



Impacto de los Sistemas de Almacenamiento de Energía en la Operación del Sistema Eléctrico Nacional

Ernesto Huber

Coordinador Eléctrico Nacional

Agenda

- Sistema Eléctrico Chileno**
- Sistemas de Almacenamiento de Energía: Hidro, BESS
- Condiciones de Operación del Sistema
- Desafíos “futuros”
- Comentarios finales

NATIONAL ELECTRIC COORDINATOR: CHILEAN ISO

Chile has a long
electric grid



Chile in comparison

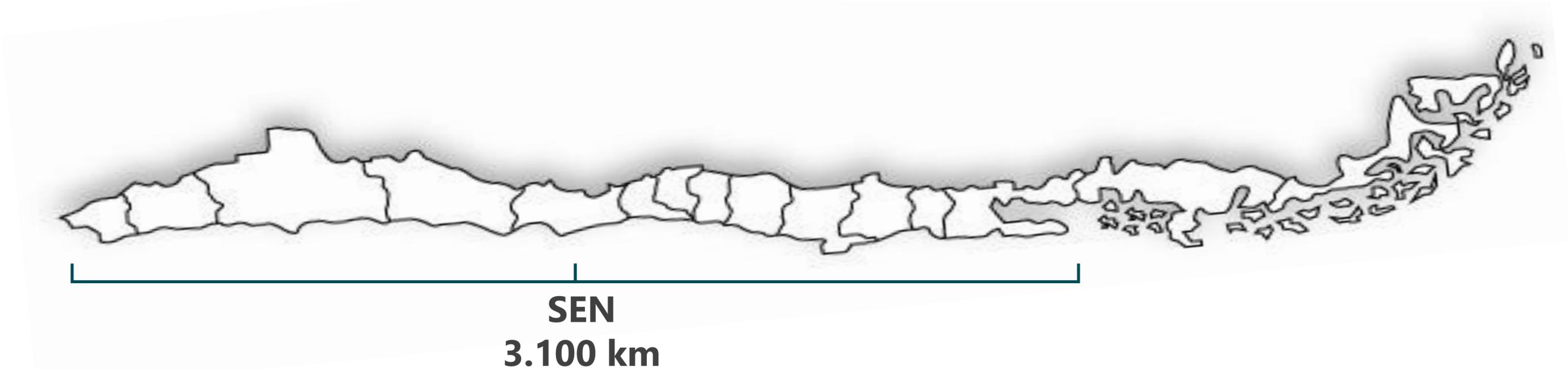
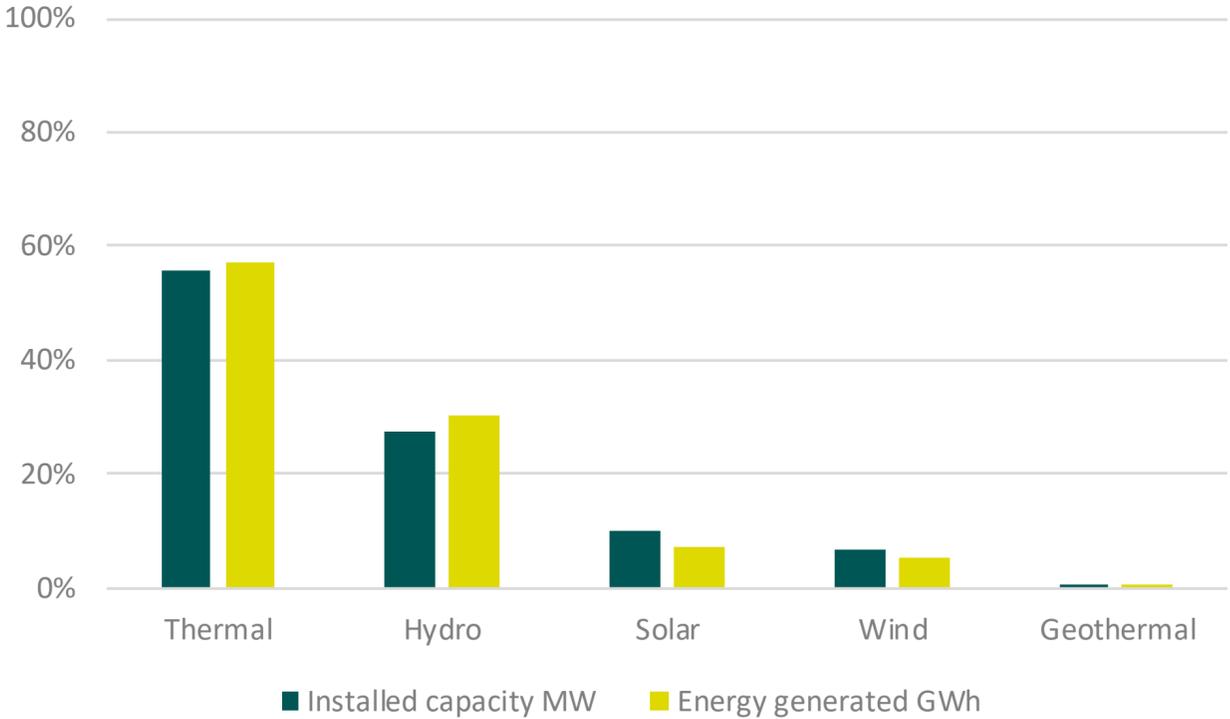


Electric Systems – Total

National System (2018)

- Installed Capacity: 24,487 MW (+3.2%)
- Energy Generated: 76,526 GWh (+3.1%)
- Peak Demand: 10,570 MW (+3.6%)
- ISO: Coordinador Eléctrico Nacional

Capacity & energy by fuel type



Agenda

- Sistema Eléctrico Chileno
- Sistemas de Almacenamiento de Energía: Hidro, BESS**
- Condiciones de Operación del Sistema
- Desafíos “futuros”
- Comentarios finales

Sistemas de Almacenamiento de Energía



Embalse



Concentrador Solar



Almacenamiento mediante Centrales de bombeo

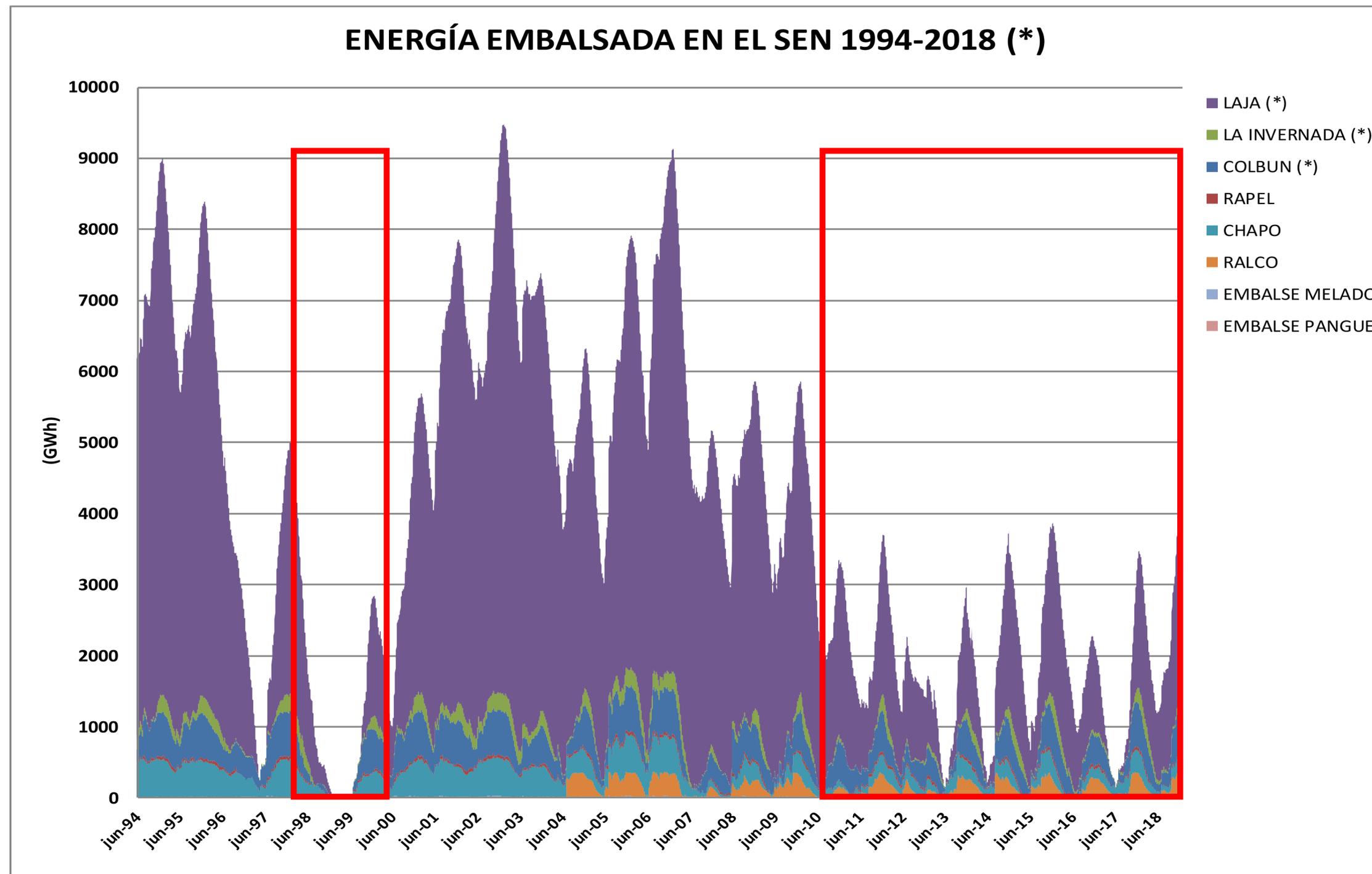


Volante de inercia



Bancos de baterías

Embalses - Almacenamiento de Energía

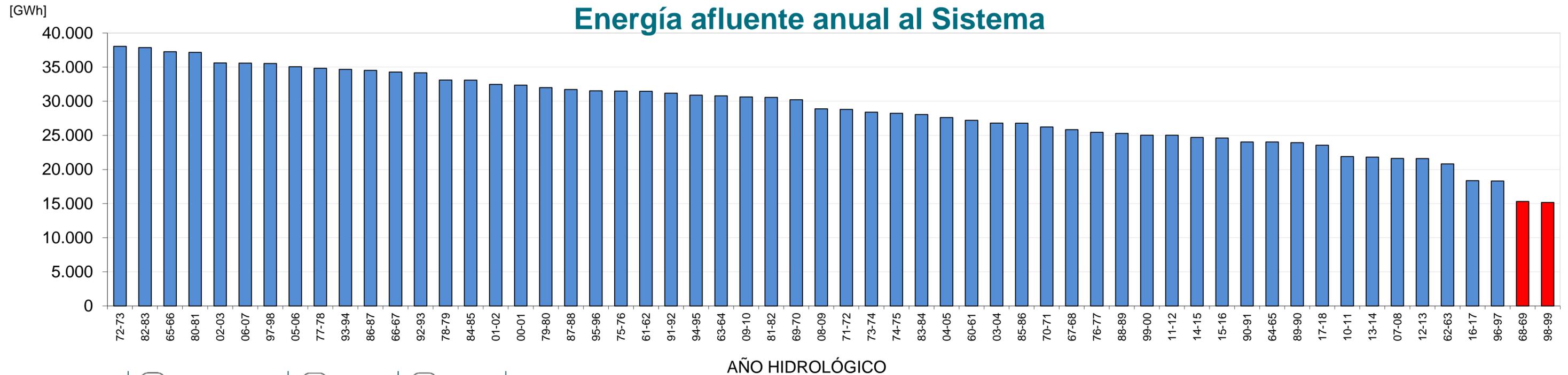
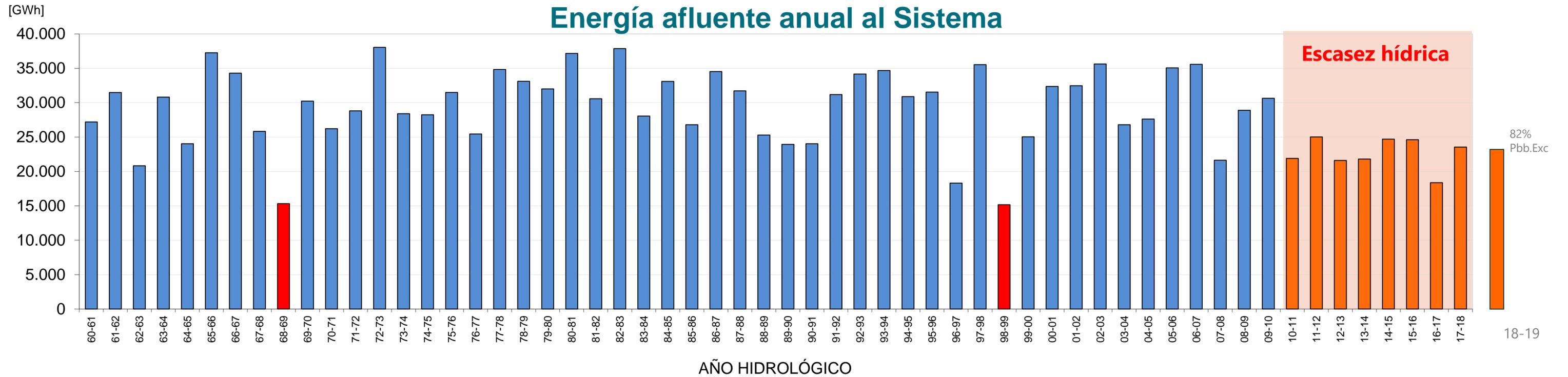


(*)

- **Laja:** considera la energía generada por la serie El Toro, Antuco, Rucúe y Quilleco.
- **La Invernada:** considera la energía generada por la serie Cipreses, Isla, Curillinque y Loma Alta.
- **Colbún:** considera la energía generada por la serie Colbún, Machicura y San Ignacio.



