



POR UN CHILE
100% RENOVABLE

Ruta de referencia para alcanzar cero emisiones en el sector de generación eléctrica en Chile

DICIEMBRE DE 2021

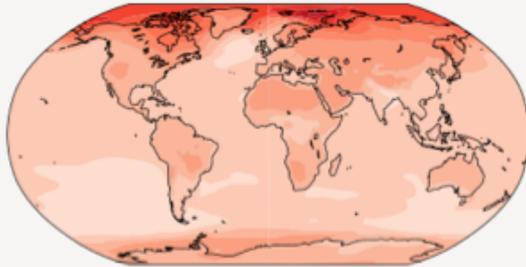


ES URGENTE ACTUAR FRENTE A LA CRISIS CLIMÁTICA

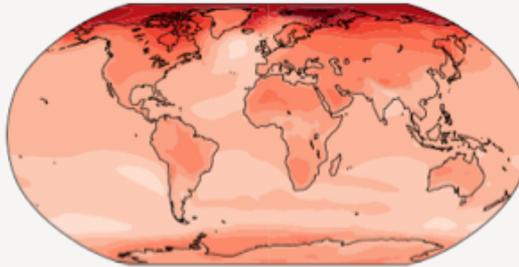
b) Annual mean temperature change (°C) relative to 1850-1900

Across warming levels, land areas warm more than oceans, and the Arctic and Antarctica warm more than the tropics.

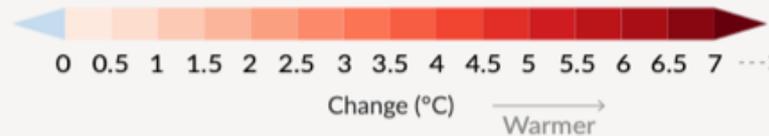
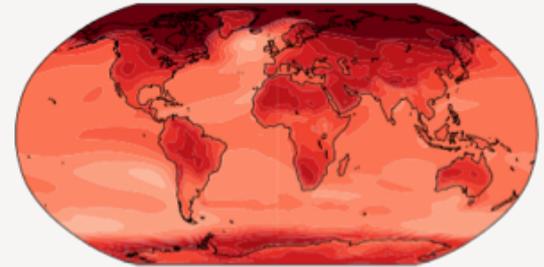
Simulated change at 1.5 °C global warming



