

Sistema Eléctrico Futuro: Una Mirada desde la Distribución y sus Recursos

Rodrigo Moreno

Universidad de Chile

Instituto Sistemas Complejos de Ingeniería (ISCI)

17 de Mayo 2022

Seminario CIGRE Sistema Eléctrico Futuro

Contenido

1. Contexto
2. El sistema futuro: Mirada general
3. Algunos ejemplos desde la distribución
4. Discusión

Contexto global

- Como medida para combatir el cambio climático, el Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) señaló recientemente que es necesario reducir de forma **inmediata, rápida y a gran escala** las emisiones de gases de efecto invernadero.
- En este contexto, varios gobiernos han estado trabajado en políticas que permitan promover una “**descarbonización**” en el **sector energético eléctrico**.
- Esto se ha traducido, principalmente, en políticas que promueven las **energías renovables** y un retiro adelantado de **plantas a carbón**.
- Las políticas también buscan promover nuevas **tecnologías habilitantes**, que permitirán realizar una **transición efectiva y resiliente** (almacenamiento, demand response, ICT y redes, etc.), reconociendo los **desafíos técnicos** (variabilidad, inercia, distribución espacial, etc) asociados a las tecnologías renovables más económicas (eólica y solar).
- También, se incluye la **digitalización y electrificación** de otros sectores energéticos como la calefacción/climatización, el transporte, y otros sectores industriales.

Chile en el siglo 21: Energía 2050

Grandes lineamientos:

- 70% de fuentes renovables para el año 2050
- 1h/año de SAIDI en cualquier localidad

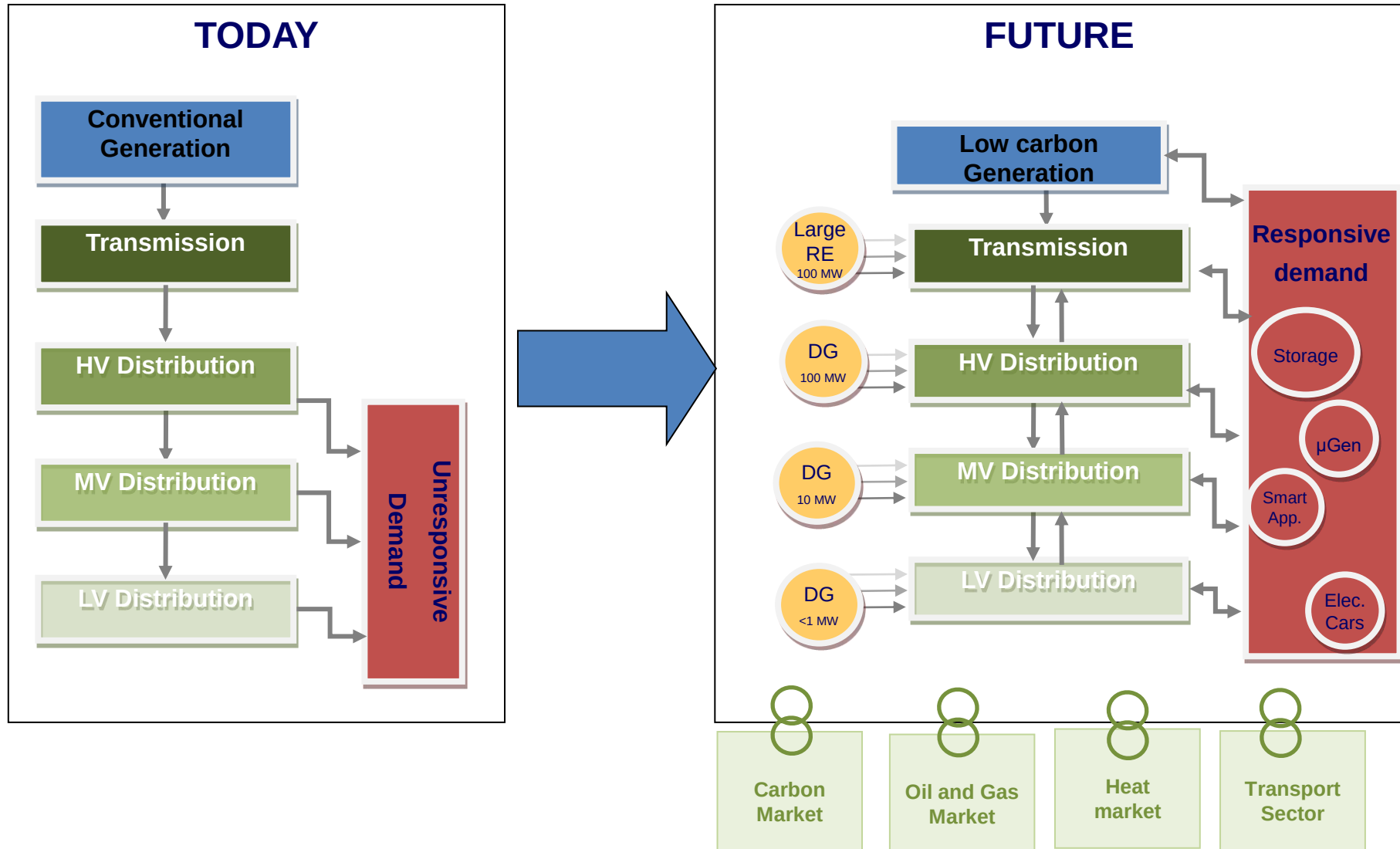
¿Qué significa esto para la distribución y los recursos energéticos distribuidos (DER)?