Energía Afluyente - Almacenamiento de Energía

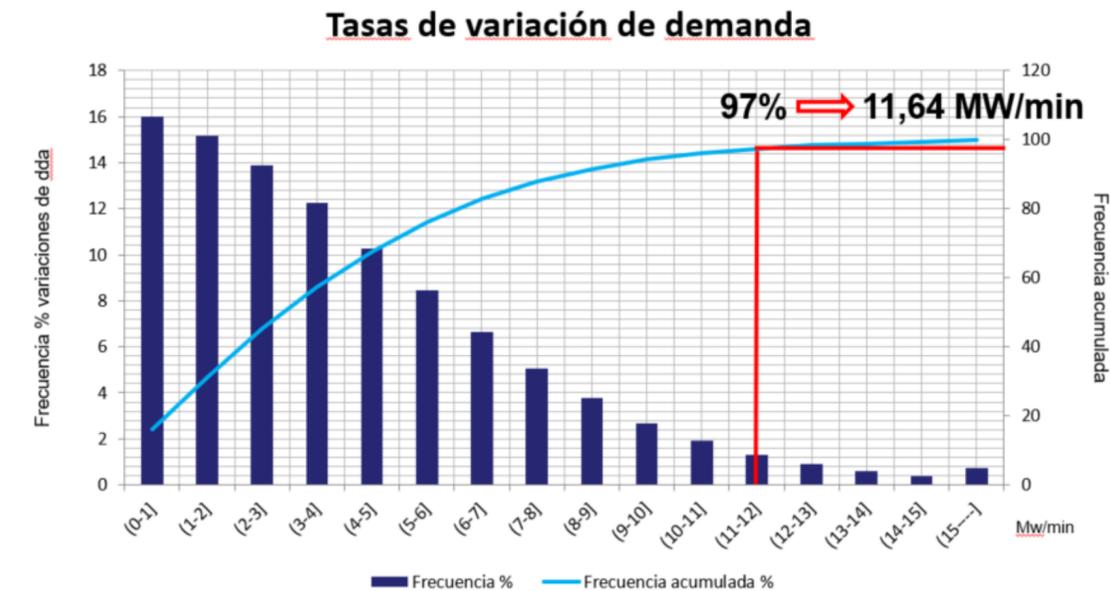
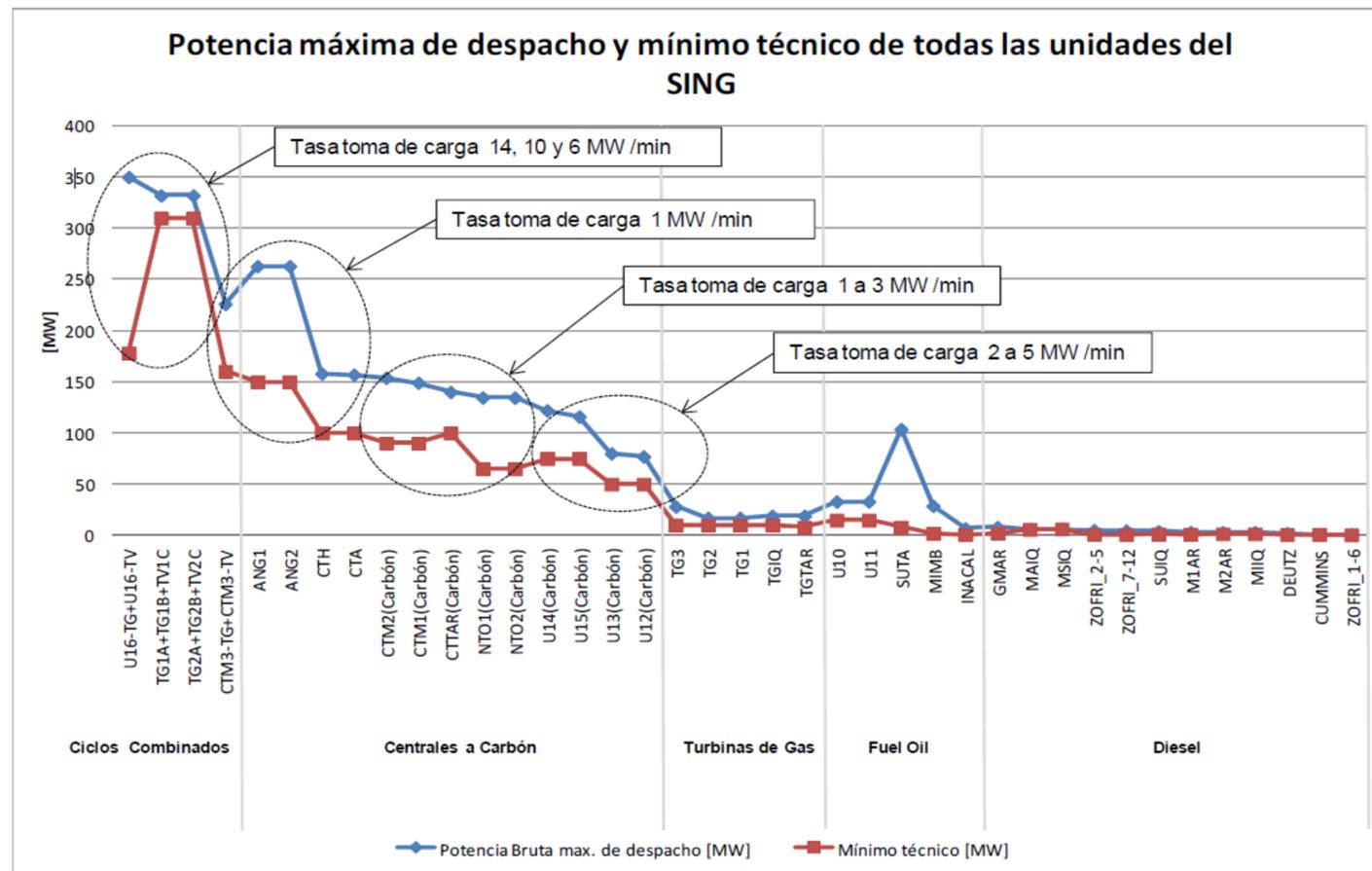


Sistemas de Almacenamiento de Energía en Baterías - BESS

Necesidad de BESS en el SEN (previos a la interconexión – año 2007)

Nace como una necesidad particular en el Sistema Interconectado del Norte Grande considerando

- Baja capacidad de aporte de las unidades carboneras al CPF (entre 1 y 3 MW/min)
- Tasas de variación de demanda de hasta 12 MW/min



Percentil 99% MW/min	Percentil 97% MW/min	Percentil 95% MW/min	Promedio MW/min
14,21	11,64	10,37	4,11

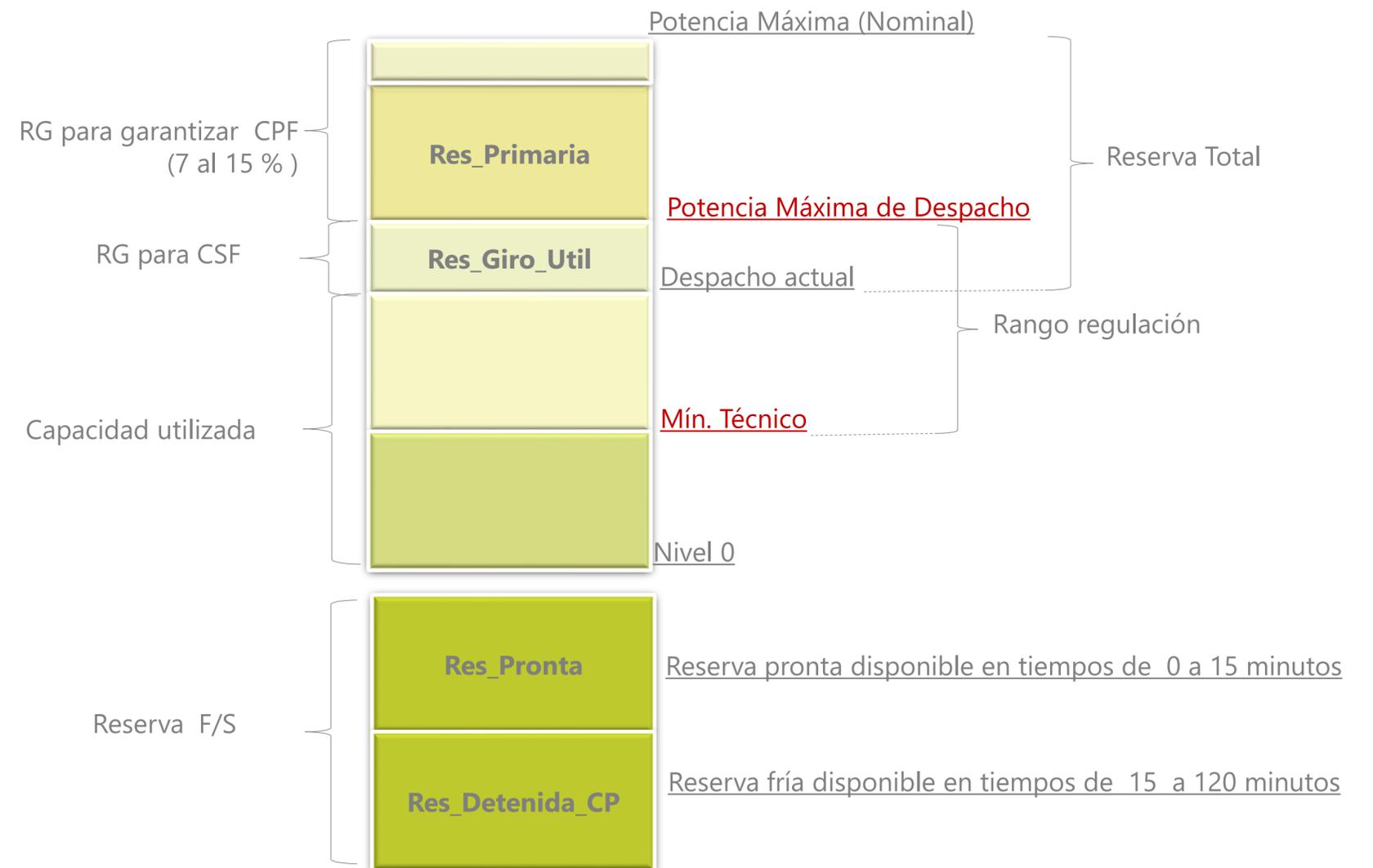


Sistemas de Almacenamiento de Energía en Baterías - BESS

Uso de BESS en el SEN

Requerimientos SING al año 2007

- Todas las unidades deben asegurar su aporte al CPF, comprometido según tecnología.
- Para eso las unidades generadores deben operar a una capacidad máxima menor a la capacidad nominal.
- Estudio establece que para garantizar el aporte de CPF:
 - Unidades térmicas a carbón deben mantener al menos un 7% de reserva en giro.
 - Ciclos Combinados deben mantener entre un 10 a 15% de reserva en giro para evitar restricción por activación del control de temperatura.

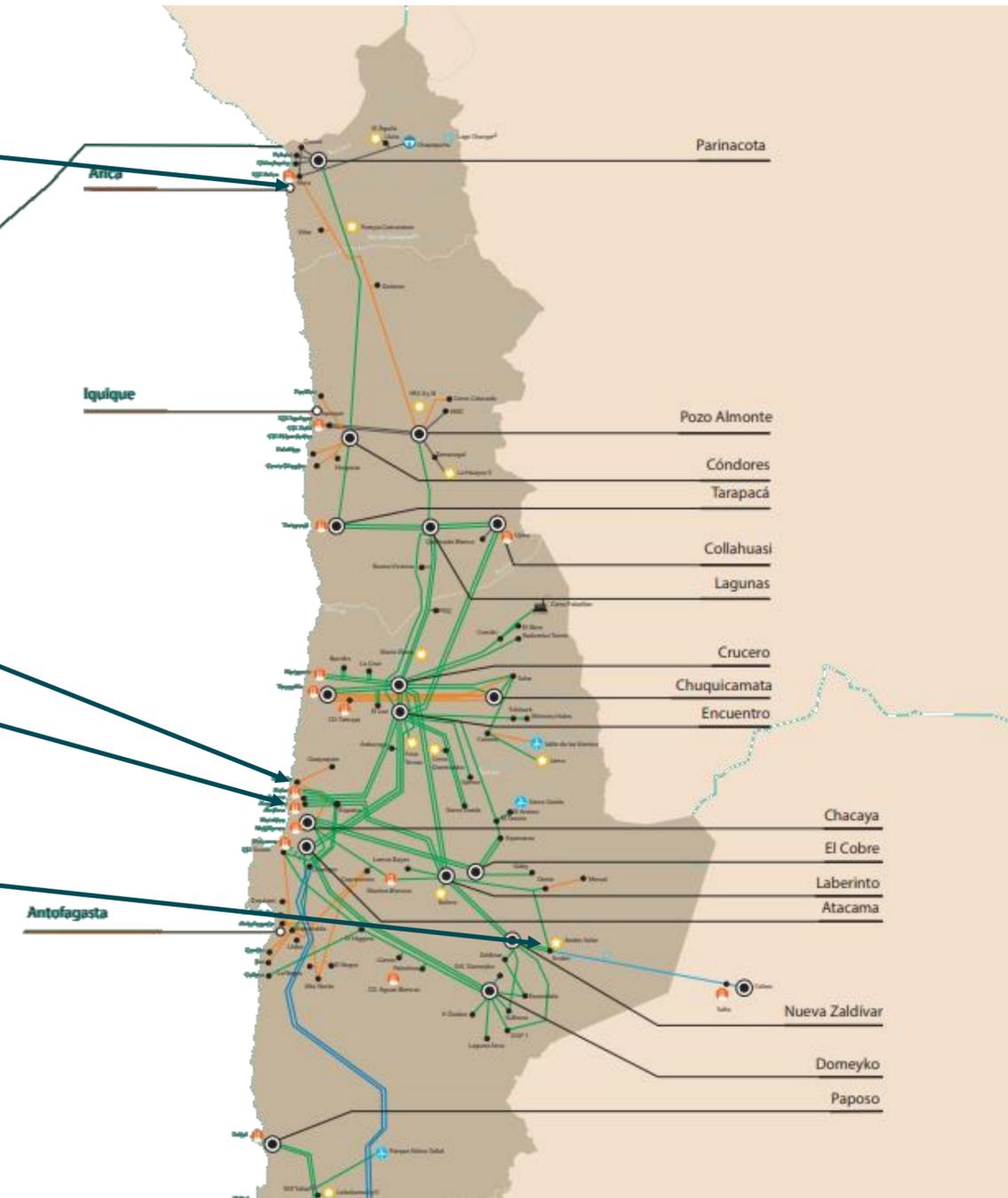


Oportunidad para reemplazar el aporte al CPF, a través del BESS, logrando subir el despacho máximo desde el 93% al 96% para el caso de unidades carboneras.