Simulated change at 2 °C global warming



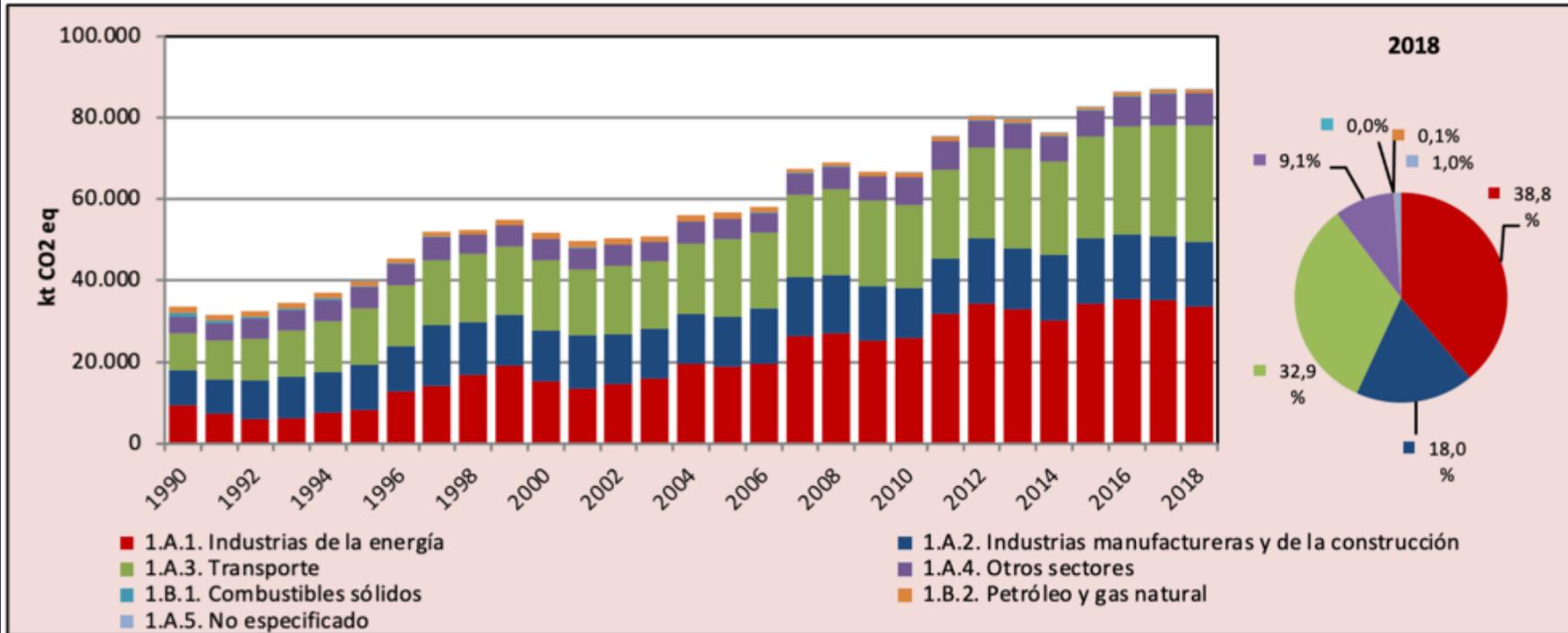
Simulated change at 4 °C global warming



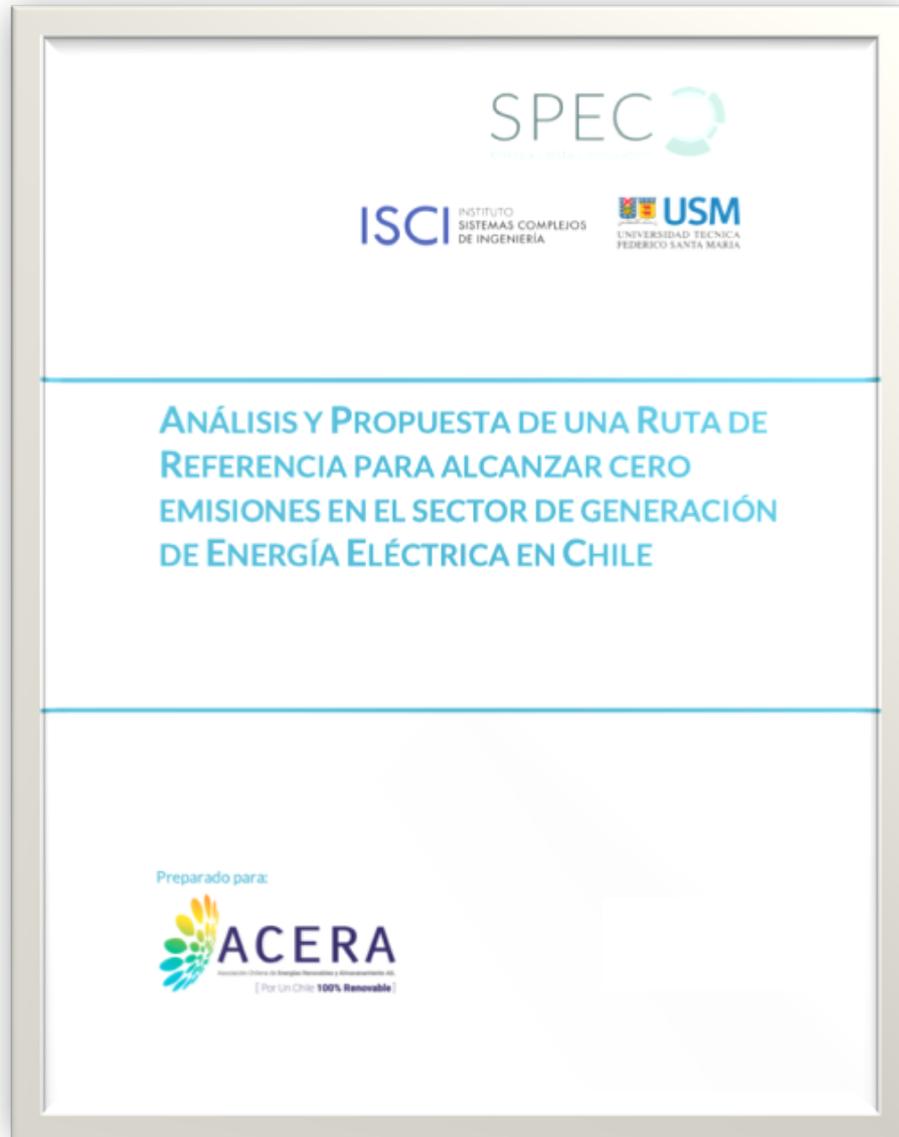
- No cabe duda que la influencia humana es la responsable del calentamiento de la atmósfera, los océanos y la tierra.
- Cada una de las últimas 4 décadas ha sido más cálida que la anterior.
- En el período 2010 - 2019 la temperatura promedio subió 1,07°C con respecto al periodo 1850-1900.
- La influencia humana es la responsable del retiro de los glaciares y del derretimiento de los hielos antárticos. Además, es responsable de la disminución de las nevazones primaverales del Hemisferio Norte.