Chile en el siglo 21: Energía 2050

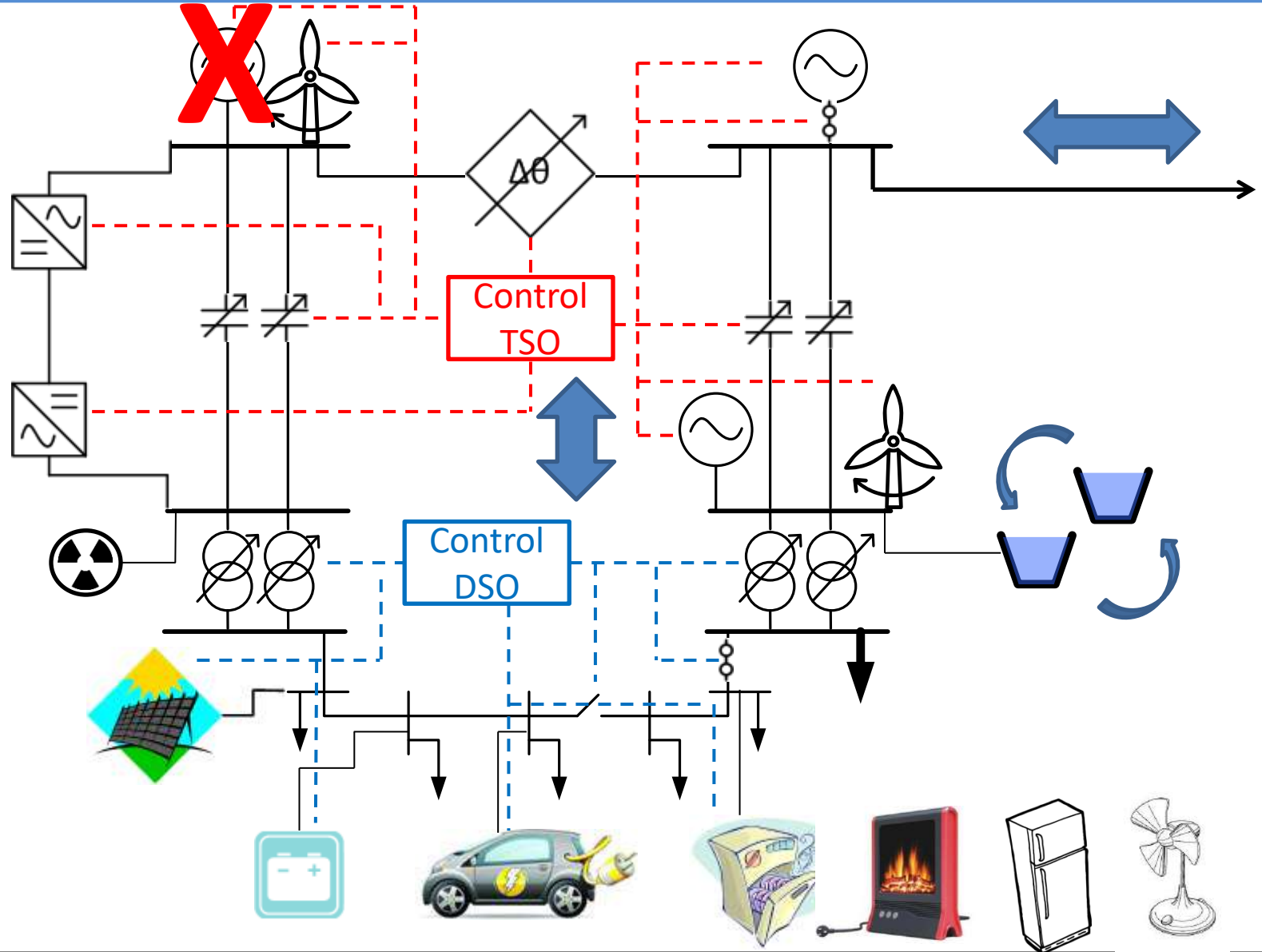
Qué dice Energía 2050 acerca de la distribución eléctrica:

- **Incorporar innovación** en todos los ámbitos de la producción, generación y distribución de energía
- Niveles de **generación distribuida** similares a los de la **OCDE**
- Niveles de **gestión de la demanda** similares a los de la **OCDE**
- Se vinculan las **redes inteligentes** a la gestión de la demanda y su rol en la seguridad, eficiencia y flexibilidad
- **100% Edificaciones con estándares OCDE** de construcción eficiente, contando con **sistemas de control y gestión eficiente**
- **Redes inteligentes** como herramienta **para empoderar al ciudadano** y organizaciones pasando de un consumidor pasivo a uno activo
- Posible desarrollo de **ciudades inteligentes**