Sistemas de Almacenamiento de Energía en Baterías - BESS

BESS en el SEN

- BESS Arica 2 MW
(en pruebas)
- BESS Cochrane 20 MW
(octubre 2016)
- BESS Angamos 20 MW
(febrero 2012)
- BESS Andes 12,8 MW
(marzo 2009)

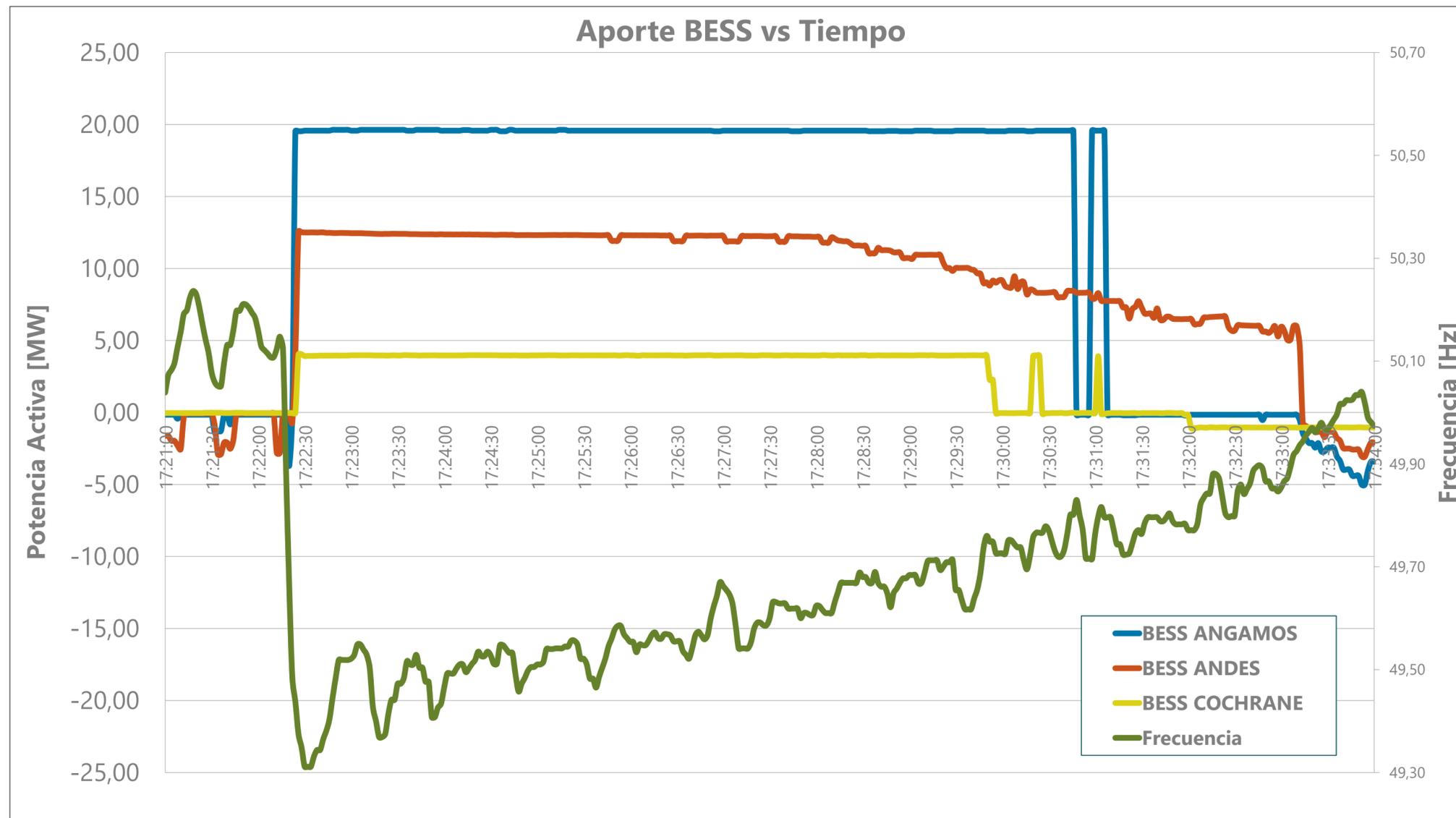


Principales características de los BESS instalados

Ajuste	S/E Angamos	S/E Andes	S/E Cochrane
Frec. Activación UF [Hz]	49,8	49,8	49,6
Frec. Desactivación UF [Hz]	49,9	49,9	49,7
Frec. Activación OF [Hz]	50,3	50,3	50,4
Frec. Desactivación OF [Hz]	50,1	50,1	50,3
Estado de Carga SOC	75% (5MWh)	75% (3,2MWh)	75% (5MWh)
Etapas y capacidad	10 eq., 2 MW c/u	8 eq., 1,6 MW c/u	10 eq. 2 MW c/u
Inyección de potencia	20 MW@15 min	12,8 MW@15 min	20 MW @ 15 min
Absorción de potencia	20 MW@ 3 min	12,8 MW@3 min	20 MW@ 3 min

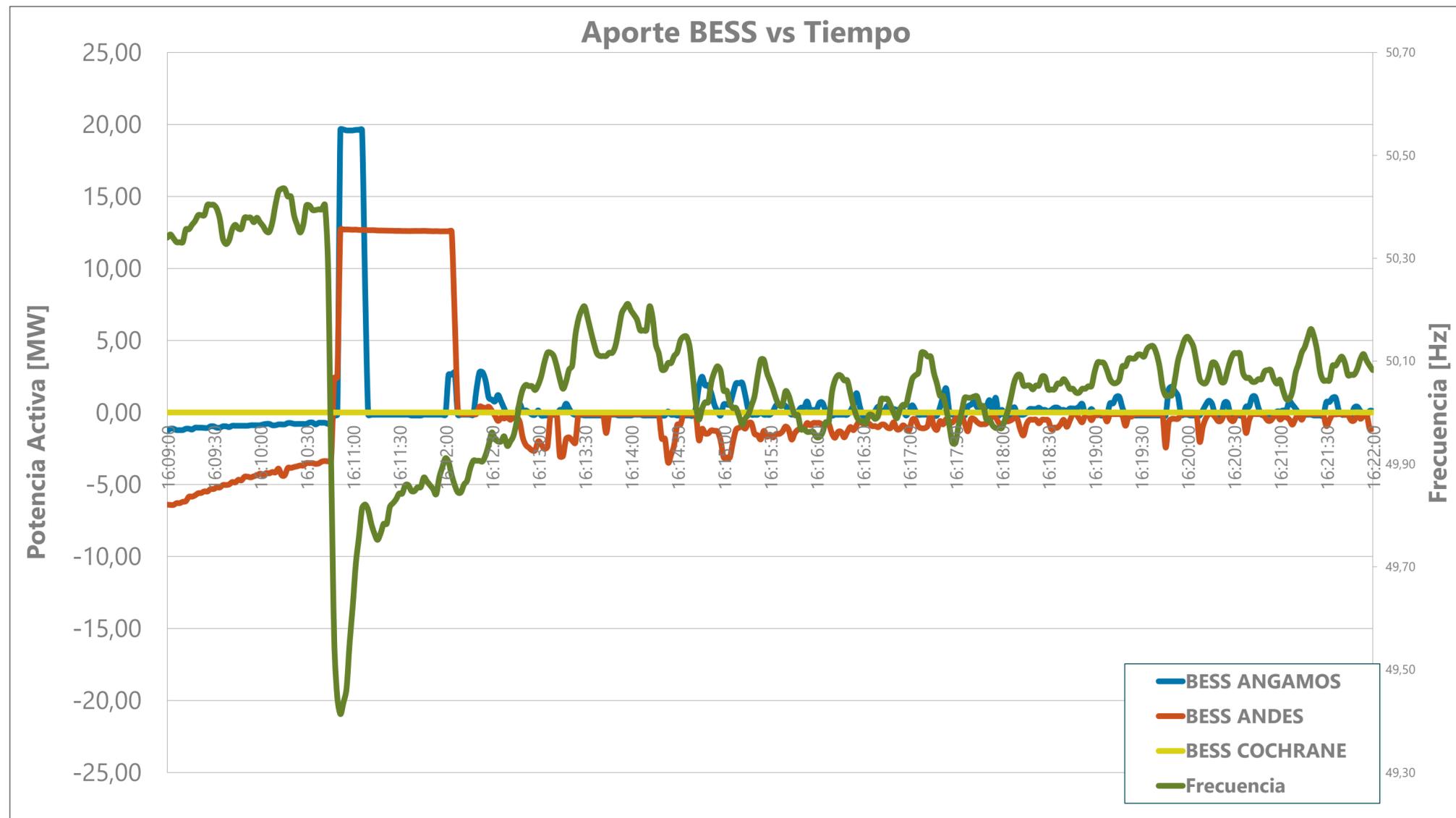
Respuesta de los BESS – Casos reales 1

Salida intempestiva CTA ≈ 140 MW
09/08/2016 17:22:00 (pre-interconexión)



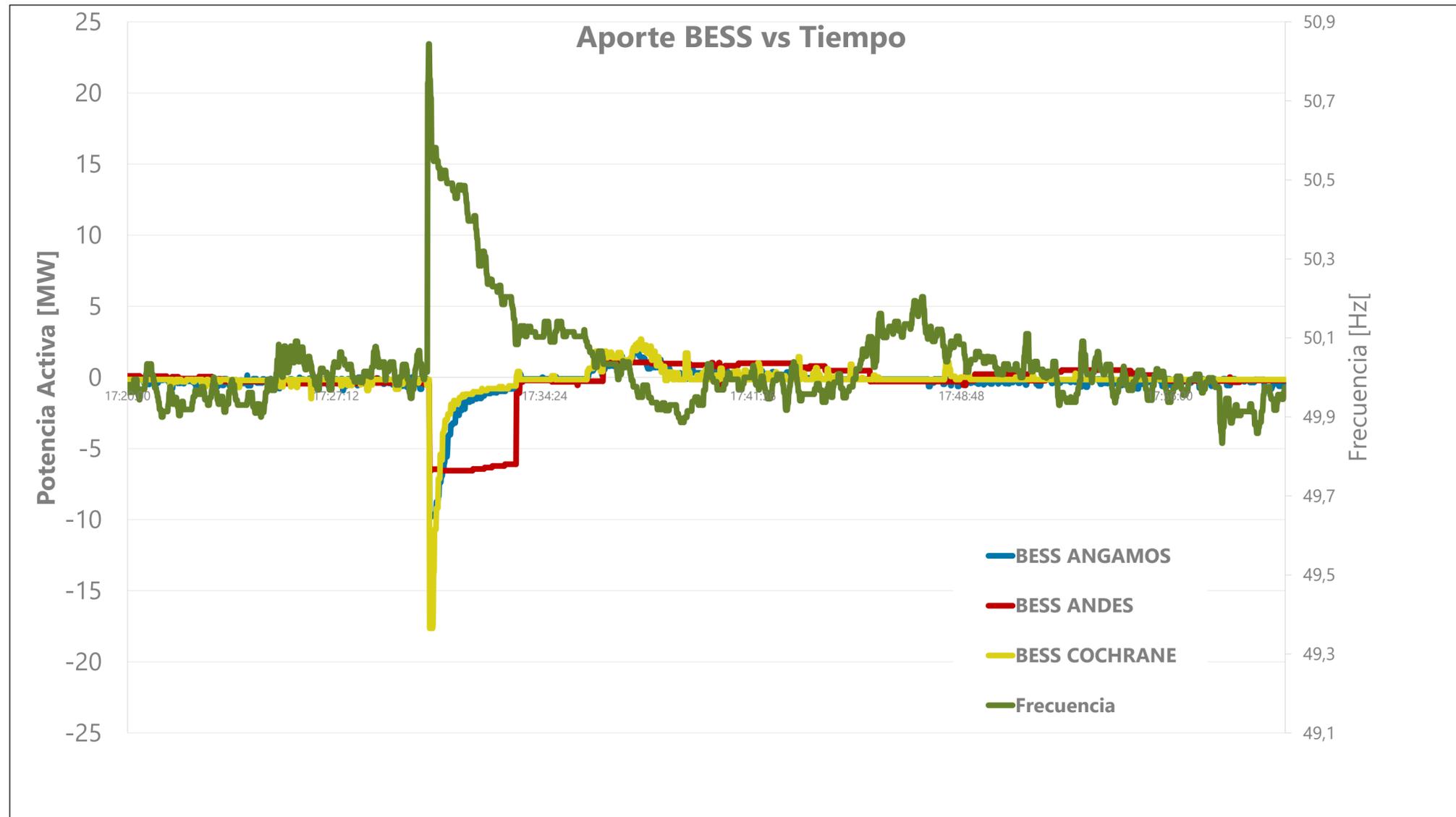
Respuesta de los BESS – Casos reales 2

Salida intempestiva Central Cochrane \approx 200 MW
12/08/2016 16:10:00 (pre-interconexión)