EN CHILE, EL SECTOR ENERGIA ES EL PRINCIPAL EMISOR DE GASES DE EFECTO INVERNADERO



Estudio trayectoria 100% Renovable - Objetivo



- Este estudio le proporciona al sector una sólida referencia para saber qué , cuánto, cuándo y cómo debe ser la hoja de ruta para un sistema de generación con cero emisiones, factible -más allá de retiro del carbón- para abordar integralmente la transición energética.
- Este estudio fue encargado por ACERA a la consultora SPEC, en colaboración con el ISCI y la UTFSM.



CONSIDERACIONES TÉCNICO-ECONÓMICAS PARA UN SISTEMA ELÉCTRICO 100% RENOVABLE

1

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

2

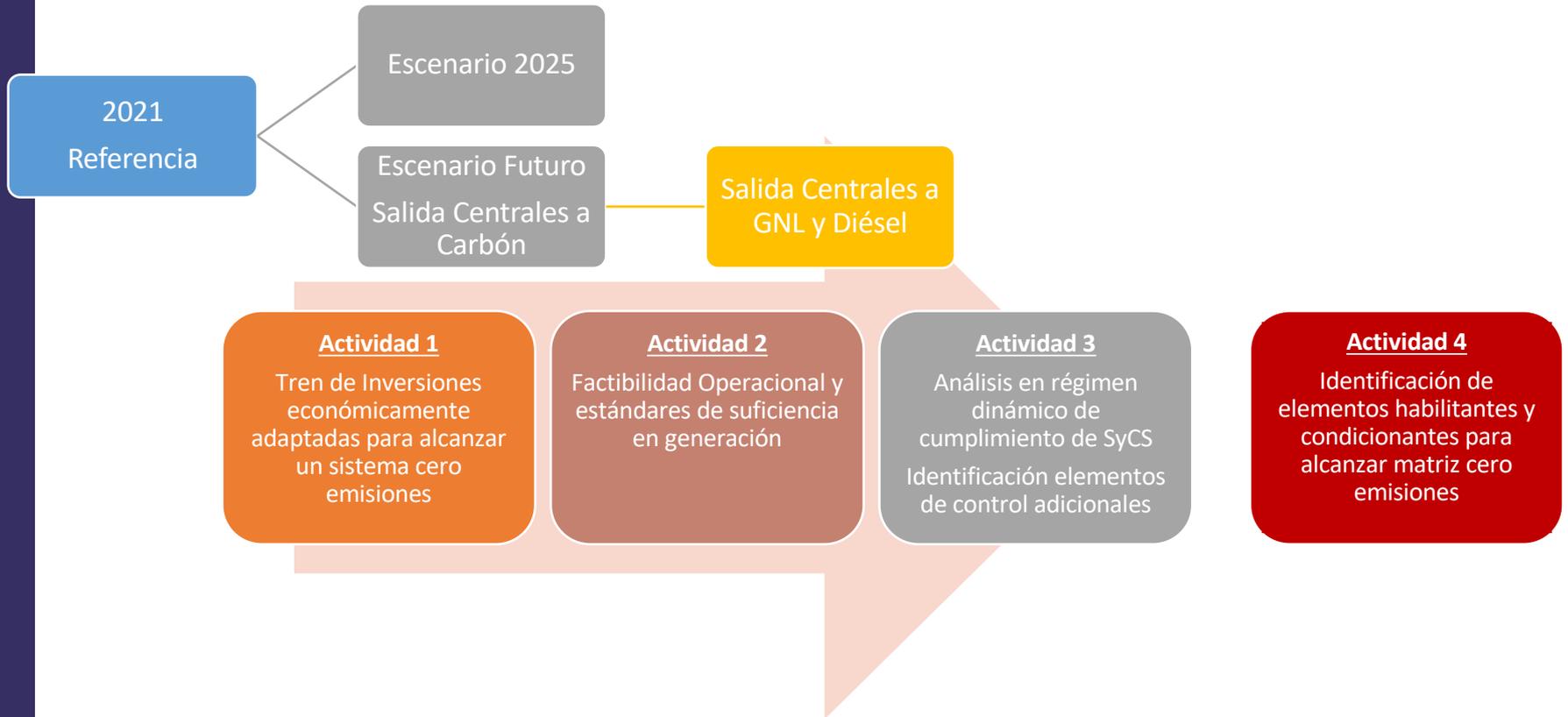
Mantener la frecuencia dentro de los rangos que permitan operar el sistema en estado estable

3

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



METODOLOGÍA DE ANÁLISIS





METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

Simulaciones de operación del SEN

Etapa 1: Coordinación hidrotérmica

Modelo de coordinación hidrotérmica PLP a través de 
Resultados para distintas condiciones hidrológicas



Etapa 2: Simulación horaria de Unit Commitment (UC)