Desafío de la transición energética

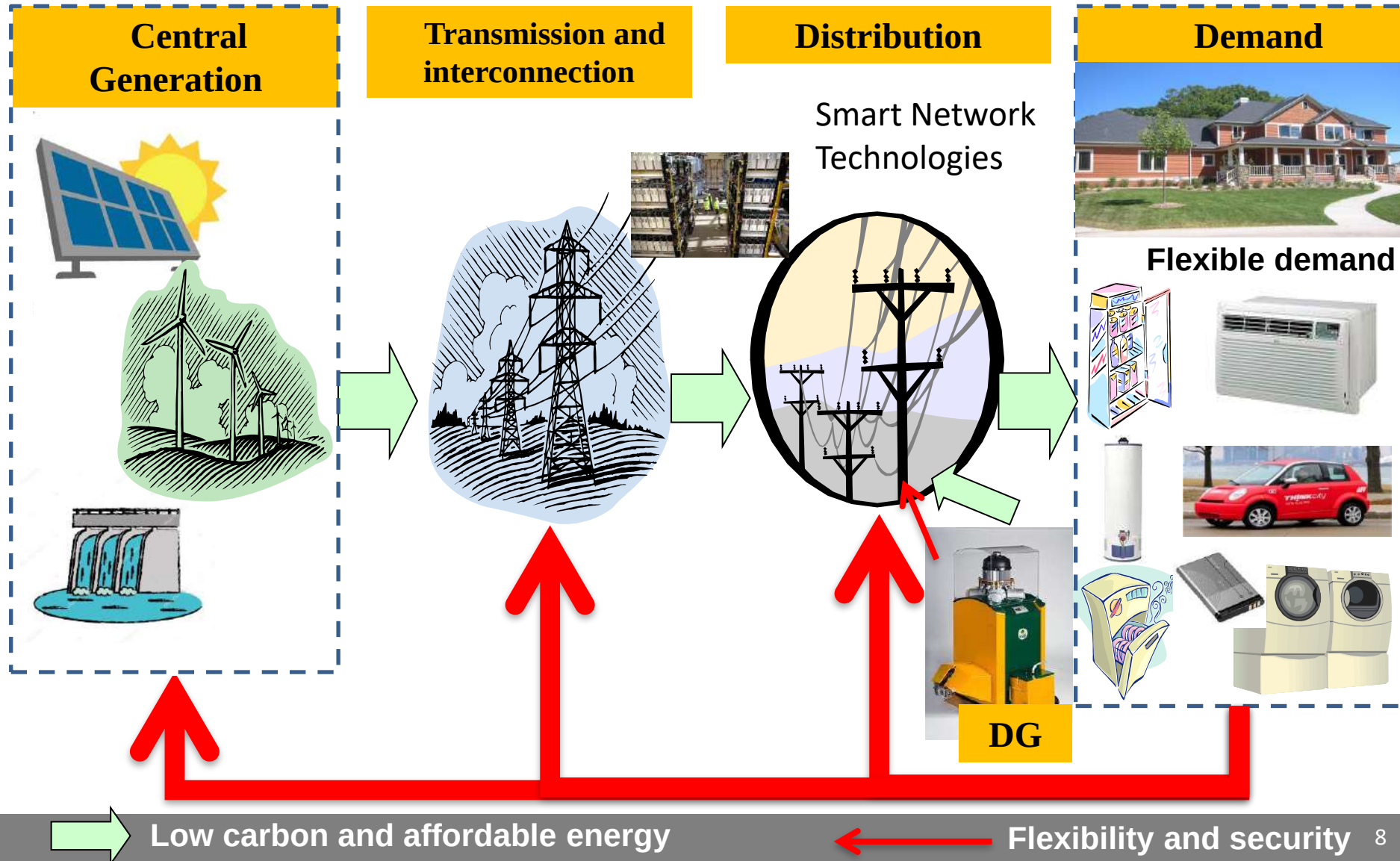


Evolución hacia sistema eléctrico más sustentable y redes inteligentes



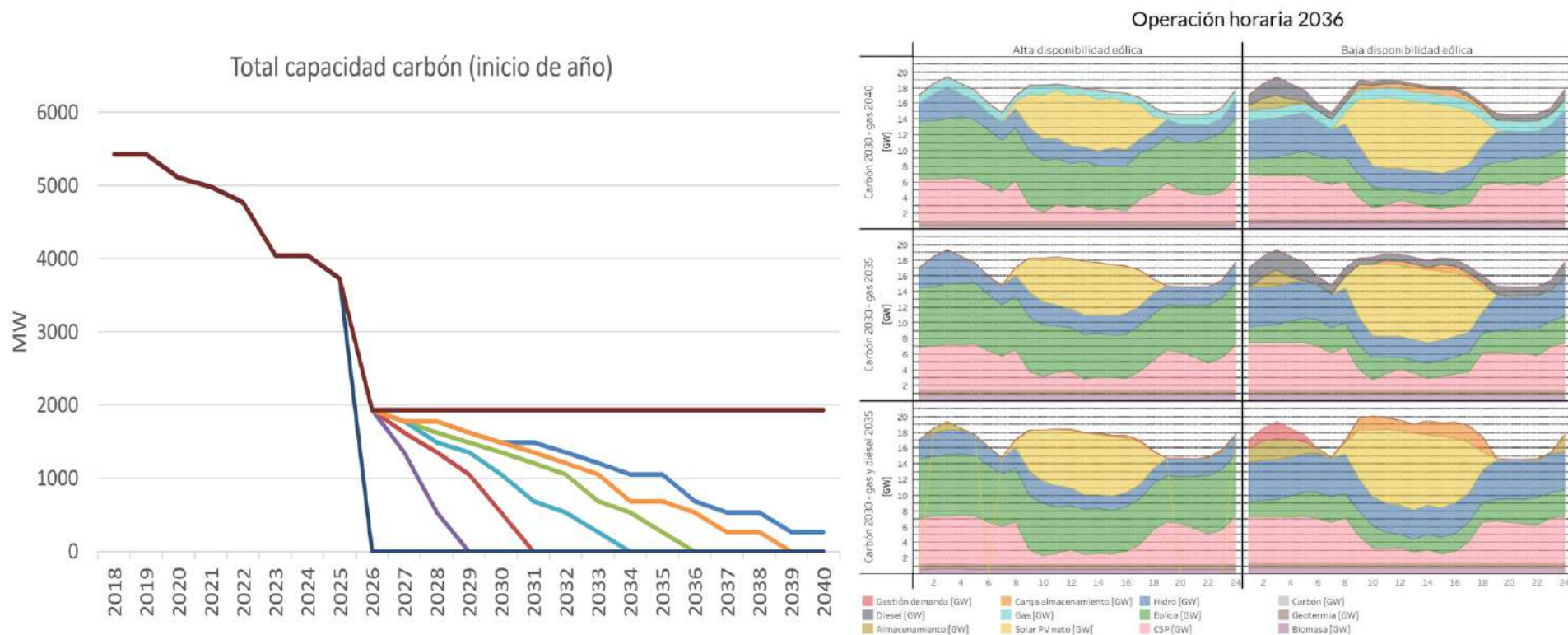
Flexibilidad y seguridad desde la demanda

Flexibility and security: DSR, DG, Storage, smart network technologies



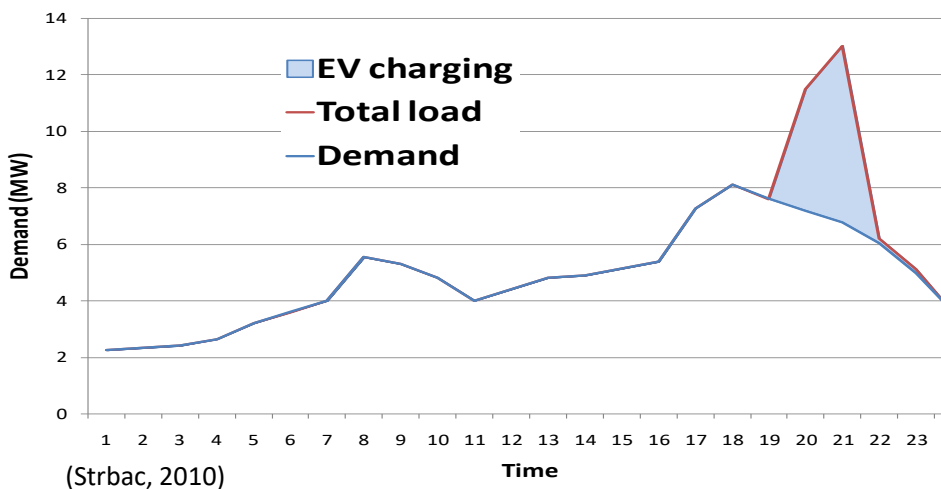
Descarbonización profunda requiere participación de la demanda

- La **gestión de demanda** aparece como una opción que puede ser costo eficiente en Chile para poder retirar el último MW de diésel y alcanzar un **sistema eléctrico cero (0) emisiones**.
- En este contexto, la **demanda es crucial** para lidiar con eventos de **baja probabilidad**, por ejemplo, baja disponibilidad eólica (otras alternativas serían menos atractivas).

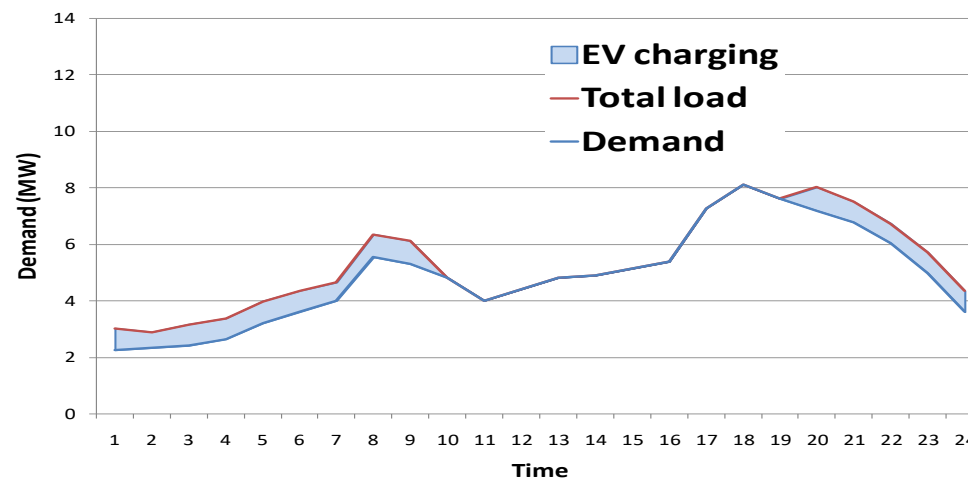


Gestión inteligente de la demanda es más crítico en el nuevo contexto: Electromovilidad

Sin control inteligente de carga



Con control inteligente de carga



Programa Mi Taxi Eléctrico

Este programa busca potenciar la electromovilidad en el segmento del transporte liviano a través del recambio de vehículos a combustión interna por tecnología 100% eléctrica

Inicio de postulaciones: 15 de diciembre

Primera convocatoria abierta hasta el 07 de junio de 2022 o hasta agotar los cupos.