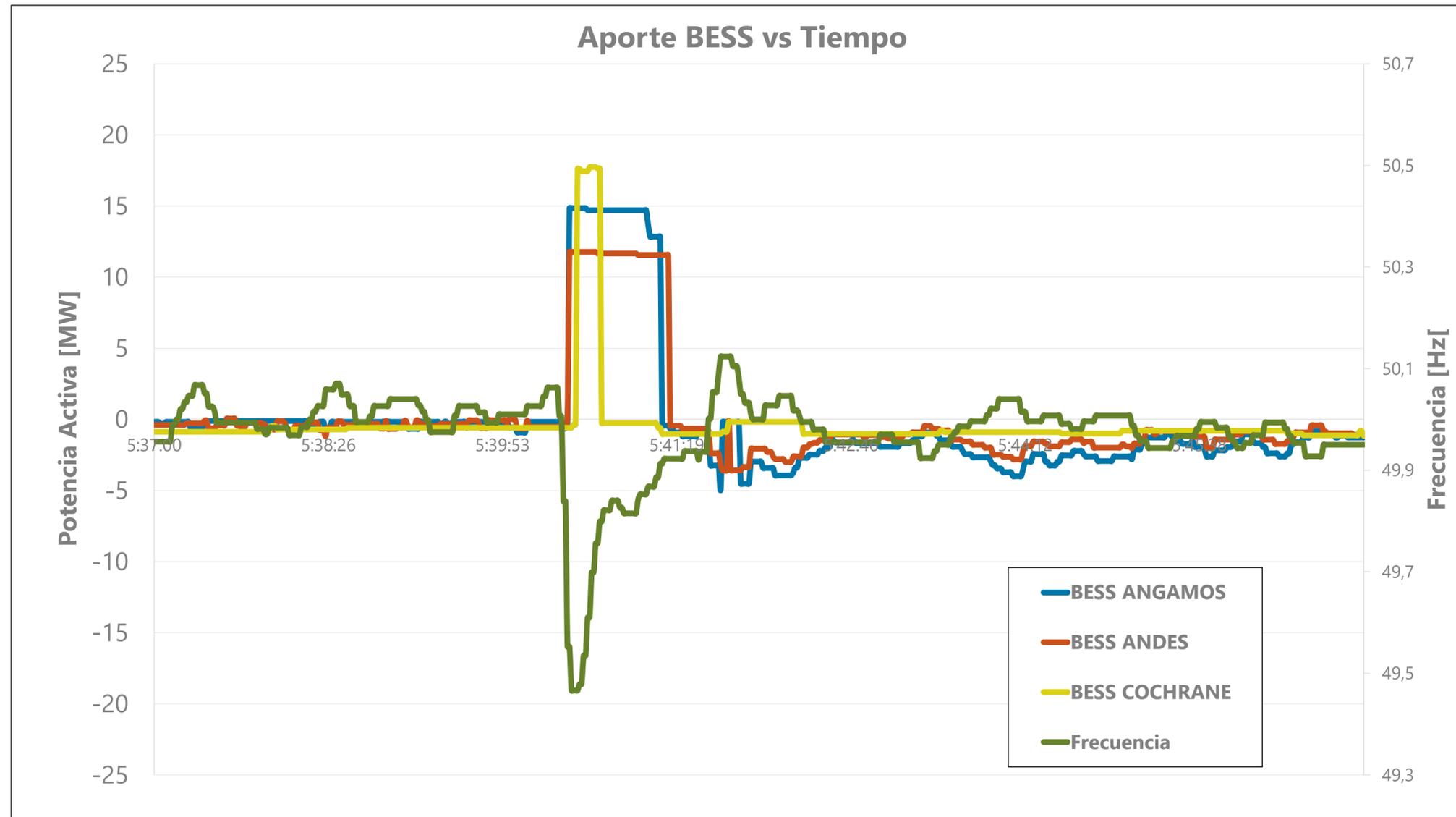
Respuesta de los BESS – Casos reales 3

Sobrefrecuencia pérdida de 800 MW aprox
07/11/2018 17:21:00



Respuesta de los BESS – Casos reales 4

Salida intempestiva Central IEM ≈ 381 MW
03/12/2018 05:40:00

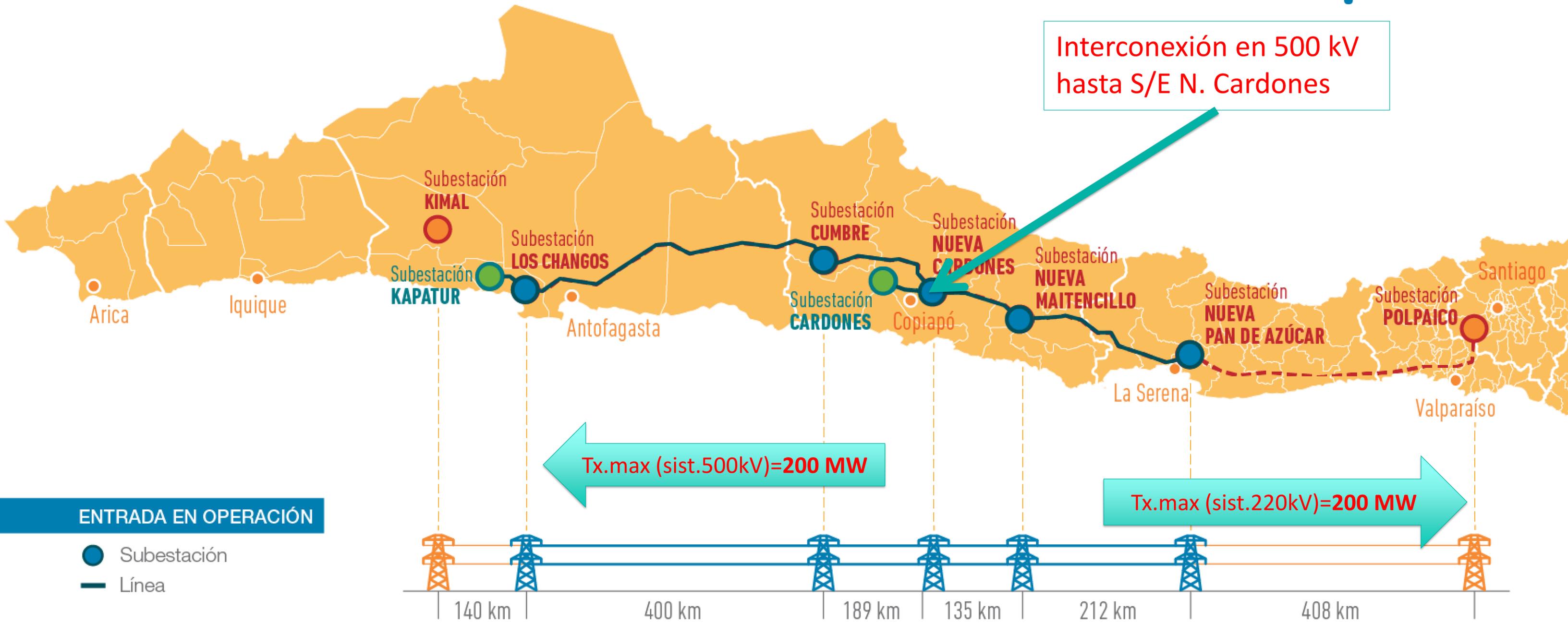


Agenda

- Sistema Eléctrico Chileno
- Sistemas de Almacenamiento de Energía: Hidro, BESS
- Condiciones de Operación del Sistema**
- Desafíos “futuros”
- Comentarios Finales