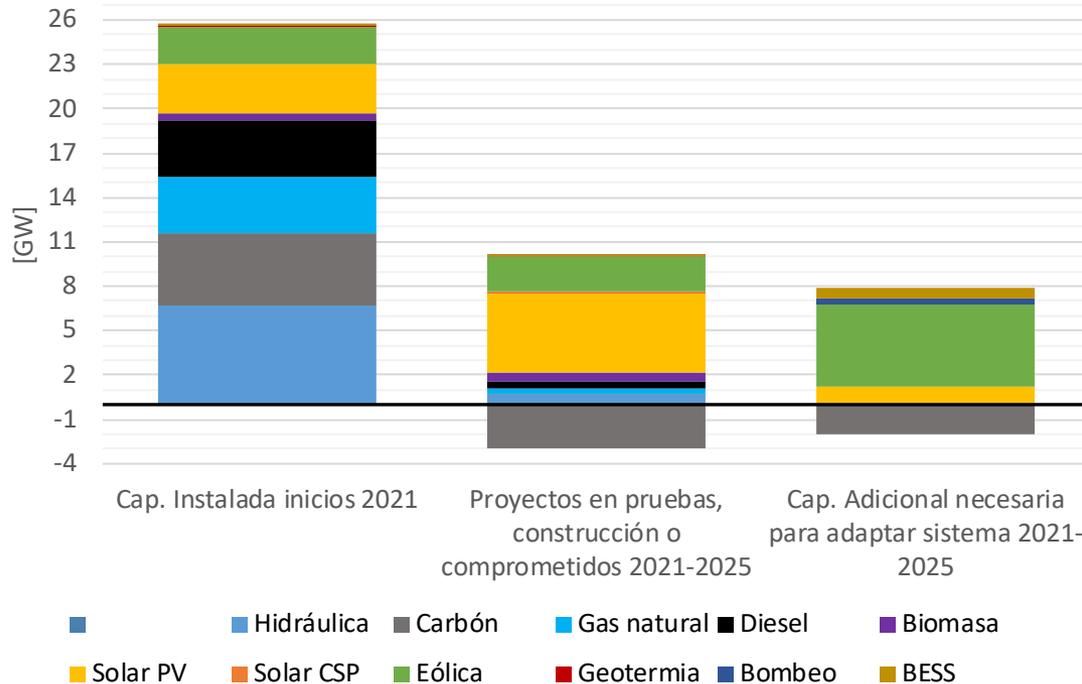


Simulaciones Dinámicas



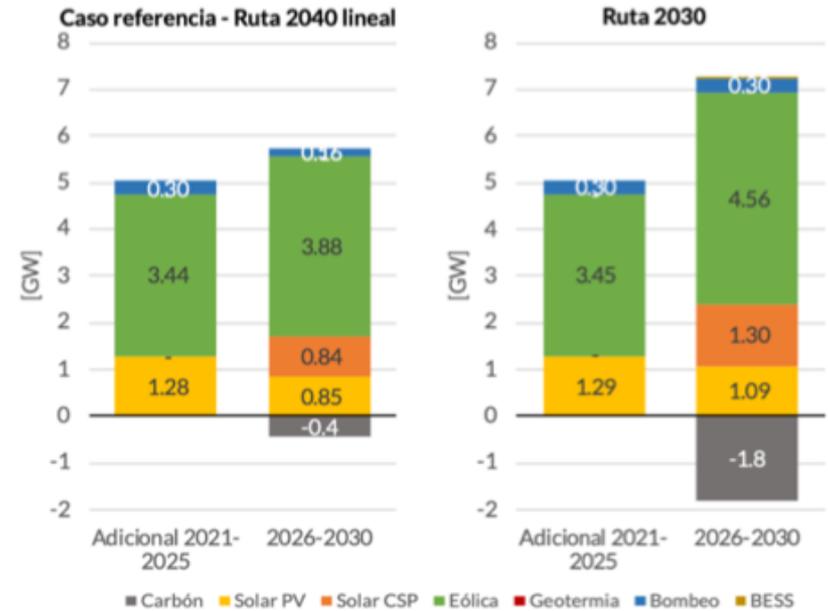
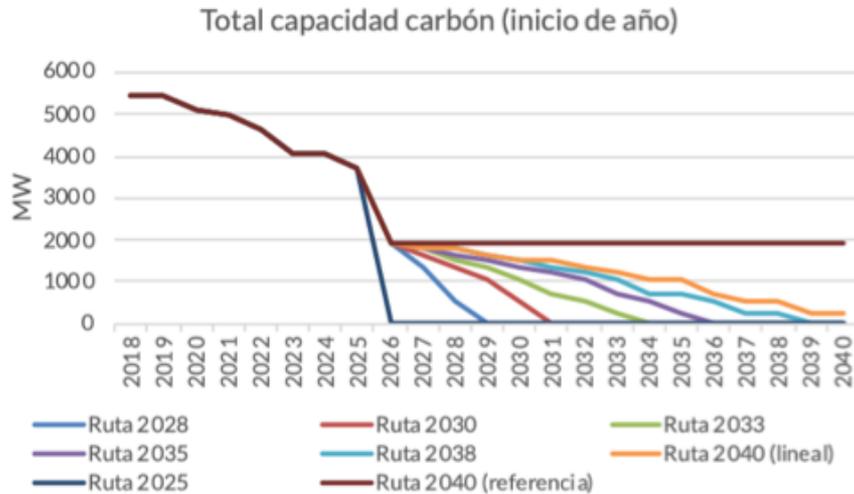


RESULTADOS RETIRO CARBÓN AL 2025



- Actualmente hay **10.000 MW** en proyectos ERNC para ser instalados hasta el 2025.
- Para que el sistema quede adaptado, se requiere la entrada en operación hasta 2025 de una capacidad adicional a lo ya comprometido de **7.000 MW**, de los cuales 1.200 MW son centrales FV y 5.200 MW en centrales eólicas. Además se requieren **1.000 MW en sistemas de almacenamiento**.
- Forzar la salida de centrales a carbón en un plazo tan acotado, podría resultar paradójicamente en un desincentivo a la instalación de tecnologías ERNC 24/7, que podrían ser óptimas en el largo plazo.