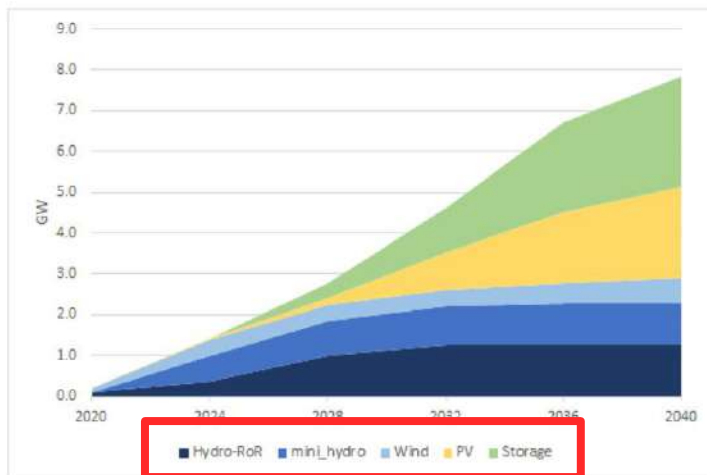
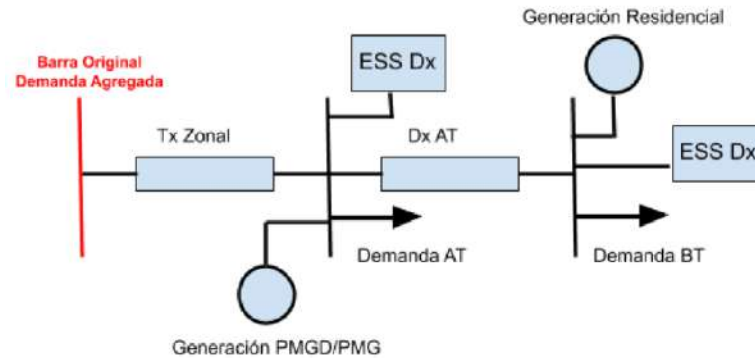


Agencia de Sostenibilidad Energética

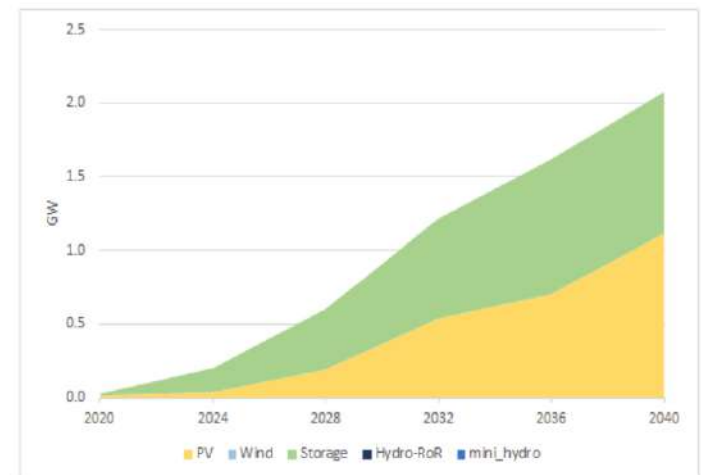


Importante potencial contribución desde los recursos distribuidos

- Estimación conservadora de **6 GW de GD** más **4 GW de almacenamiento** en AT/MT y BT al 2040 (análisis costo beneficio).



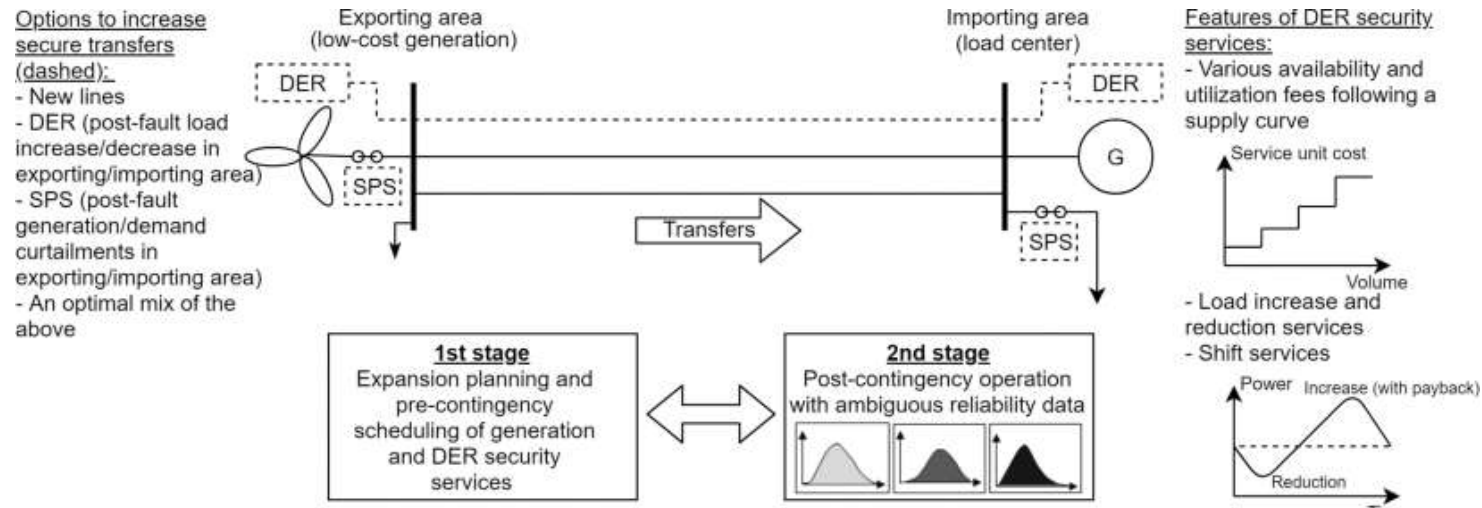
Capacidad existente de generación distribuida en AT por periodo de inversión en el Caso Base.



Capacidad existente de generación distribuida en BT por periodo de inversión en el Caso Base.

Recursos distribuidos como servicios de red (transmisión)

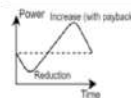
- **Control de DER** (post-falla) en áreas importadoras y exportadoras permiten **aumentar la capacidad de transporte** de forma significativa, sin necesidad de mayores inversiones en equipos primarios de red (nuevos circuitos).
- De la misma forma, **DER puede proveer SSCC**.



- Back up generation
- Distributed generation
- Flexible demand
- Storage technologies

Three different DER's services will be considered:

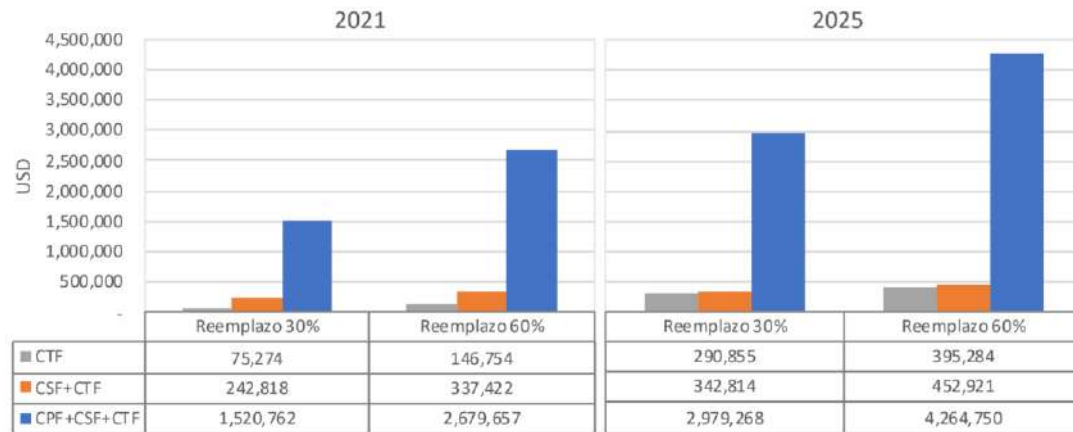
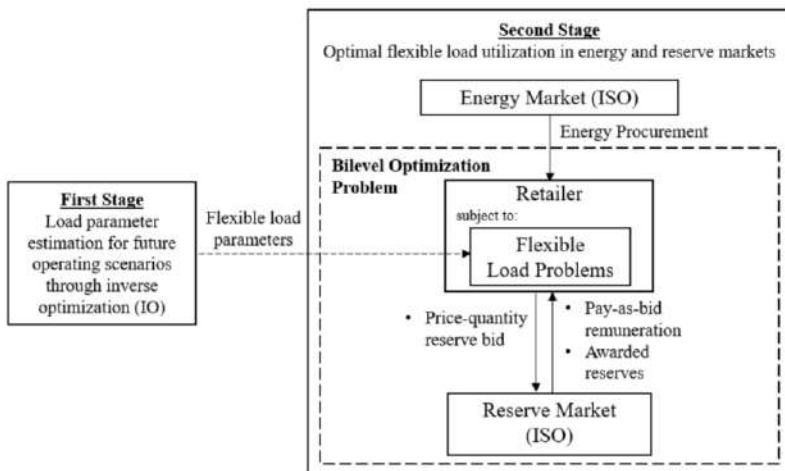
1. Net load reduction
2. Net load increase
3. Demand shifting



Case	Number of new assets built	Averaged reserve capacity [MW]	Averaged DER services [MW] (dw/up/shift)
Traditional N-1	7	398	0/0/0
Probabilistic	3	150	250/9/7
Distributionally robust	4	152	250/17/8

Recursos distribuidos como servicios complementarios

- A través de una serie de ejercicios de simulación de la operación, se calculó el **valor de la participación de DER** en los servicios de **CPF+, CSF+ y CTF+**.
- Se observaron **impactos significativos, con un valor creciente en el tiempo** y a medida que los requerimientos son mayores.



(*) Valores estimados indican que a 2021 los costos asociados a la provisión de reservas son alrededor de 4.5 MM USD.

Recursos distribuidos prestando servicios de suficiencia

- **DER** organizados mediante **microrredes** (y agregadores) pueden **proveer servicios de seguridad y suficiencia** a nivel sistémico, aumentando la capacidad disponible en momentos de stress.
- También, **DER/MR** pueden aumentar la **resiliencia** del sistema ante eventos más extremos.

Table 2. Parameters assumed for CHP unit, Thermal Energy Storage, PV Installation and Batteries.

		MG1	MG2
CHP	Electricity Capacity (kW _e)	51.4	-
	Electricity Efficiency	37%	-
	Heat Efficiency	47%	-
Thermal Energy Storage	Thermal Capacity (kWh _{th})	210	-
PV panels	Capacity (kW)	-	275
	Power Capacity (kW _e)	-	109.8
Batteries	Energy Capacity (kWh _e)	-	65.9
	Roundtrip Efficiency	-	90%

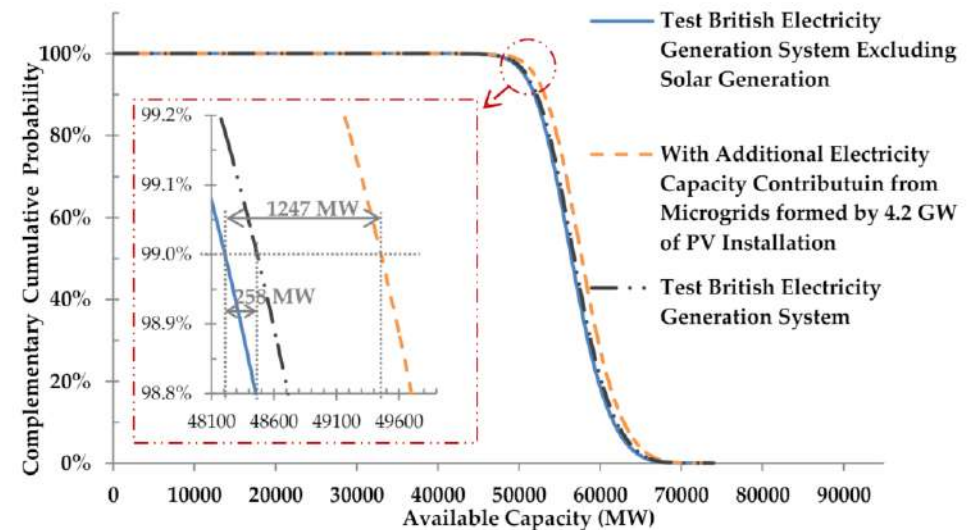


Figure 12. Contribution to security via reserve services with duration of 1 hour: available capacity duration curves of the test British electricity generation system excluding solar generation and all the electricity supply resources including microgrids formed by 4.2 GW of PV installation; as well as the assessment of the corresponding additional available capacity.

Recursos distribuidos prestando servicios de resiliencia

- Estructuras de **diseño más distribuidas** pueden aumentar significativamente la **resiliencia del sistema**, prestando suministro energético incluso en casos donde la red principal no esté disponible producto de eventos de alto impacto (**desastres naturales**).

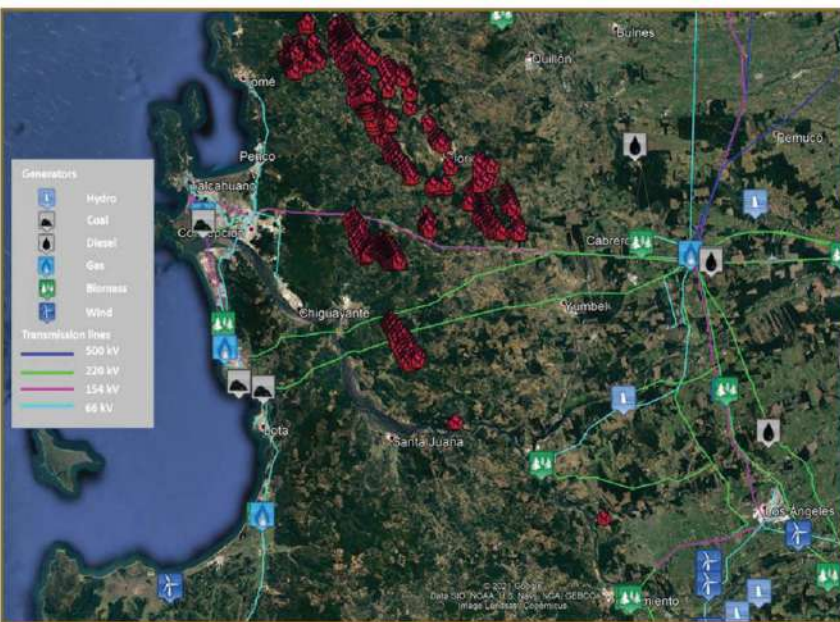


figure 7. A representation of wildfires in Chile on 26 January 2017.