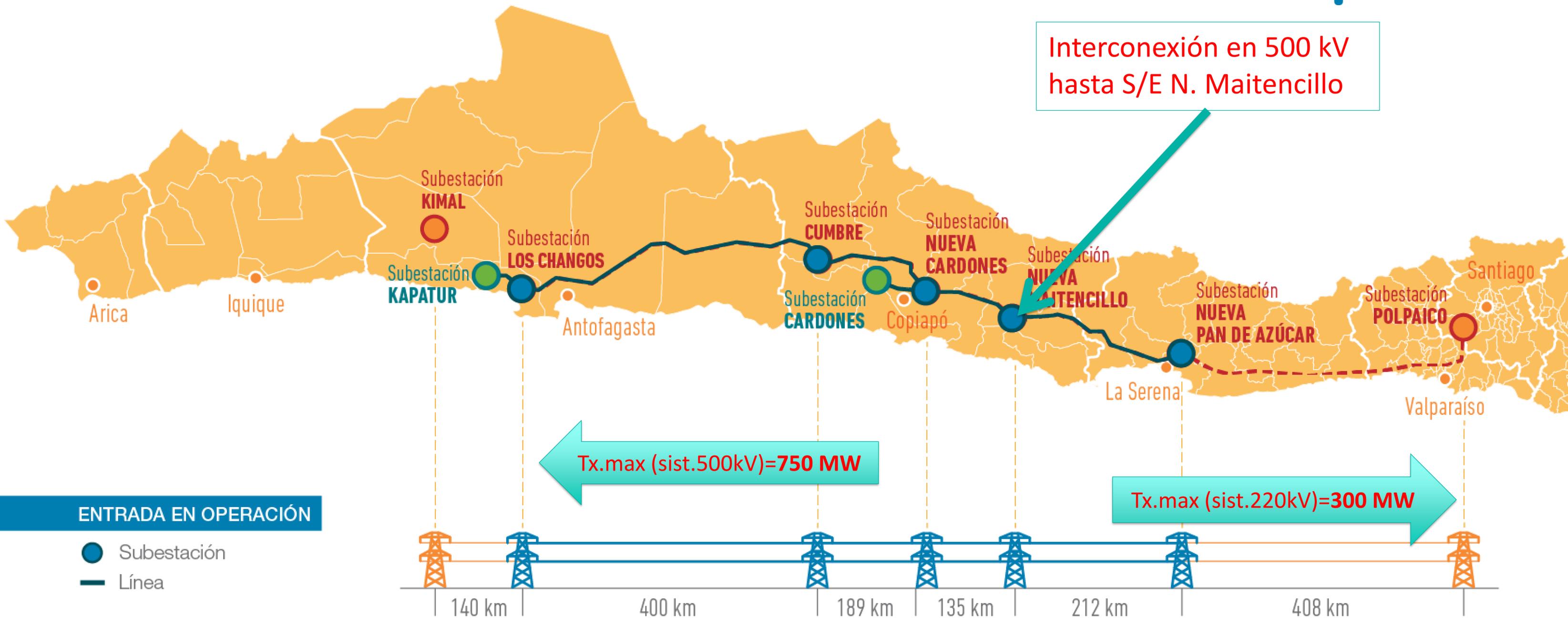
PROCESO DE INTERCONEXIÓN

Noviembre-Diciembre 2017



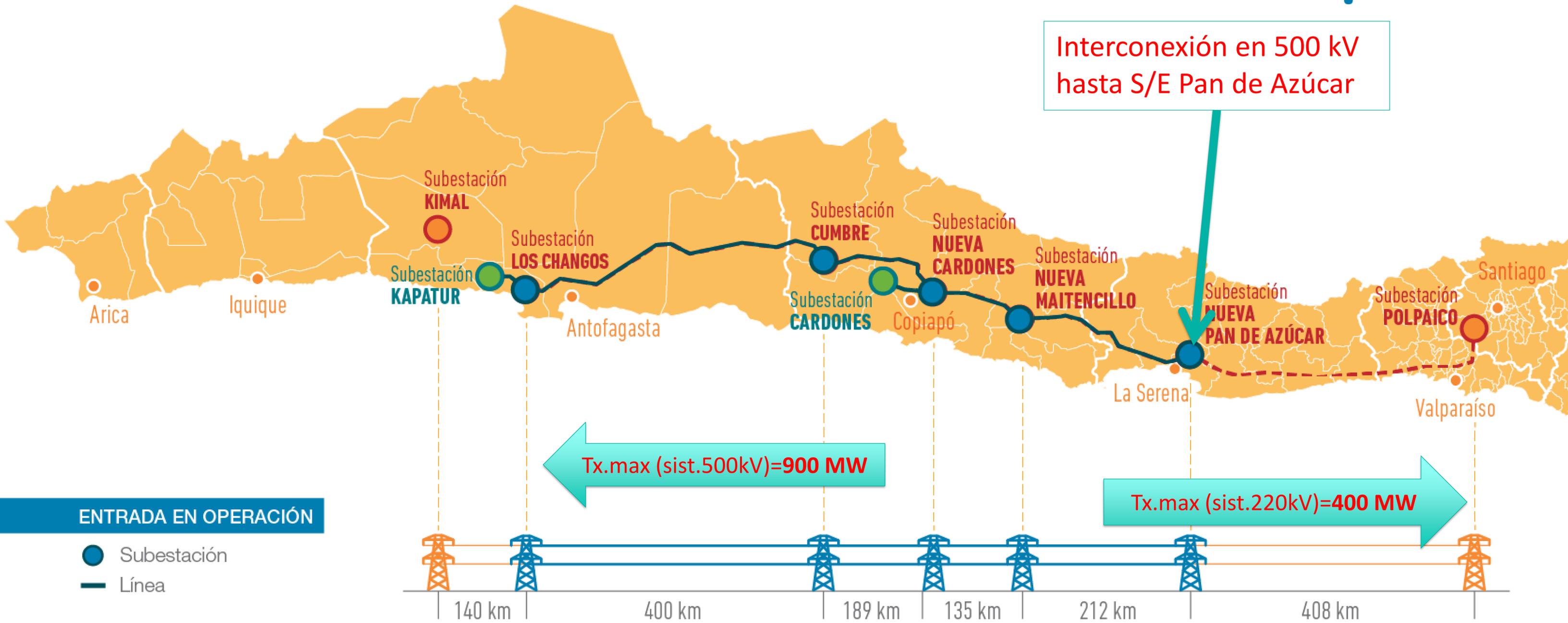
PROCESO DE INTERCONEXIÓN

Enero - Abril 2018



PROCESO DE INTERCONEXIÓN

Mayo 2018



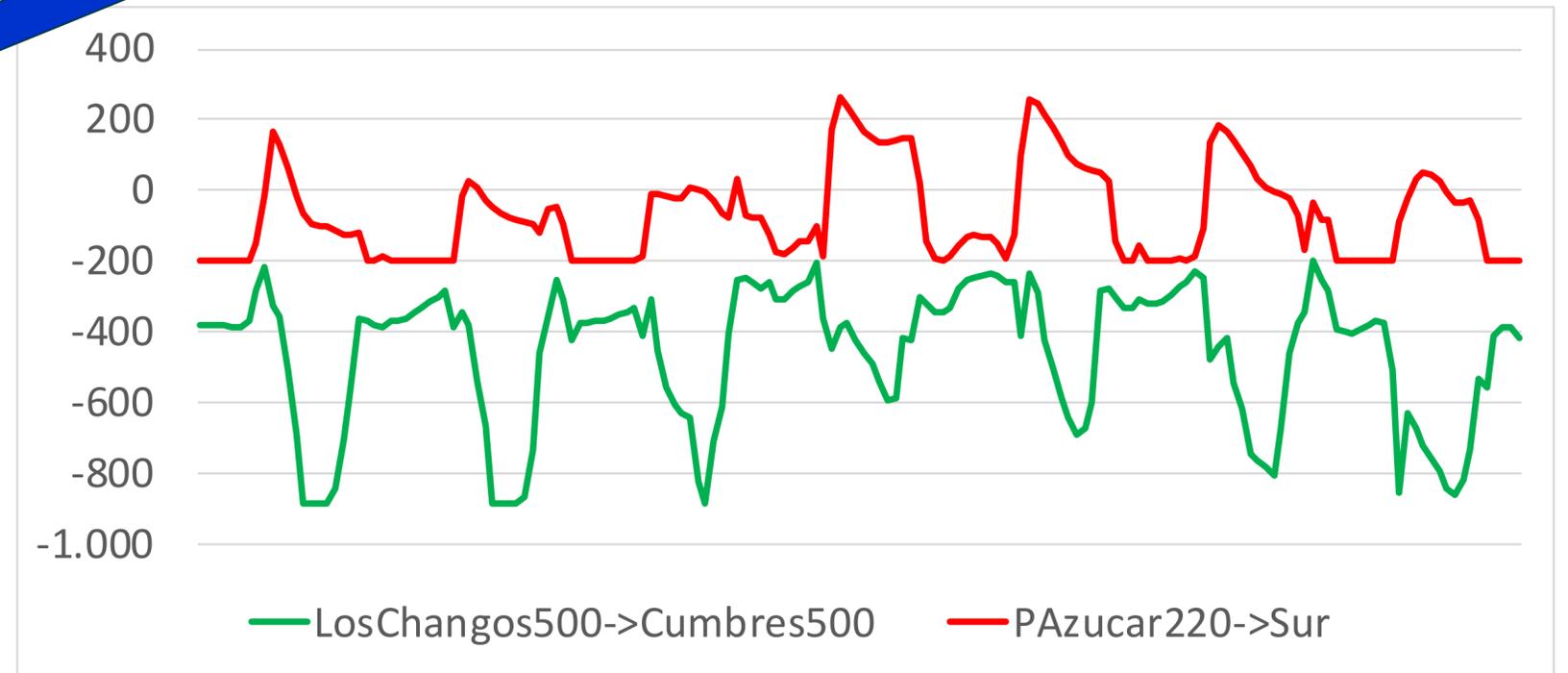
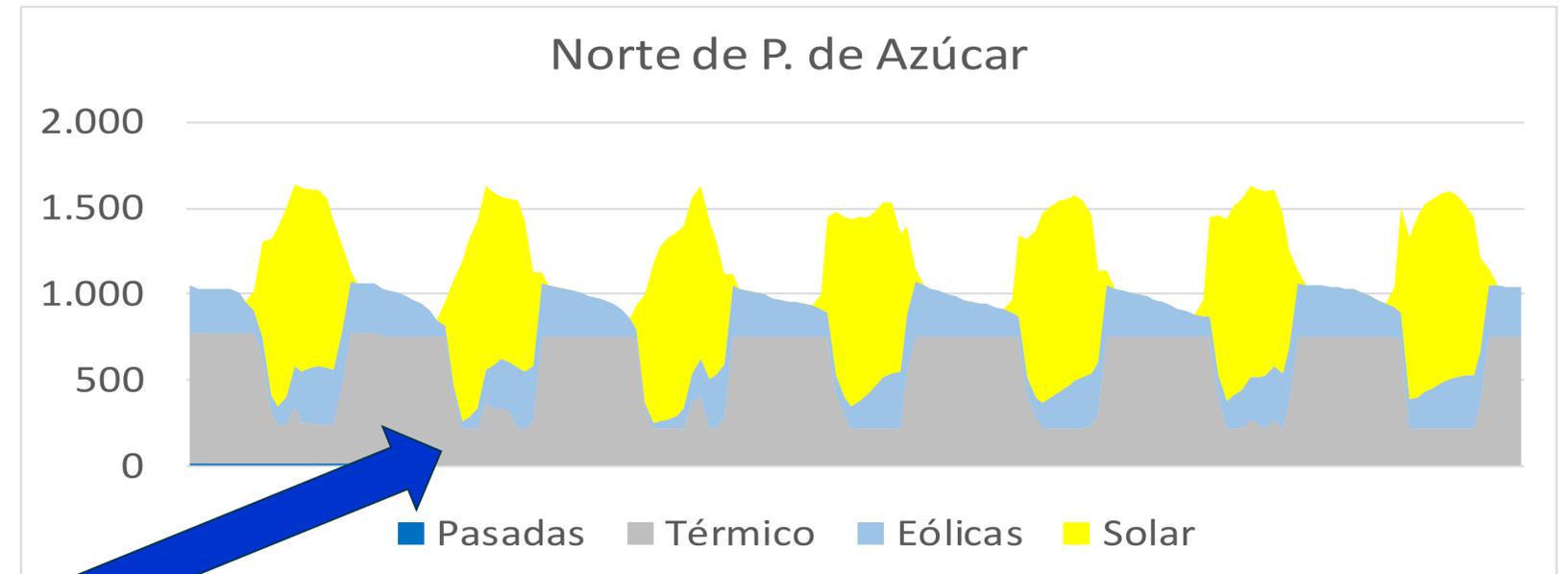
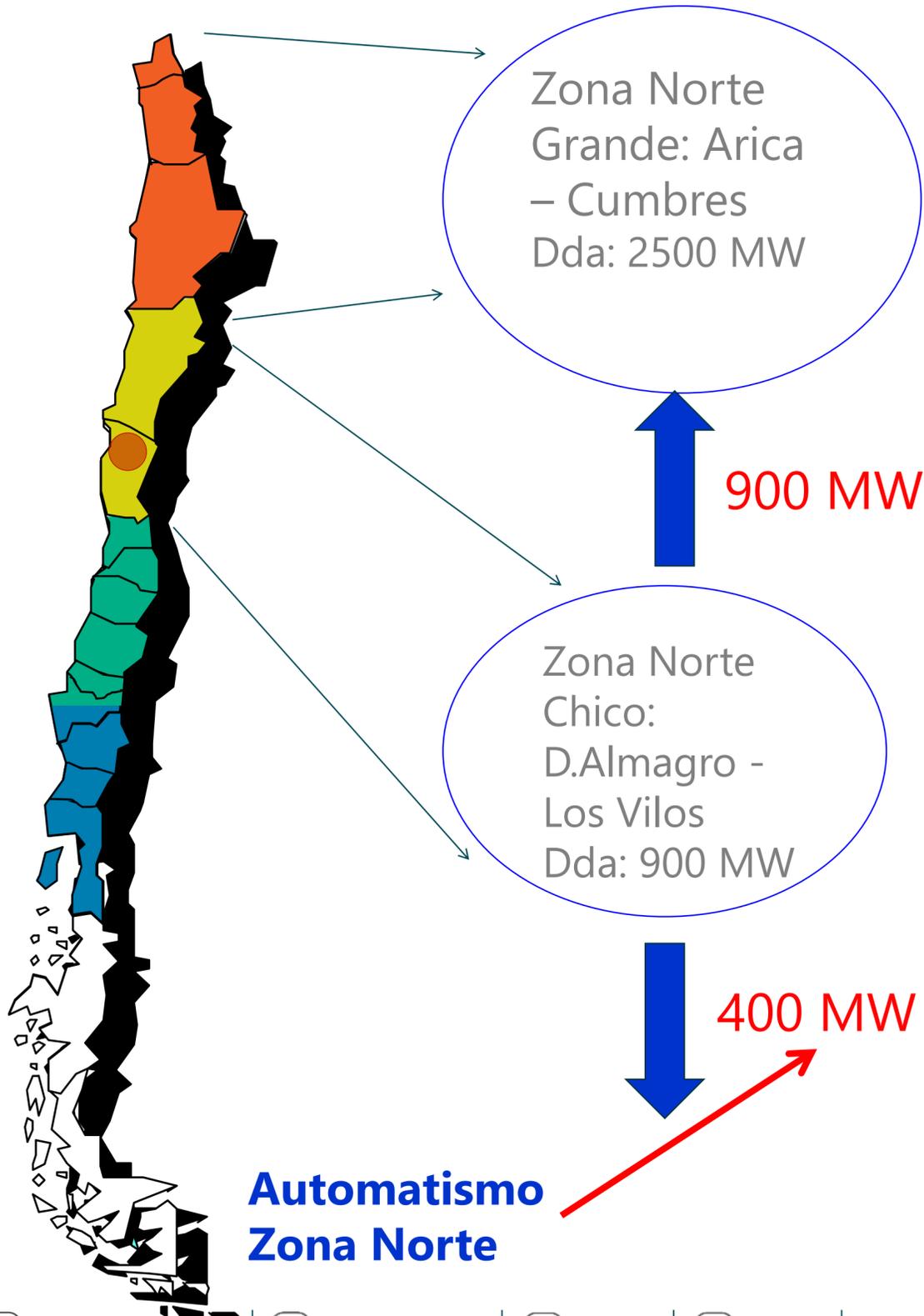
ENTRADA EN OPERACIÓN

- Subestación
- Línea

Tx.max (sist.500kV)=900 MW

Tx.max (sist.220kV)=400 MW

Restricciones de Transmisión



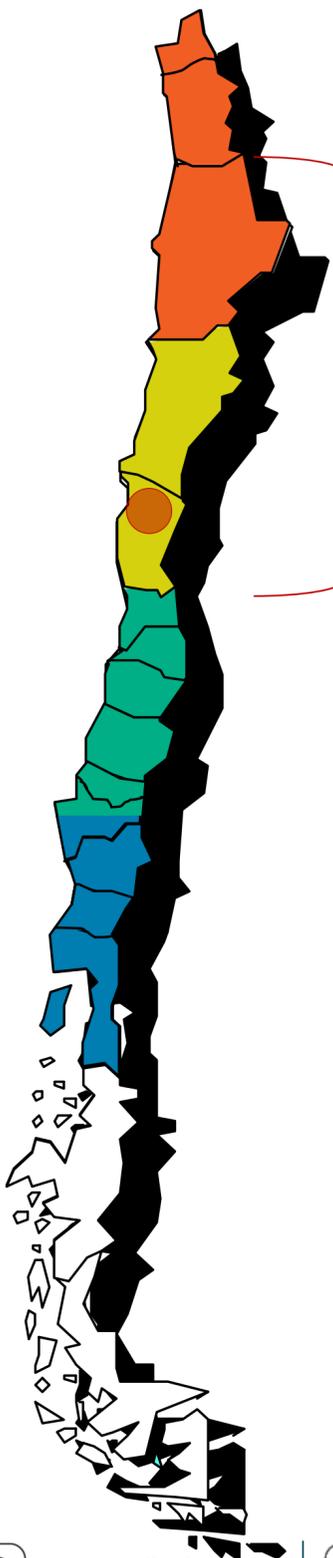
Nuevos Mínimos Técnicos

Reducción Z.Norte: 700 MW aprox.

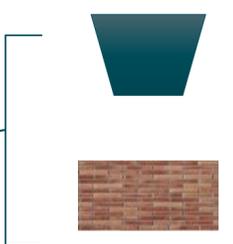
SEN: >1200 MW

Fuente: Resumen Ejecutivo Operación, 5 de septiembre de 2018

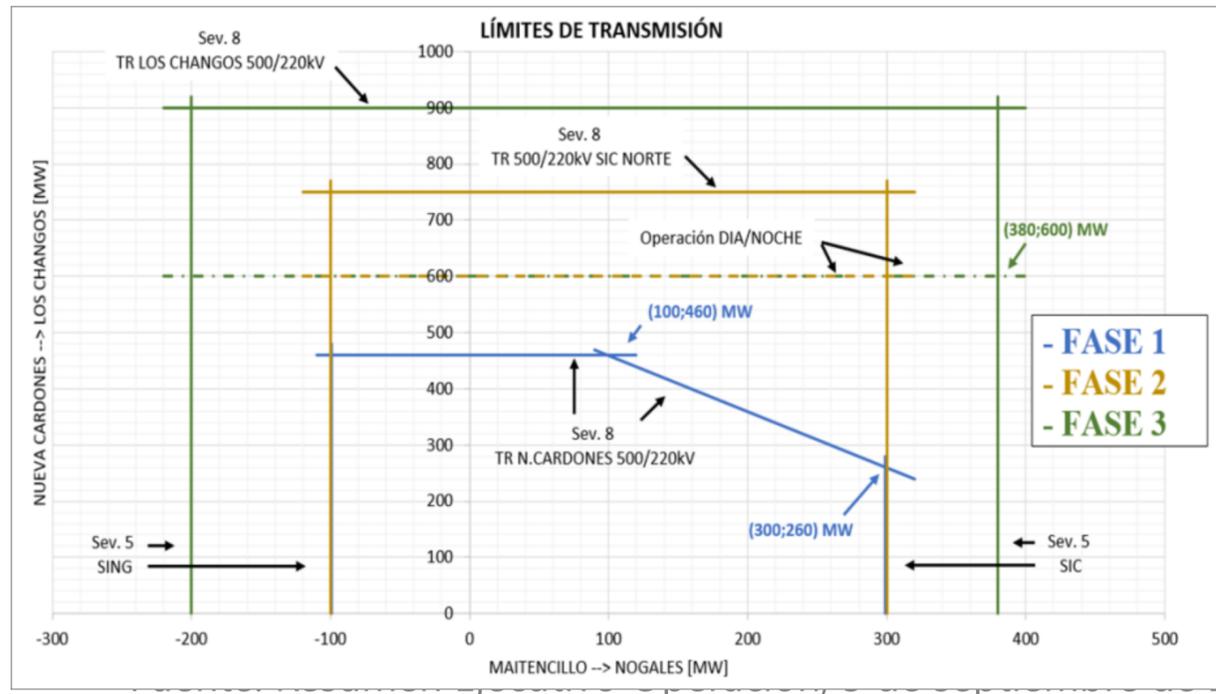
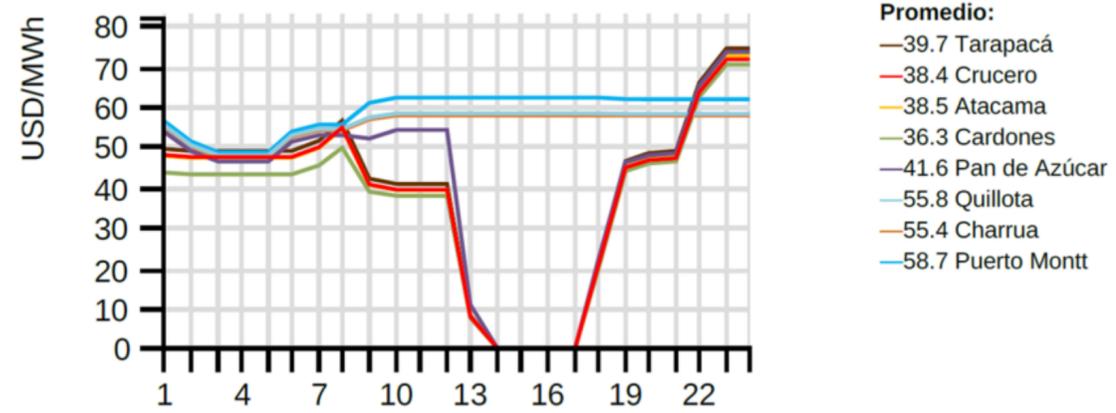
Los desafíos continúan



- Aún falta capacidad de Tx para integración de ER-V
- GNL inflexible
- Escenarios de baja demanda
- Restricciones de seguridad: reserva, inercia, control de potencia reactiva