RESULTADOS TRAYECTORIAS CIERRE CENTRALES A CARBÓN

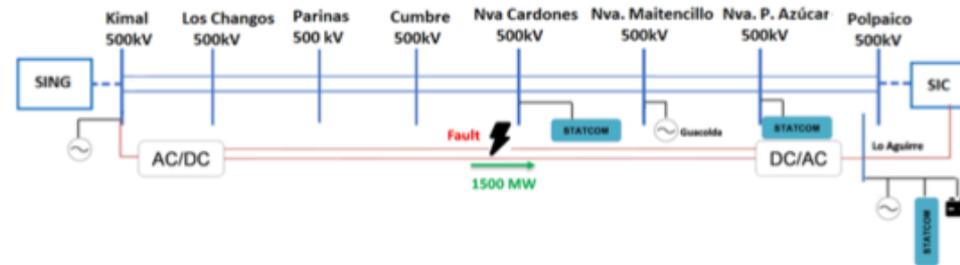


	Retiro 2025	Retiro 2028	Retiro 2030	Retiro 2033	Retiro 2035	Retiro 2038	Retiro 2040 (lineal)	Retiro 2040 (final)
Costo de operación OPEX [MUSD]	6,704	6,975	7,317	7,585	7,941	8,160	8,321	9,091
Costo de inversión CAPEX generación [MUSD]	25,385	24,197	23,473	22,898	22,155	21,648	21,229	19,215
Costo de inversión CAPEX transmisión [MUSD]	264	220	244	227	233	215	218	231
TOTAL OPEX+CAPEX [MUSD] (1)	32,353	31,392	31,035	30,709	30,330	30,024	29,767	28,537
Emisiones totales [M ton CO2eq] (2)	80	99	115	130	145	160	172	234

- Al internalizar el costo de las emisiones de gases de efecto invernadero, entonces el retiro de centrales a carbón es eficiente desde la perspectiva económica.
- En el escenario de retiro total centrales a carbón hacia el 2030 se deben instalar **12,5GW de nueva capacidad ERNC**.
- Al menos se deben instalar **0,6 GW de sistemas de almacenamiento de larga duración**.
- Con respecto a las centrales CSP sería necesario instalar **1,3GW de centrales al 2030**.

RESULTADOS TRAYECTORIAS CIERRE CENTRALES A CARBÓN – ANALISIS DINÁMICO

Casos de estudio	Descripción
Caso 1	• Nuevas centrales renovables incorporadas con modelo de control de impedancia constante.
Caso 2	• Nuevas centrales renovables incorporadas como control de corriente (modelo WECC)
Caso 3	• Nuevas centrales renovables incorporadas como control de corriente (modelo WECC) • Incorporación de baterías de 500 MVA en Kimal y Lo Aguirre, respectivamente, con esquema de control para absorber e inyectar potencia activa durante el transiente
Caso 4	• Nuevas centrales renovables incorporadas como control de corriente (modelo WECC) • Incorporación de esquema de control en las estaciones convertidoras del enlace HVDC para sobrecargar el polo sano en un 20% de su capacidad nominal (300 MW) durante el transiente

