveles naturalmente altos, dada la cantidad de centrales convencionales despachadas.

ESCENARIO RETIRO CARBÓN AL 2025

Estabilidad de frecuencia

Se identifica un rol de centrales térmicas a gas para mantener un nivel mínimo de inercia en el sistema pero, para facilitar la descarbonización, se identifica la provisión de Control de Frecuencia por energías renovables, lo que permite reducir los costos operacionales asociados a despachos forzados.

Las simulaciones muestran que con una contribución mínima de las energías renovables (1-3% de su capacidad despachada), el sistema demostró no presentar problemas de estabilidad en frecuencia y prescindir de desconexión de demanda. Más aún, a medida que se aumenta su contribución, es posible prescindir de parte de las unidades térmicas despachadas forzosamente en horas solares. Importante destacar que este tipo de soluciones también pueden otorgarlas equipamientos basados en baterías con montos relativamente menores de capacidad de acumulación (15 – 30 min).

ACERA

ESCENARIO RETIRO CARBÓN AL 2025

Estabilidad de tensión

Con retiro carbón al 2025, observan problemas de estabilidad ante contingencias en corredores de transmisión con alta capacidad de transferencia.

Por ejemplo, al producirse una falla en un circuito de 500kV entre Pan de Azúcar y Polpaico, el sistema presenta una disminución sostenida de tensión en las barras aledañas, situación que no cumple con los requerimientos establecidos en la Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio. Dicha situación podría, en la práctica, desencadenar desconexiones adicionales en cascada por sub-tensión, hasta incluso provocar un blackout.

Para asegurar la estabilidad de tensión ante fallas en líneas de transmisión, se requerirán medidas operacionales y/o activos adicionales en puntos críticos del sistema. Entre las opciones identificadas se pueden distinguir la reutilización de centrales a carbón retiradas para que operen como condensador sincrónico, instalación de sistemas de almacenamiento y equipos de compensación de potencia reactiva, en cantidades que varían entre 500 MVA y 1000 MVA.

ACERA

SCENARIO RETIRO CARBÓN AL 2030

Aunque no hayan retiros adicionales de centrales a carbón en el periodo 2021-2025, igualmente se requieren en torno a +5 GW en obras de generación adicionales por sobre los 10 GW en curso (dado los 3 GW de desconexión de carbón en el periodo).

De esta forma, para poder adaptar el sistema a la salida total de centrales al 2030, se requiere el desarrollo de capacidad adicional por 7.5 GW, dentro de los cuales se considera la incorporación de cerca de 2 GW en sistemas de almacenamiento de gran duración, como solar CSP y sistemas de bombeo hidráulico.