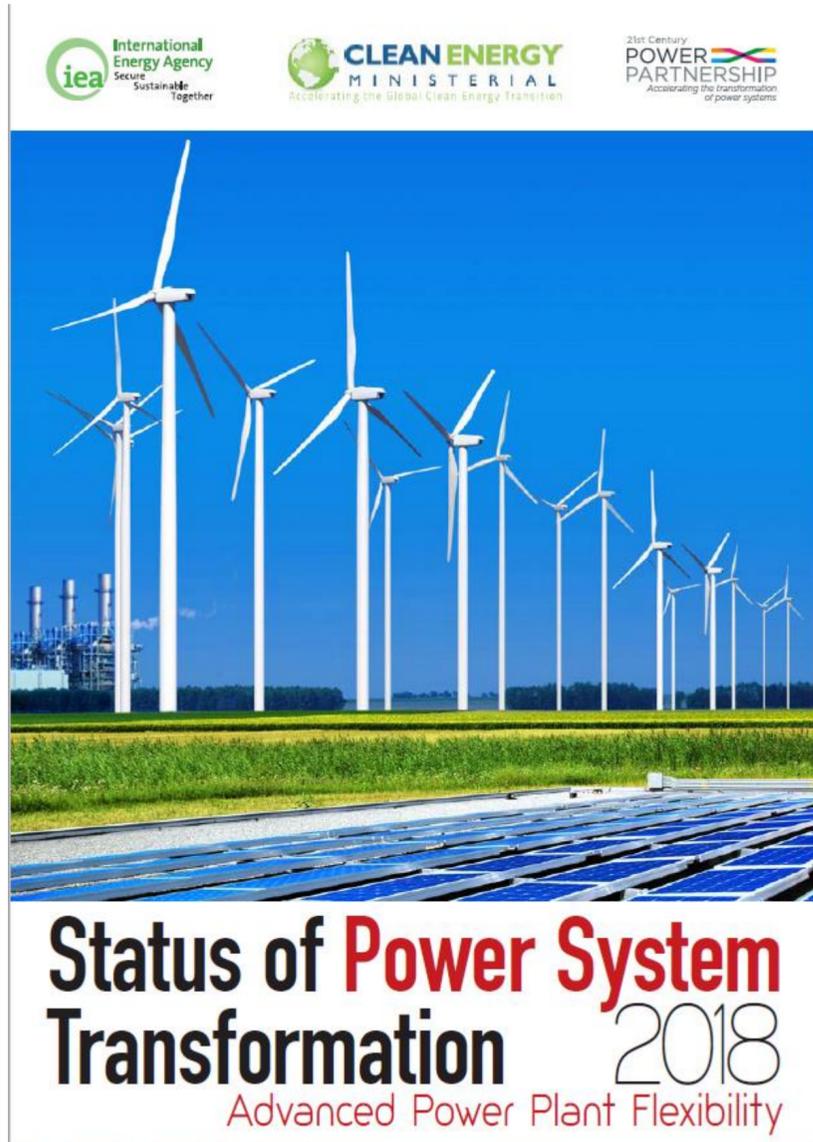


Costo Marginal Real Preliminar (USD/MWh)

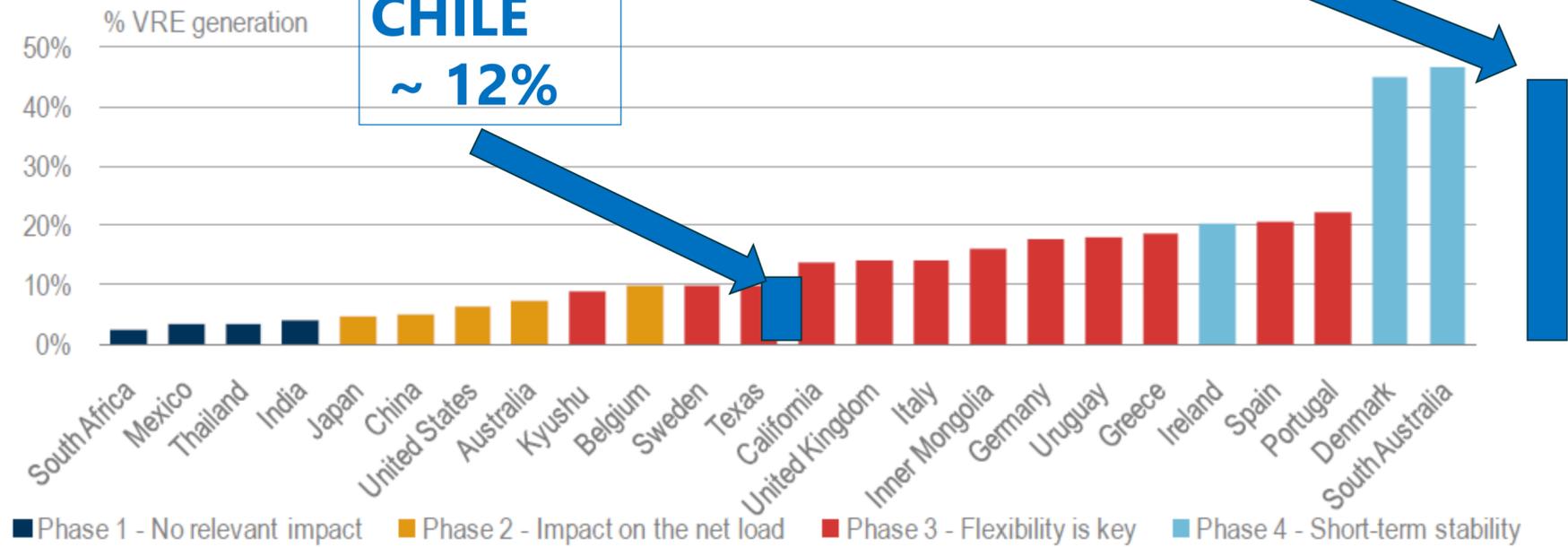


Power System Transformation: VRE

North SEN
~ 30 - 40%



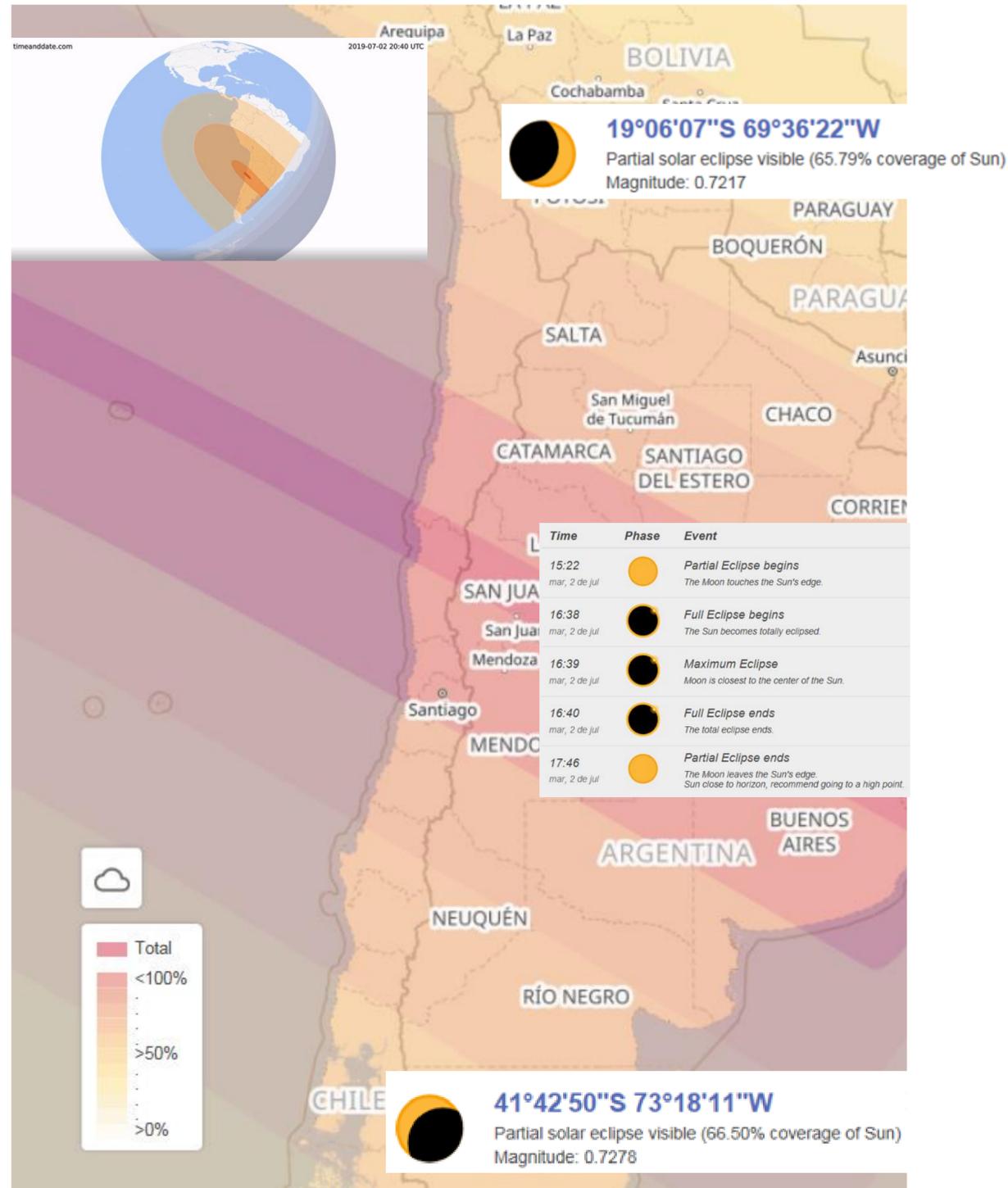
Page | 22



Note: Kyushu is a large island located in southwest Japan.

Source: Adapted from IEA (2017c), *Renewables 2017: Analysis and forecasts to 2022*.

Eclipse Solar Total – La Serena, Chile 02.07.2019

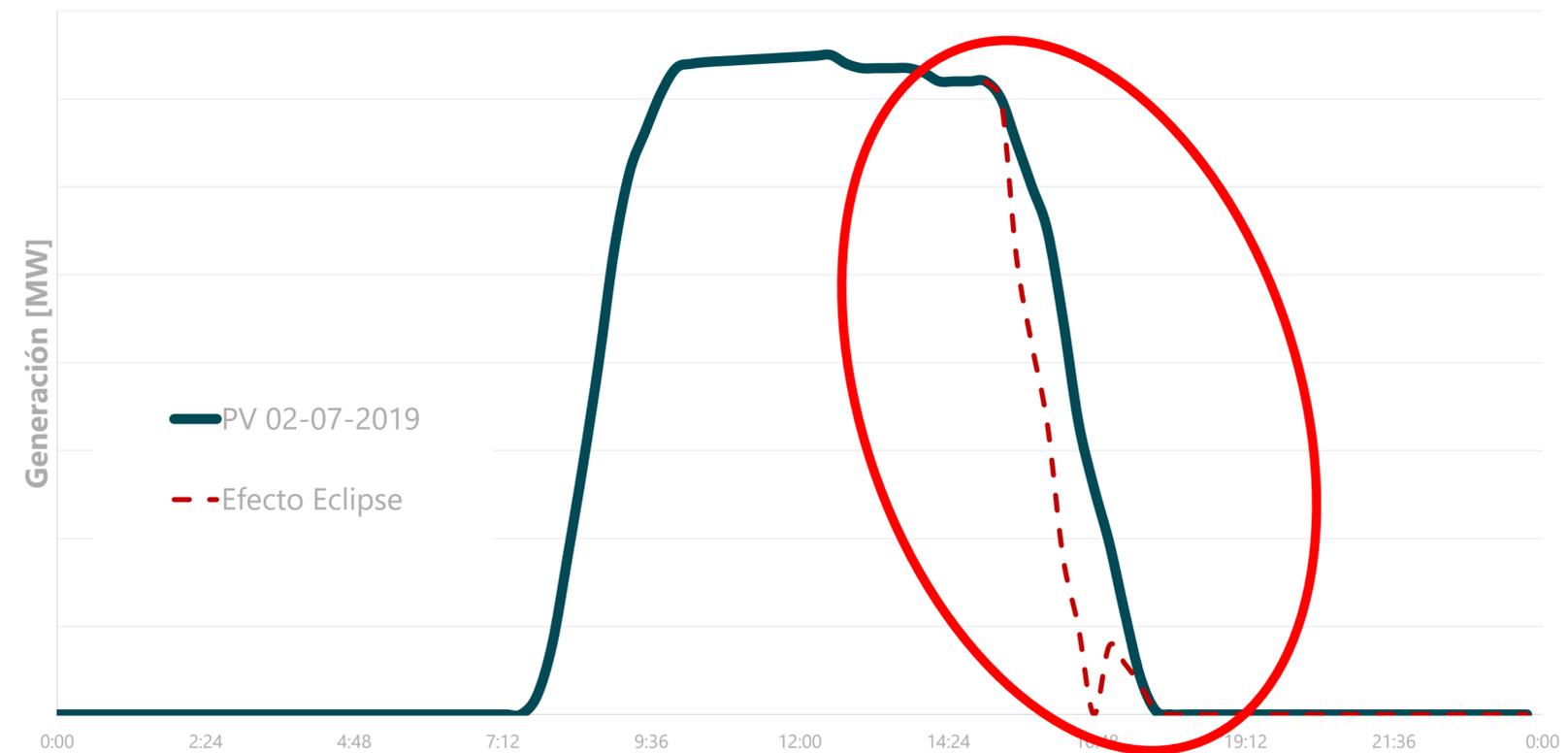


2 de jul de 2019, 16:39

Max View in La Serena

Global Event:	Total Solar Eclipse
Local Type:	Total Solar Eclipse, in La Serena
Begins:	mar, 2 de jul de 2019, 15:22
Maximum:	mar, 2 de jul de 2019, 16:39 1,01 Magnitude
Ends:	mar, 2 de jul de 2019, 17:46
Duration:	2 hours, 24 minutes
Totality:	2 minutes, 18 seconds