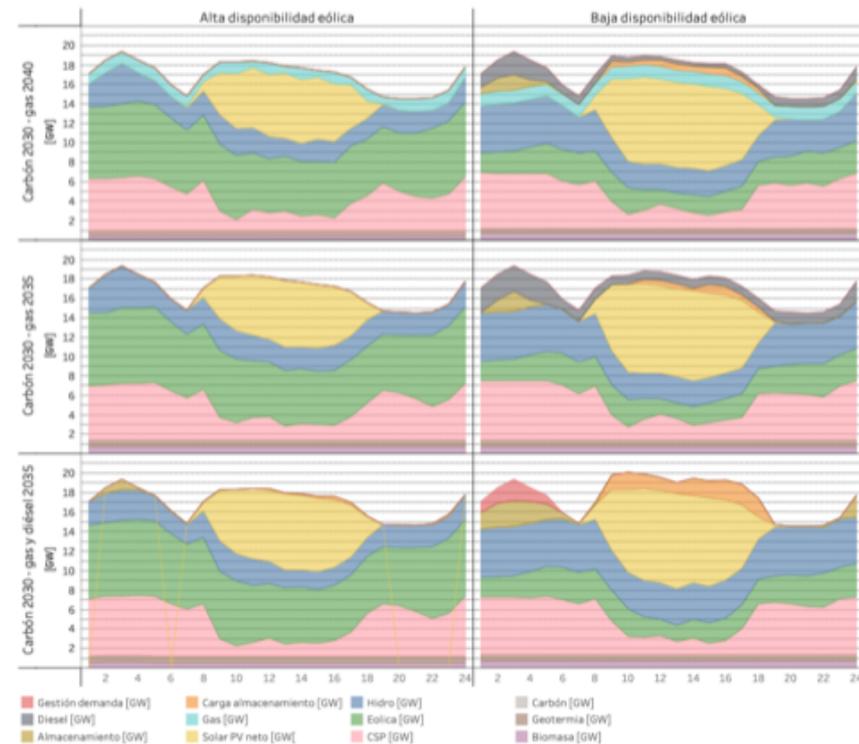
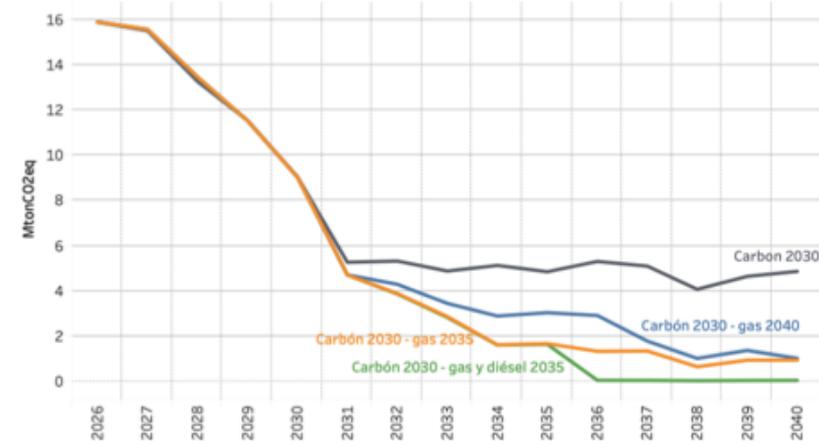


- **Necesidad de mejorar los modelos dinámicos del Sistema Eléctrico Nacional.** No todas las centrales eólicas y fotovoltaicas existente en la base de datos original, poseen modelos dinámicos.
- El desempeño dinámico mejora considerablemente cuando las centrales renovables participan del control rápido de frecuencia.
- Los análisis realizados dan cuenta de que es posible disminuir los requerimientos de infraestructura adicional mediante la incorporación de opciones tecnológicas adicionales.
 - El caso 3 incorpora baterías en cada extremo del enlace HVDC con un sistema de control para inyectar o absorber reactivos (Grid-booster)
 - El caso 4 permite una sobre carga del 20% en el polo sano de la línea HVDC.