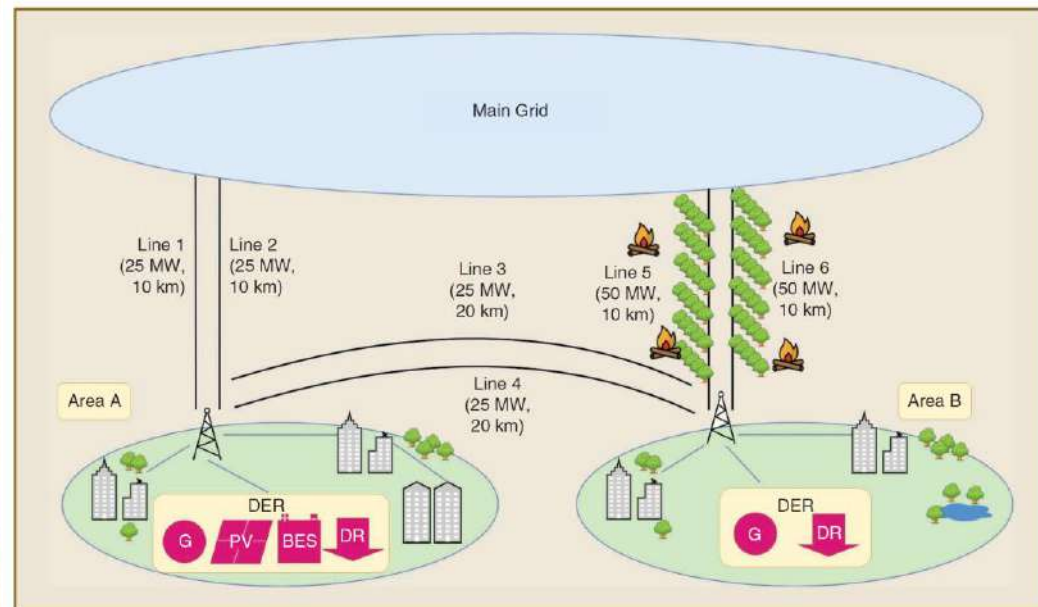
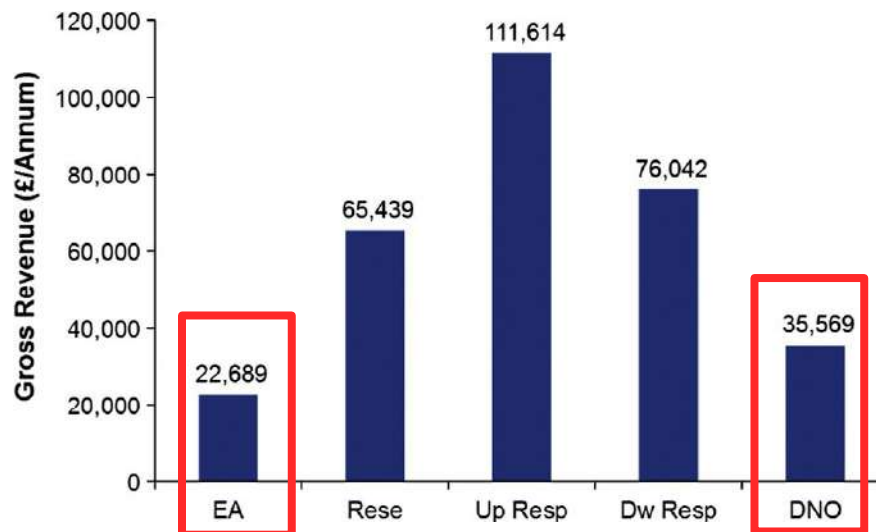
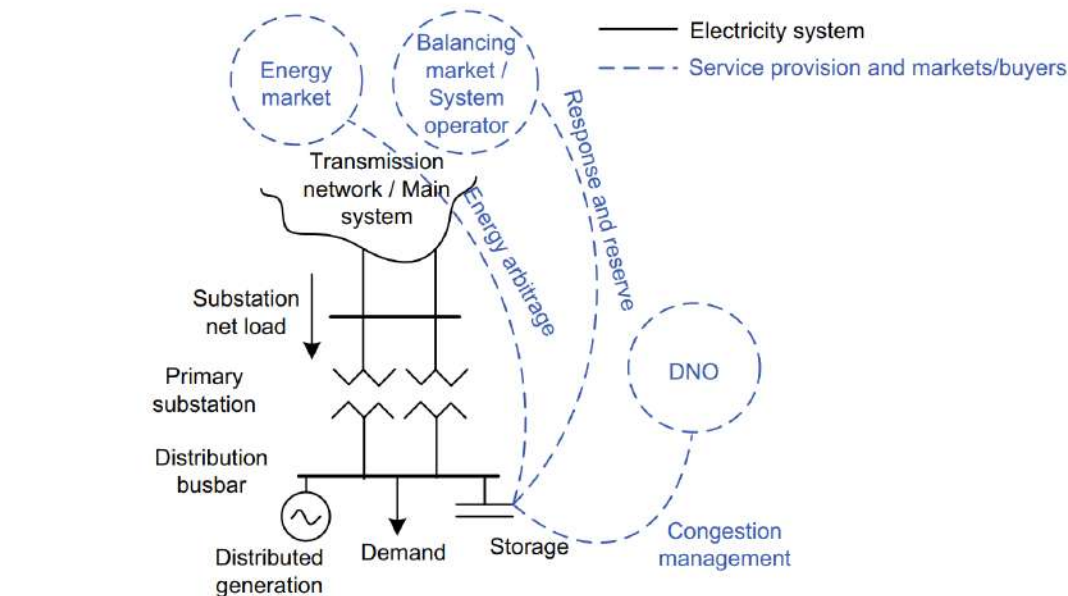


figure 8. The electricity network and DER candidates along with areas exposed to wildfires. BES: battery energy storage.

Recursos distribuidos prestando servicios de red (distribución)



Imperial College
London

Newcastle
University

AMTSybox
Enabling essential industries

KiWiPOWER
demand management

nationalgrid

PÖYRY

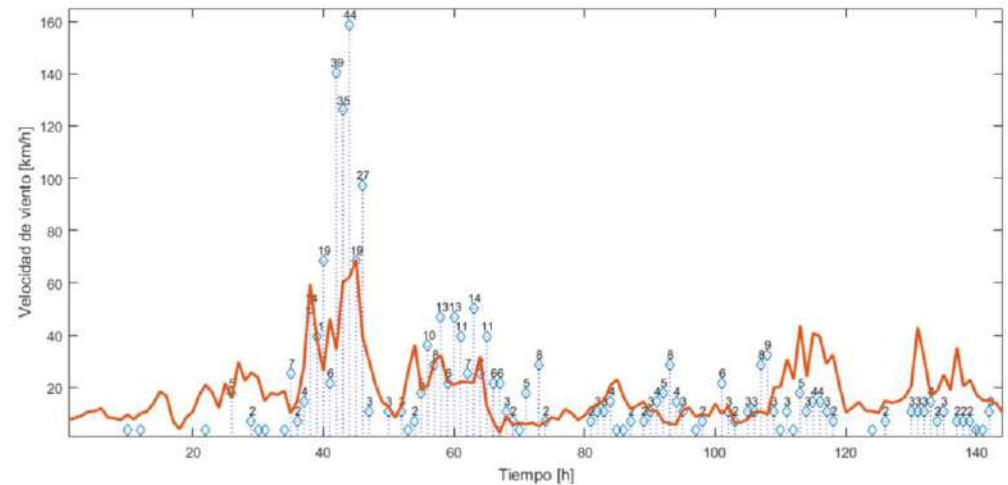
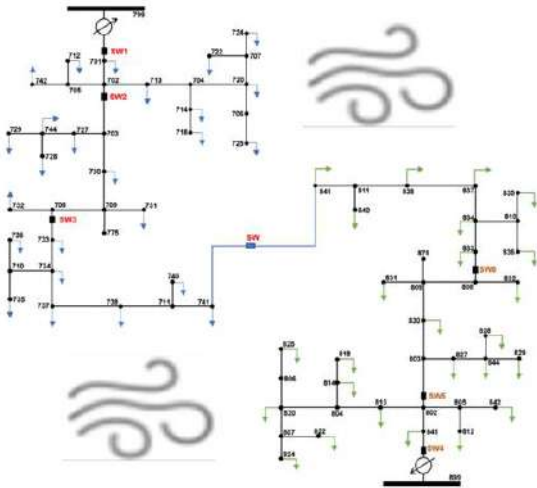
smartestenergy