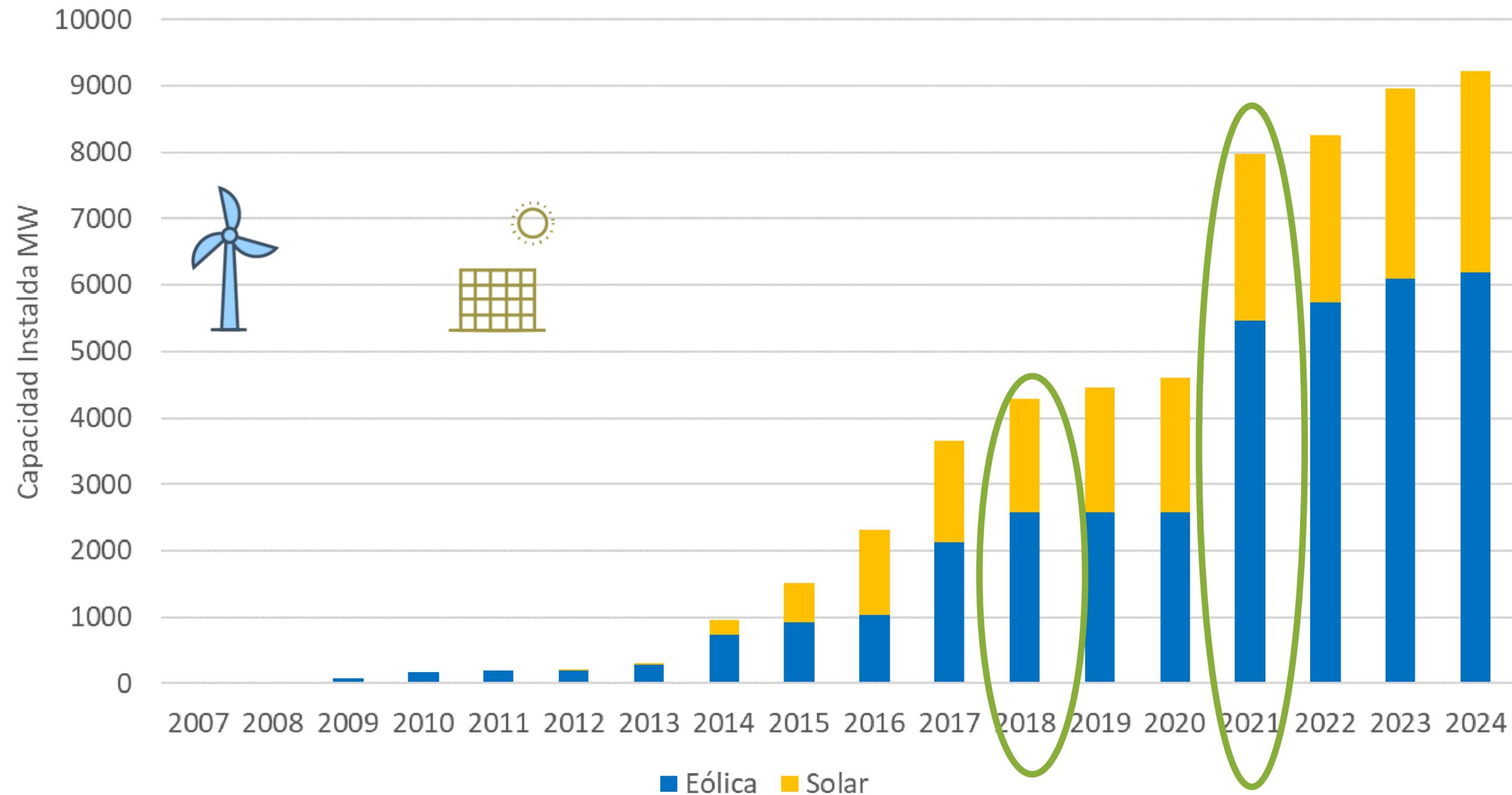
Efectos Previstos del Eclipse en Generación PV



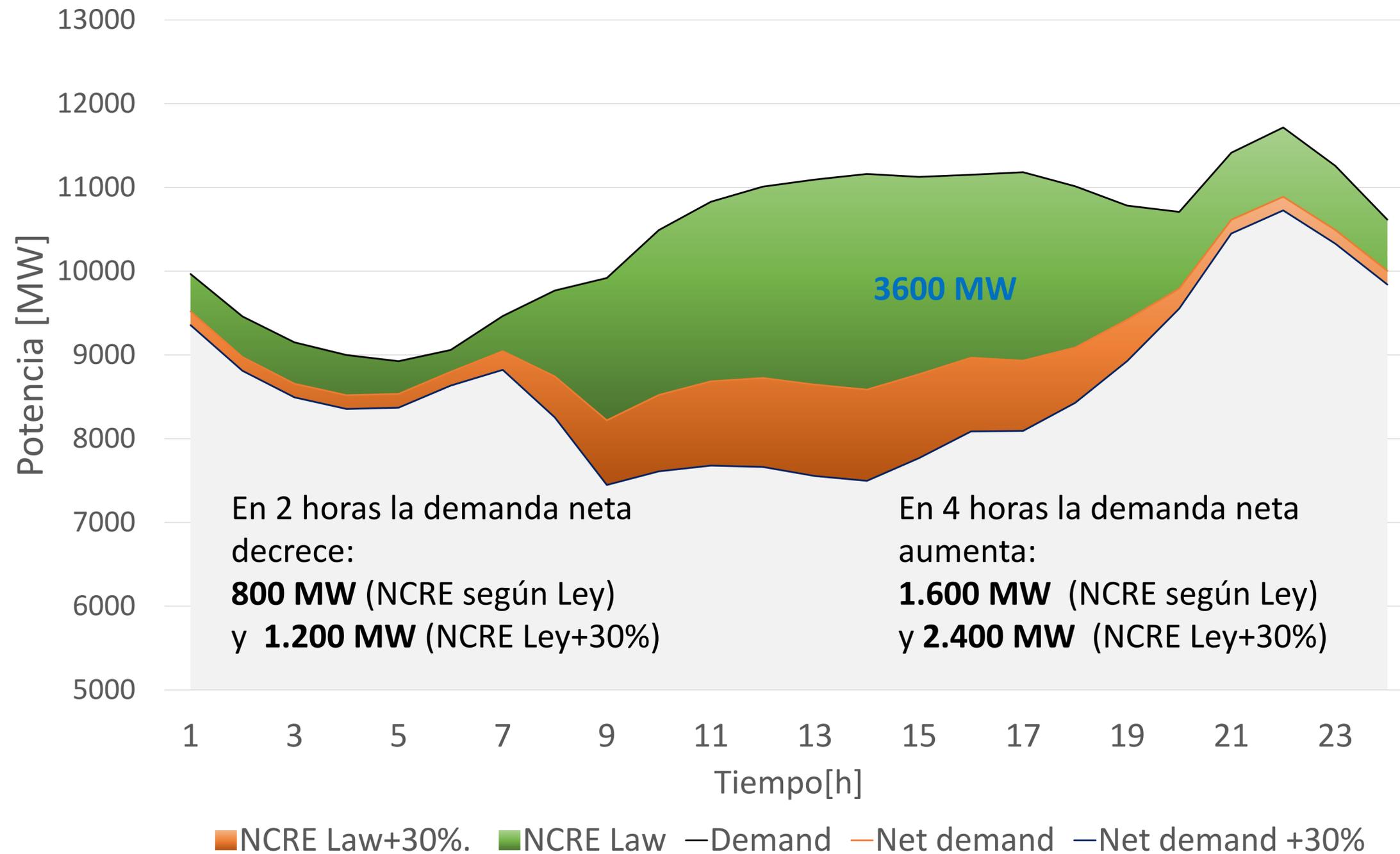
Agenda

- Sistema Eléctrico Chileno
- Sistemas de Almacenamiento de Energía: Hidro, BESS
- Condiciones de Operación del Sistema
- Desafíos “futuros”**
- Comentarios finales