	Caso 1: Renovables WECC como Z constante	Caso 2: Renovables WECC como CSC	Caso 3: BESS absorbiendo e inyectando potencia activa	Caso 4: Aumento de transferencia en línea HVDC
Complejo Guacolda	892	892	715	181
STATCOM Diego de Almagro	300	--	--	--
STATCOM Nva. Pan de Azúcar	300	200	--	--
Generador sincrónico Kimal	906	906	906	906
BESS absorbe potencia activa Kimal	--	--	500	--
STATCOM Kimal	--	--	300	200
Generador sincrónico Lo Aguirre	362	362	362	362
BESS inyecta potencia activa Lo Aguirre	--	--	500	--
BESS con modelo WECC Lo Aguirre	3.000	3.000	--	--
STATCOM Lo Aguirre	800	600	300	100
Total BESS	3.000	3.000	1.000	--
Total STATCOM	1.400	800	600	300
Total generador sincrónico nuevo	1.268	1.268	1.268	1.268
Total	6.560	5.960	3.583	1.749

RESULTADOS TRAYECTORIAS CIERRE CENTRALES A CARBÓN, GNL y DIESEL

- El retiro total de las centrales a carbón permite una disminución significativa de las emisiones del SEN.
- A medida que se reduce el parque de generación fósil, los esfuerzos que se requieren para reemplazar la capacidad remanente por generación renovable, aumentan.
- Para poder lograr retirar de manera eficiente las centrales diésel es fundamental la participación extendida de la demanda eléctrica.





¿Qué podemos concluir?

1. Estamos en un escenario de urgencia climática y hay que avanzar decididamente hacia una matriz energética 100% renovable. Hemos logrado grandes avances en el desarrollo de las energías renovables, pero estos aun no son suficientes.
2. El proceso de una completa descarbonización de la matriz eléctrica debe ser llevado a cabo mediante la implementación oportuna de un conjunto de políticas públicas que permitan conciliar la urgencia climática con la provisión de energía de manera segura, económica y sustentable. Cualquier tropiezo en dicho proceso, podría traducirse en un aumento de las emisiones o en un aumento desmedido de los costos de energía.
3. Los análisis muestran que es técnicamente factible retirar las centrales a carbón en una fecha en torno al 2030, y las centrales a gas y diésel en el periodo 2035-2040, siempre y cuando se realicen los cambios regulatorios y las inversiones adecuadas para alcanzar este objetivo.



¿Qué podemos concluir?

4. Se requieren todavía más inversiones en el sector renovable para reemplazar a los combustibles fósiles.
5. La nueva capacidad renovable deberá ser competitiva para que siga contribuyendo a la baja de precios de la energía.
6. Tener un sistema que progresivamente reduzca la presencia de centrales convencionales impondrá una serie de desafíos para la gestión de la variabilidad del aporte de algunas tecnologías renovables.
7. Debemos aprovechar todos los recursos renovables disponibles.



¿Qué podemos concluir?

8. Se requieren un conjunto de 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-Farming**.
- Adapten los **Reglamentos y Normas Técnicas** (Códigos de Red) a la nueva realidad.



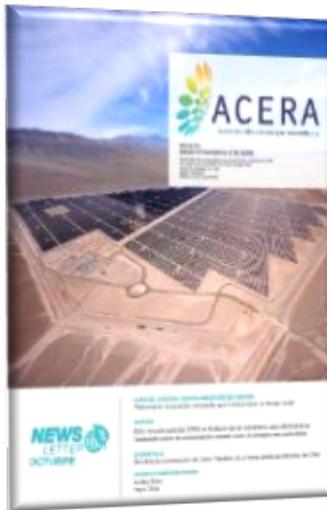
¿Preguntas?





SÍGUENOS EN NUESTRAS REDES SOCIALES... Y Plataformas de Comunicación

NEWSLETTER



WEB



MAPA PROYECTOS ERNC



 Informaciones@acera.cl

 [@ACERAAG](https://twitter.com/ACERAAG)

 [acera.ag](https://www.instagram.com/acera.ag)



ACERA AG.
Asociación Chilena de Energías Renovables y Almacenamiento



POR UN CHILE
100% RENOVABLE

Ruta de referencia para alcanzar cero emisiones en el sector de generación eléctrica en Chile

DICIEMBRE DE 2021