- 5.5 GW CARBÓN

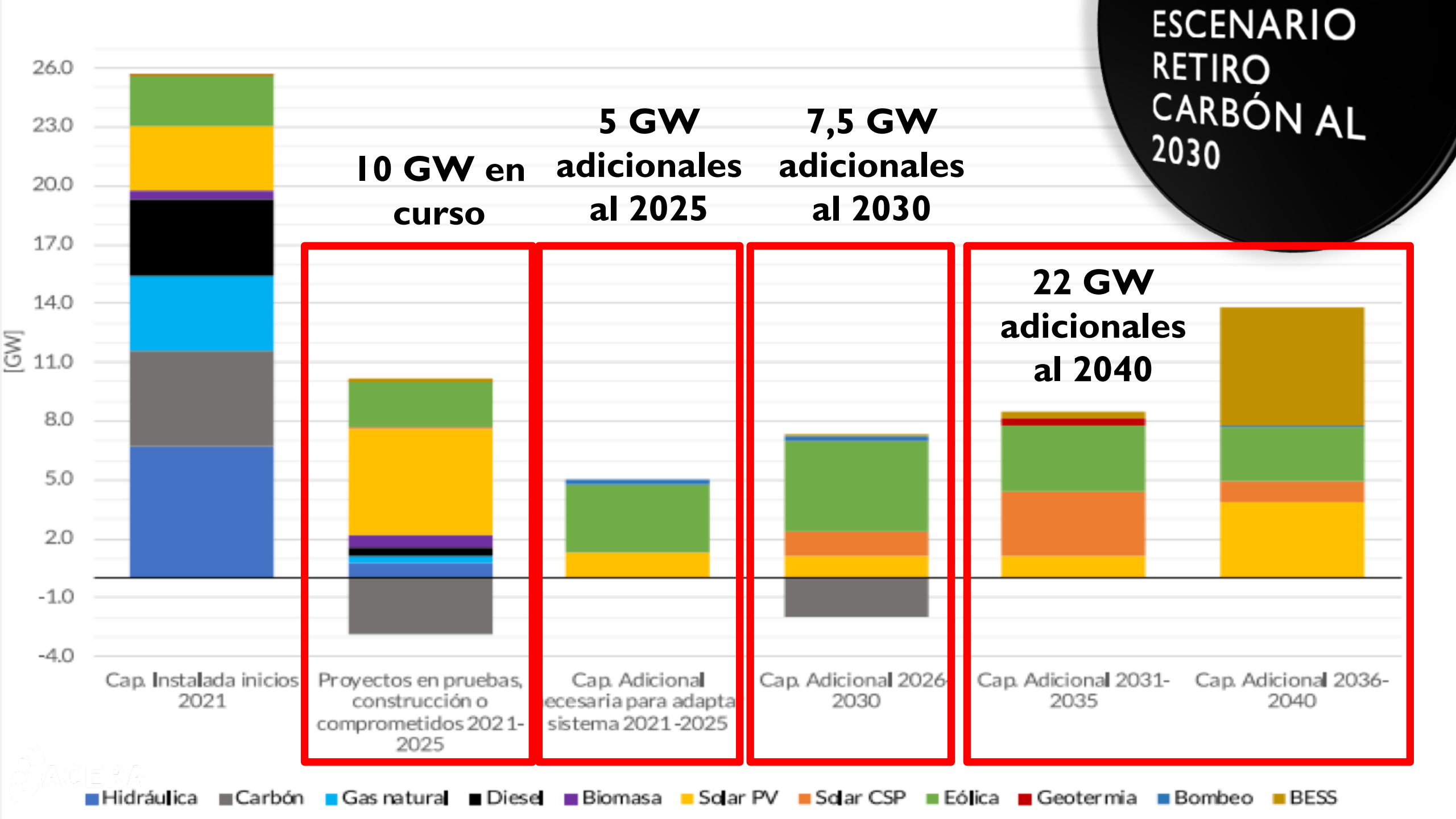
+ 22,5 GW ERNC

(10 GW en curso)

8 AÑOS

ACERA

ESCENARIO RETIRO CARBÓN AL 2030



Hallazgos sobre factibilidad operacional y cumplimiento de suficiencia con retiro carbón al 2030

El mix tecnológico de este escenario permite una **alta proporción de horas del año donde es posible operar un sistema de generación eléctrica nacional libre de emisiones.**

En horas de alta demanda y durante distintas épocas del año, aún es necesario despachar intensivamente centrales de respaldo diésel en eventos de baja extrema de generación solar-eólica, a pesar del despliegue de capacidad de tecnologías con almacenamiento. Esto muestra que se requiere desarrollar políticas públicas que permitan evitar al máximo esta situación.