Swanbarton
ENERGY STORAGE CONSULTANTS

S&C
S&C ELECTRIC COMPANY
Excellence Through Innovation

Necesidad de aumentar la resiliencia de redes de distribución

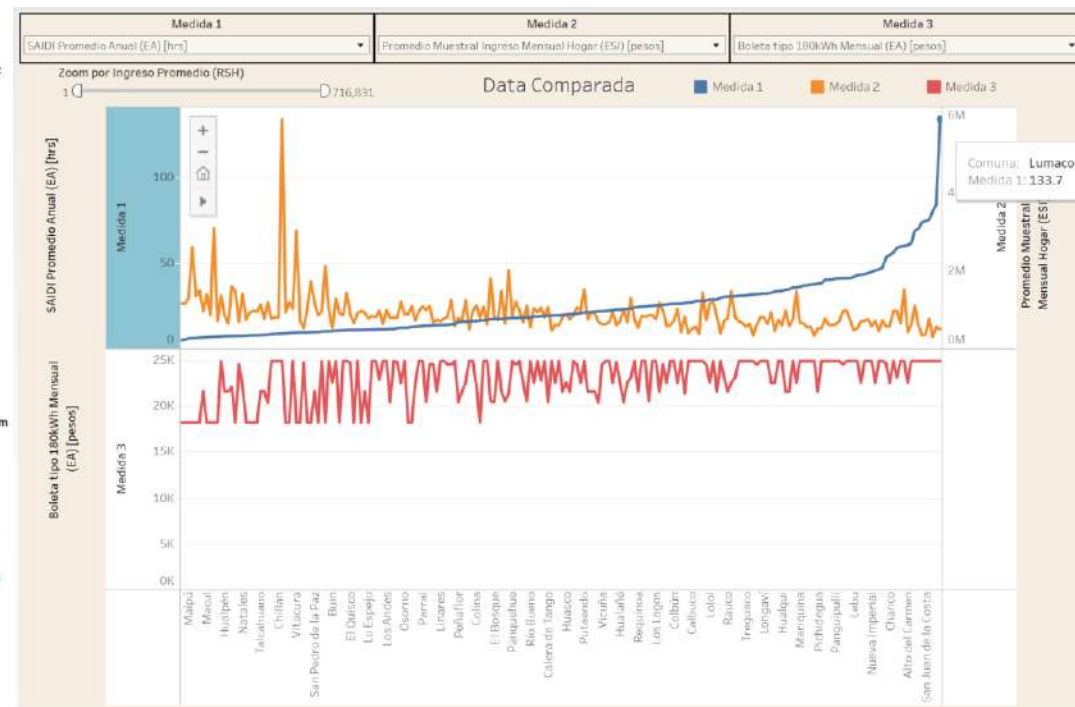
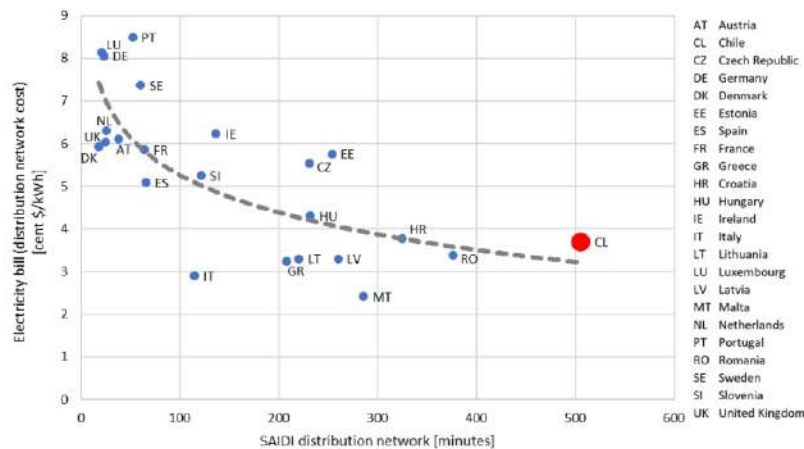
- Se requiere **aumentar la resiliencia** de las redes mediante tanto medidas de **fortalecimiento** como de nuevas **tecnologías inteligentes “non-wires”**.



	EENS [MWh]	EENS [%]	CEENS [MWh]	CEENS [%]	Costo de Implementación [US\$]
Caso Base (CB)	3.226	1.747	70.034	37.928	244.10
Seccionamiento 1 (Sw1)	2.767	1.498	58.254	31.548	457.44
Seccionamiento 2 (Sw2)	2.533	1.372	56.618	30.662	682.18
Seccionamiento 3 (Sw3)	2.197	1.190	54.646	29.594	906.92
Soterramiento 1 (Un1)	0.964	0.522	28.659	15.521	3,953.33
Soterramiento 2 (Un2)	0.514	0.278	14.730	7.977	5,933.45
Soterramiento 3 (Un3)	0.051	0.027	3.926	2.126	8,025.12
Almacenamiento 1 (BESS1)	2.953	1.599	66.224	35.865	2,772.44
Almacenamiento 2 (BESS2)	2.5891	1.402	63.716	34.506	5,300.78
Almacenamiento 3 (BESS3)	2.1284	1.153	59.9879	32.487	7,829.12

Necesidad de aumentar la resiliencia de redes de distribución

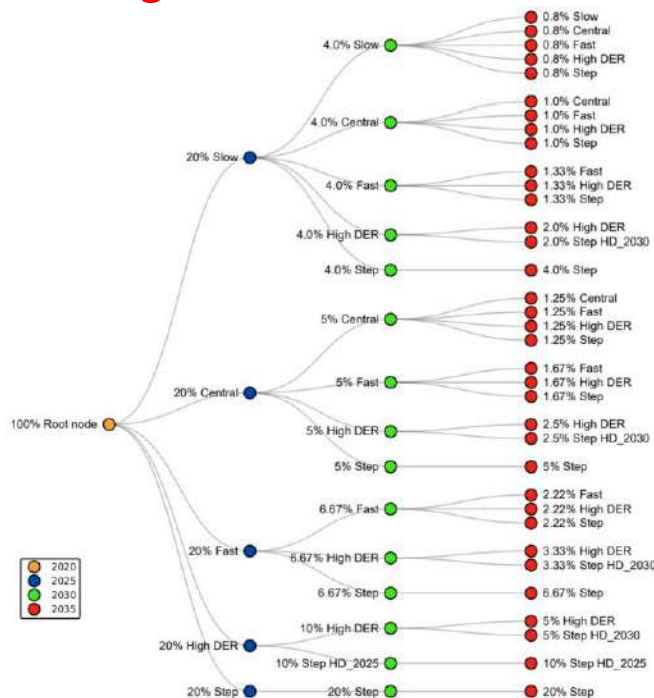
- Evidencia muestra una **pobre calidad de suministro** a nivel OCDE.
- **Calidad muy dispar**: Calidad pobre de suministro, a mayor precio, para las familias más vulnerables.