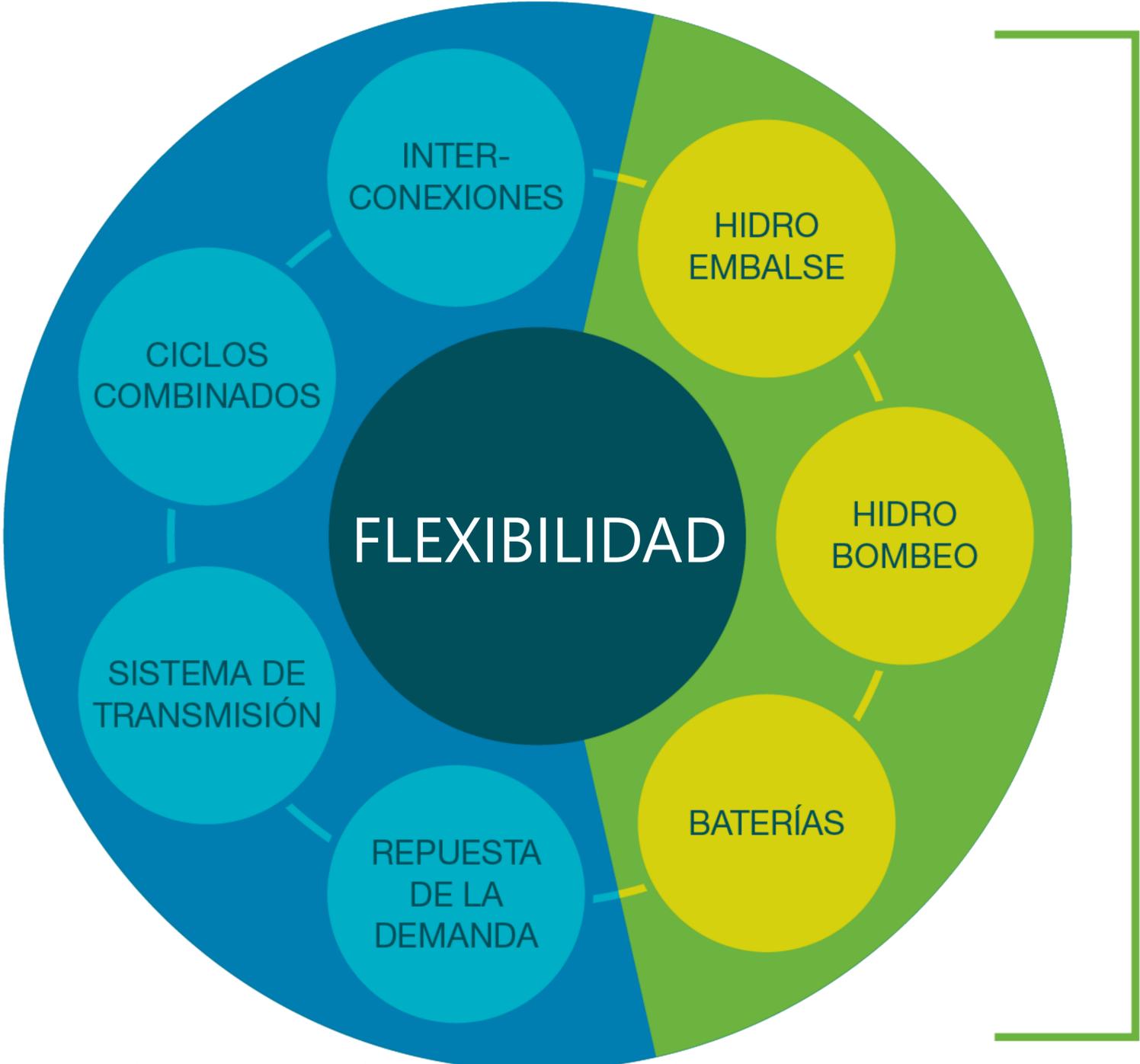
Capacidad Instalada: ER-V



Demanda Prevista 2021

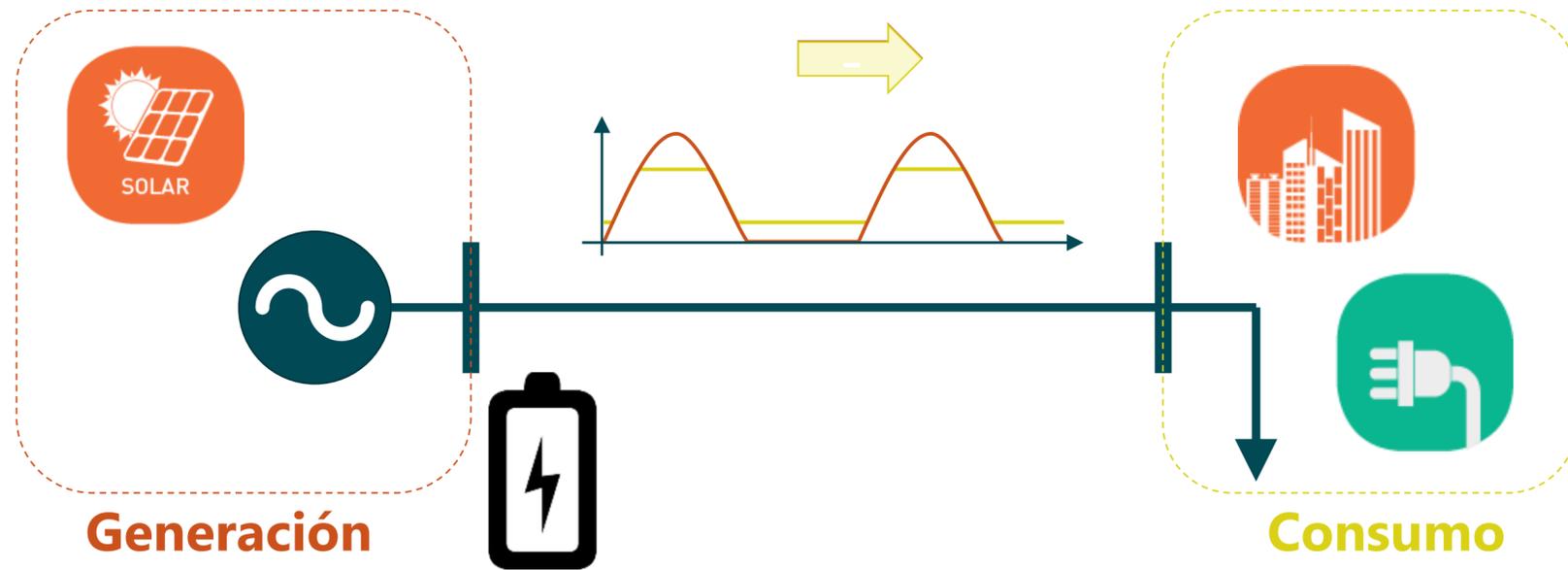


Desafíos para la Integración de ERV

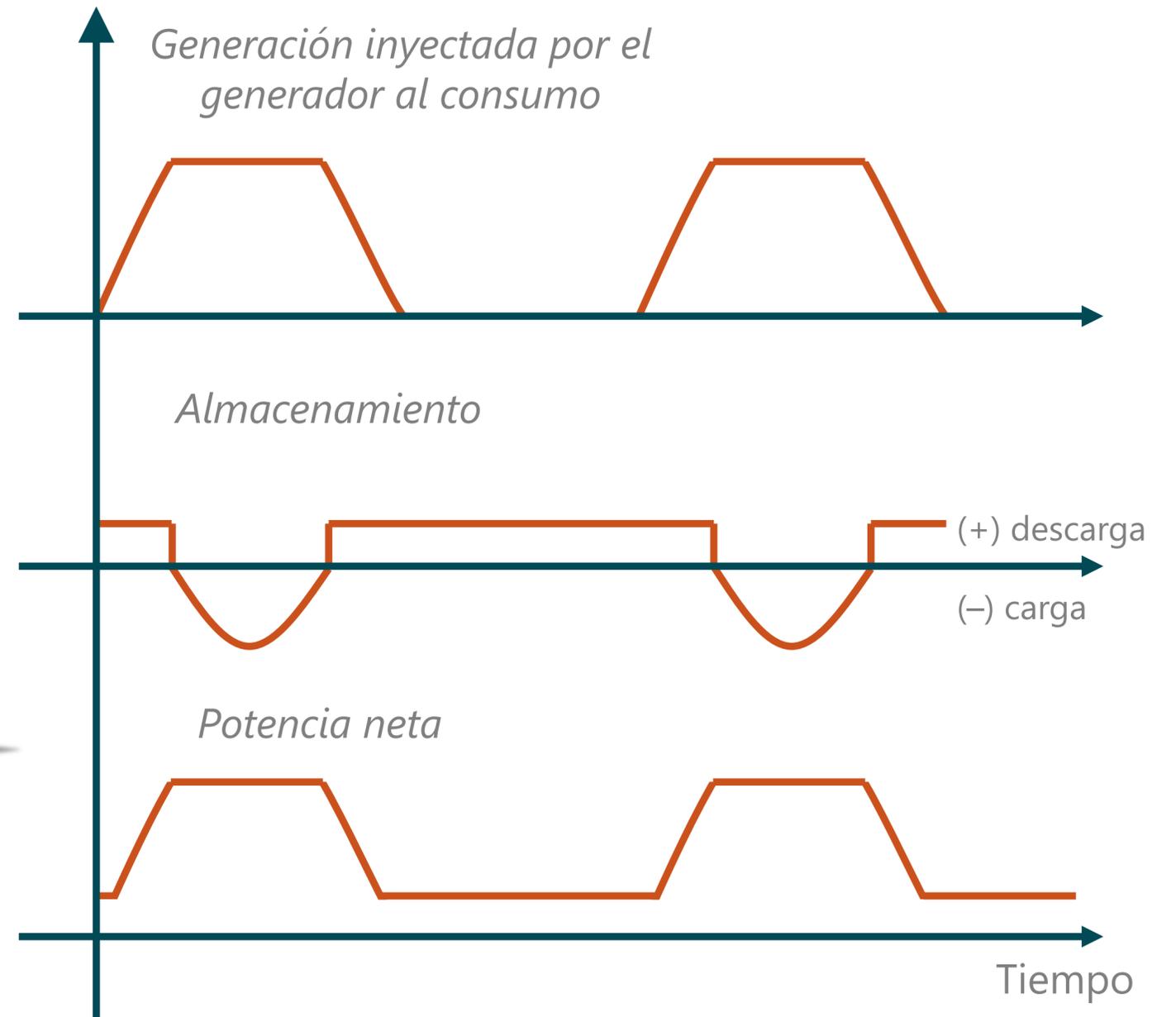
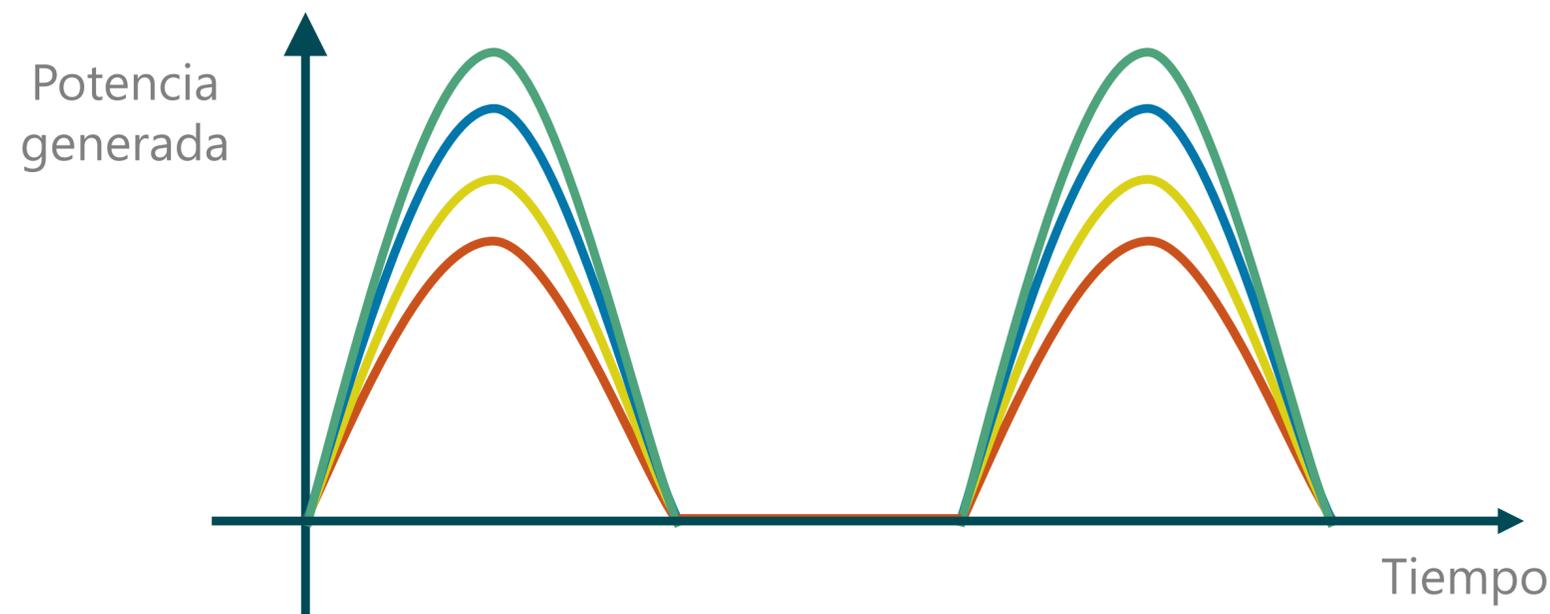


SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO

ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA



Perfil de generación con bajo factor de planta



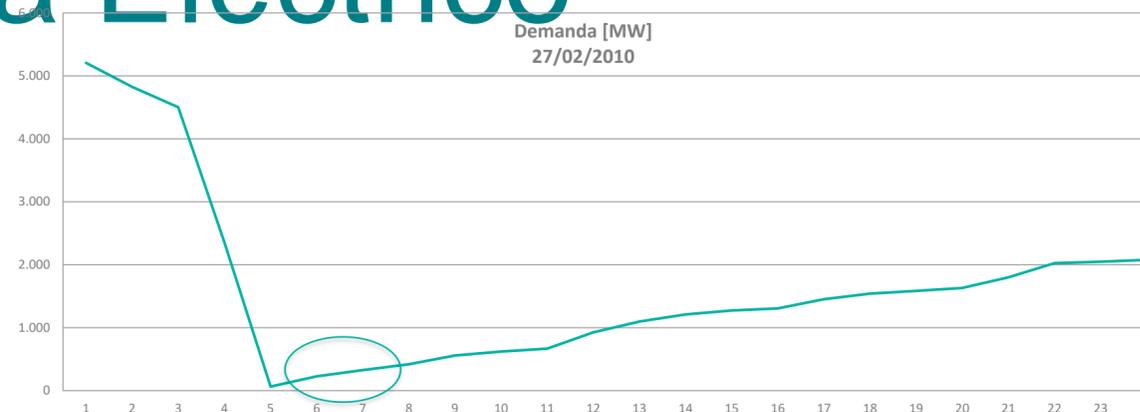
Disminución de potencia máxima e incremento del factor de planta

Agenda

- Sistema Eléctrico Chileno
- Sistemas de Almacenamiento de Energía: Hidro, BESS
- Condiciones de Operación del Sistema
- Desafíos “futuros”
- Comentarios finales**

Oportunidad para Sist. Almacenamiento: Resiliencia del Sistema Eléctrico

- ▶ Terremoto: 27 de febrero de 2010
 - Richter 8.8; 03:34 hrs.



- ▶ Incendios: verano 2016-2017



Operación Isla Microredes

- ▶ Sequía: desde 2010-2018...hasta...

El Mercurio de Santiago - Lunes, 27 de Febrero de 2017

COMPAÑÍAS ALERTAN SOBRE EL POCO APORTE DE ESTE TIPO DE FUENTE EN LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA

Embalses para generación hidroeléctrica en estado crítico: laguna del Laja tiene déficit de 82,56%

Expertos señalan que nunca en la historia había existido un ciclo de sequía tan largo: ya van seis años con escasez hídrica en la zona centro-sur.



Publi - Lunes, 17 de Diciembre de 2016

AES Gener trabaja en un "embalse virtual" de baterías de litio para su proyecto Alto Maipo

Firma desarrollará un sistema de almacenamiento en sus centrales hidroeléctricas existentes en el Cajón del Maipo, y la idea es posteriormente replicarlo en Alto Maipo, lo que permitirá almacenar 250 MW con esta tecnología. Sistema de almacenamiento permitirá aumentar la confiabilidad de la central.



250
MW es la capacidad de almacenamiento del sistema de almacenamiento de energía de AES Gener en el proyecto Alto Maipo (zona centro-sur).

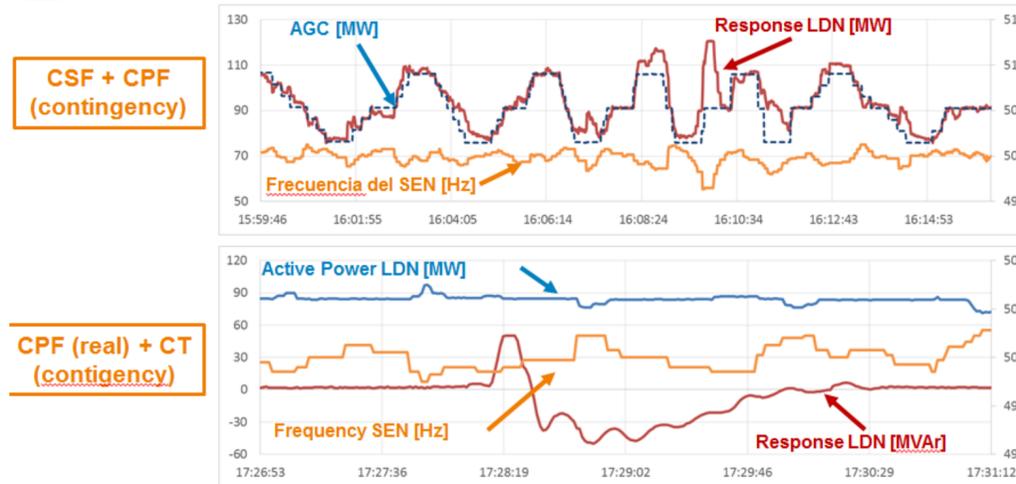
US\$1.000
al menos es el costo de almacenamiento de un MW. Con ello, el proyecto Alto Maipo (zona centro-sur) podría almacenar 250 MW.

531
MW es la potencia contratada de la central hidroeléctrica de Alto Maipo, que se reparte entre las operaciones de generación y almacenamiento.

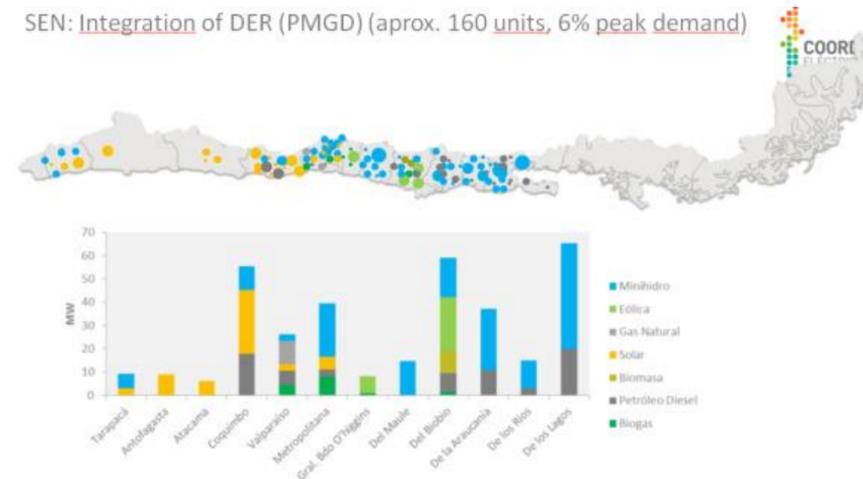
En el Futuro Cercano...

- Mercado de SSCC: Oportunidad para ER.
- Primeras Pruebas de SSCC con una Planta FV 141 MW, construido sobre la experiencia de California (CAISO, NREL, First Solar).
- Generación Distribuida: Micro redes
- Sistemas de Almacenamiento: BESS, PSH
- HVDC
- Resonancia Subsíncrona
- Descarbonización de la Red Eléctrica

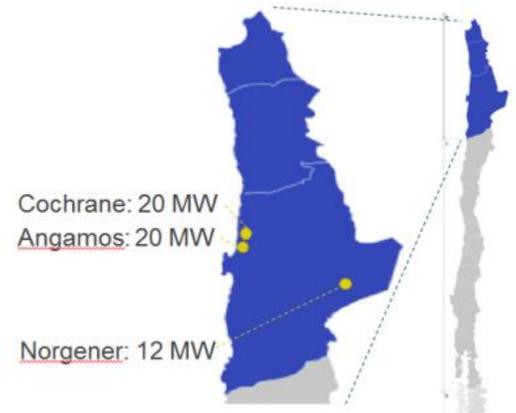
Additional Tests done in Chile
Simultaneous provision of Ancillary Services



SEN: Integration of DER (PMGD) (aprox. 160 units, 6% peak demand)



USING RENEWABLES TO OPERATE A LOW-CARBON GRID:
Demonstration of Advanced Reliability Services from a Utility-Scale Solar PV Plant





Impacto de los Sistemas de Almacenamiento de Energía en la Operación del Sistema Eléctrico Nacional

Ernesto Huber

Coordinador Eléctrico Nacional