ACERA

ESCENARIO RETIRO CARBÓN AL 2030

Cumplimiento de los Estándares en Seguridad y Calidad de servicio

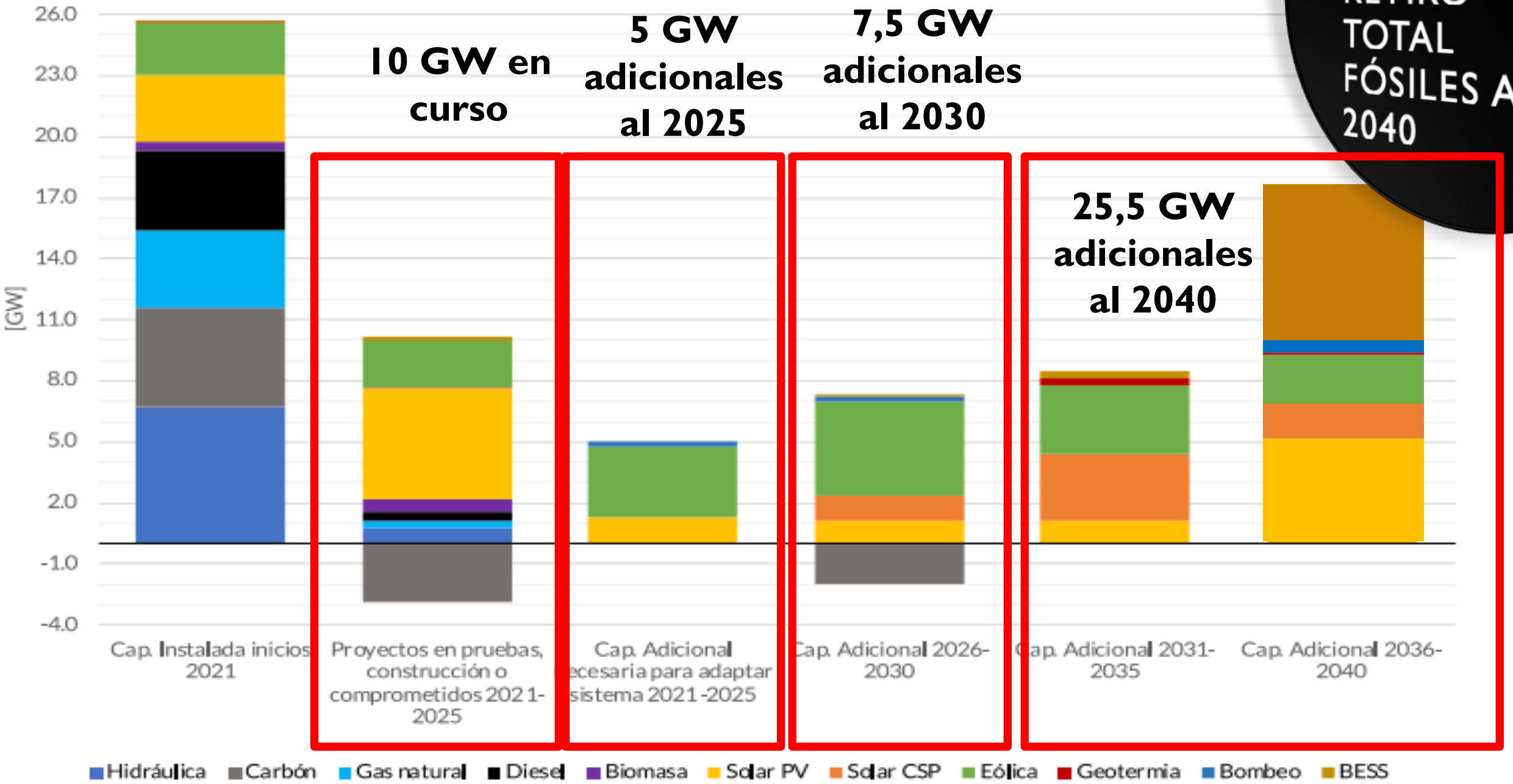
Para un escenario crítico de generación, si bien se mantiene la estabilidad, repercuten en un deterioro en la respuesta del sistema.

Nuevamente, los análisis realizados indican que mediante el aporte de las energías renovables al control de frecuencia es posible prescindir de desconexión de demanda. Por otro lado, se detectó que la ocurrencia de contingencias en corredores de transmisión con altos niveles de transferencia derivan en problemas de estabilidad de tensión. En efecto, la falla en un circuito de 500kV entre Pan de Azúcar y Polpaico, provoca una disminución sostenida de voltaje en las barras aledañas, los cuales no cumplen lo establecido en la Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio.

Al igual que en el Escenario 2025, dicha situación podría, en la práctica, desencadenar desconexiones adicionales en cascada por sub-tensión, hasta incluso provocar un blackout. Por ello son necesarias medidas operacionales y/o activos adicionales para asegurar la estabilidad de tensión ante fallas en el enlace HVDC esperado para dicha fecha. Si bien las medidas identificadas en el escenario 2025 (STATCOM, BESS, condensadores sincrónicos) permiten la operación segura del SEN, los análisis demostraron que mediante la introducción de nueva tecnología y sistemas de control adecuados, los requerimientos de activos adicionales pueden reducirse drásticamente.

CAPACIDAD INSTALADA REQUERIDA AL 2040 PARA RETIRO TOTAL FÓSILES

RETIRO TOTAL FÓSILES AL 2040



ACCIÓN Y
DESAFÍOS
ACERA

SE REQUIEREN POLÍTICAS PÚBLICAS QUE:

- Generen los incentivos adecuados para el desarrollo de **centrales renovables 24/7 y sistemas de almacenamiento** de corta y larga duración.
- Propendan a un adecuado plan de **inversiones en el sistema de transmisión**.
- Dispongan de medidas que permitan **utilizar al máximo las líneas y subestaciones existentes**, manteniendo las condiciones de seguridad de servicio.
- Potencien el rol del **Coordinador Eléctrico Nacional en cuanto a liderar las actividades de I+D+i** del sector.
- Promuevan una adecuada participación de la generación distribuida.
- Establezcan mecanismos de **participación de la Demanda. (DSM).**
- Potencien la participación de las **centrales renovables en el mercado de Servicios Complementarios**.
- Busquen **mejorar la modelación dinámica de las centrales** de generación conectadas al CEN.
- Consideren incentivos a la utilización de **tecnologías que provean inercia** (Condensadores Sincrónicos – Inercia Sintética)
- Fomenten la utilización de **tecnologías de Grid-Forming**.
- Adapten los **Reglamentos y Normas Técnicas** (Códigos de Red) a la nueva realidad.

ACERA

Los compromisos climáticos actuales y los principales riesgos globales, la mayoría asociados a factores medio ambientales, están **amenazando gravemente nuestro proceso de transición energética.**

La pregunta es **¿Qué está planificando Chile en este contexto, para enfrentar una década de cambios económicos, sociales y ambientales?**

El enfoque de ACERA es que ésta es una tarea mancomunada, que exige una gobernanza e institucionalidad para la transición energética que hoy no existe, pero que no puede demorarse 10 ni 5 años en definirse ni implementarse. Por eso, **ahora es cuando.** En Chile, los riesgos ambientales y el fortalecimiento de la gobernanza de la transición energética deben ser considerados para evitar la erosión de la cohesión social.

ACERA

- **Los diagnósticos necesarios para que los escenarios de desfosilización ocurran en tiempo y debida forma, ya están hechos.** Pero lo que no está hecho es la asignación de responsabilidades y tareas de los agentes para que las condiciones habilitantes adecuadas, regulatorias, técnicas y sociales, ocurran. De no hacerlo, no se alcanzaran a construir las tecnologías necesarias para llegar a la meta, como más plantas de concentración solar de potencia o geotermia.

- No nos hemos hecho cargo del riesgo de no contar con una institucionalidad adecuada para la transición energética. **En qué parte del territorio y con qué acuerdo de instituciones y de la ciudadanía vamos a desplegar los 22,5 GW de renovables y almacenamiento al 2030 para hacer posible el retiro de carbón de la matriz**; o con qué planificación territorial contamos hoy para determinar dónde se deberán desplegar los **30.000 millones de dólares** de inversión que requiere **sólo la generación** para transformar nuestra matriz, **equivalentes a 11 puntos del PIB**.

- Esta coordinación ya no será sólo una responsabilidad de los Ministerios de Energía o del Medio Ambiente, o de sus organismos relacionados sino que es una visión de país equivalente a cuando en Chile se decidió la Política de Industrialización o la Ley General de Educación: **es un acuerdo final social que se basa en la ciencia y en lo económico, pero un acuerdo social al fin y al cabo.**

GRACIAS

www.acera.cl

@aceraag