<https://covidanalytics.isci.cl/consumoelectrico/>

Nuevas estrategias de diseño ante incertidumbre

- **Natural falta de información** suficiente y certera acerca de las políticas futuras e inversiones en DER, lo que requiere un **planificador proactivo**, que se anticipe a los hechos, **tomando niveles aceptables de riesgo** y desarrollando un plan **adaptable** de distribución.
- Esto requiere el uso de **nuevas herramientas y tecnologías flexibles que presten capacidad de adaptación a distintos escenarios a materializar**, incluso de una **nueva regulación**.



It is more cost-effective to marginally over-invest and run the risk of stranded assets than underinvest. In other words, the potential regret associated with overbuilding the grid in expectation of high levels of deployment is much lower than the regret associated with underbuilding the grid on the basis of overly conservative deployment expectations

Sobredimensionar
(menor arrepentimiento social)



Subdimensionar
(mayor arrepentimiento social)

Discusión

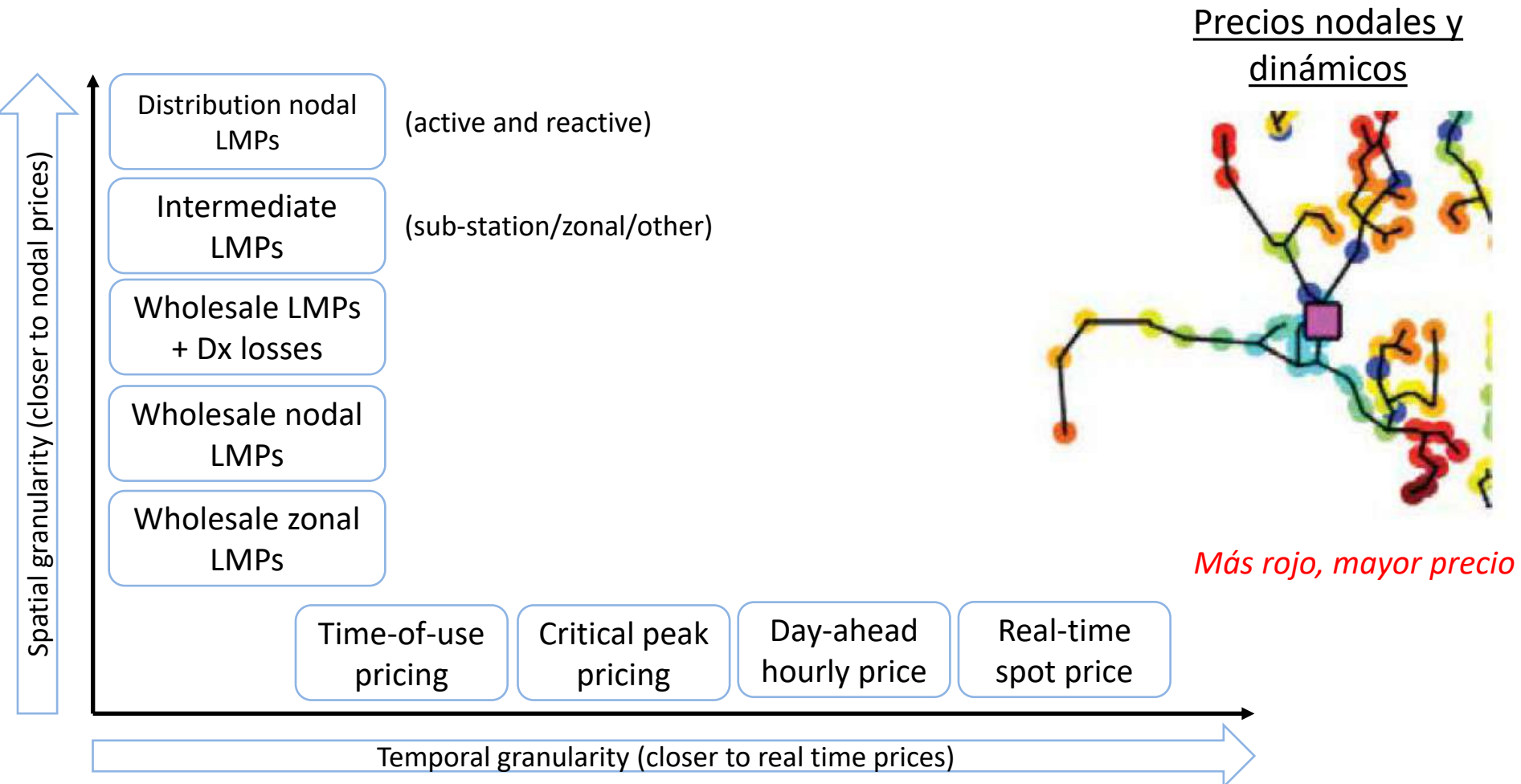
- Para una **descarbonización eficiente y resiliente** es necesario incorporar nuevas tecnologías, incluyendo aquellas que habilitan a la **demanda, y otros recursos distribuidos**, como proveedores de **energía limpia, flexibilidad, seguridad y resiliencia**.
- Los **DER pueden participar en múltiples mercados**, históricamente en manos de generadores conectados en transmisión, e **incluso prestar servicios de redes** (transmisión y distribución).
- Aumentar la **resiliencia sistémica** es posible mediante una combinación óptima de nuevas inversiones en redes ("**wires solutions**") y la agregación de DER utilizando el concepto de microredes ("**non-wires solutions**").
- Ejemplos demuestran que **Chile puede aprovechar significativamente recursos distribuidos** para transitar hacia un sistema más sustentable y resiliente.
- Es necesario realizar cambios a **nivel regulatorio y de diseño de mercado** de forma de permitir que las soluciones desde la distribución puedan emerger de forma eficiente.

Necesidad de modernizar nuestra regulación de la distribución

	Incentivos a mejoras continuas en calidad de suministro	Utilización de planes de inversión auditados por el regulador	Mecanismos para compartir ahorros con clientes durante periodos de control	Mecanismos para disminuir efectos de la incertidumbre durante periodo de control	Mecanismos para promover la provisión de servicios por parte de terceros	Promoción del relacionamiento con stakeholders
						
						
 (Nueva York – Propuesta)	S/I			S/I		
 (Propuesta)						
			S/I	S/I	S/I	S/I

Tarifas: Complejidad vs materialidad

- Respuesta ideal: precios nodales
- Respuesta implementable: **costos de transacción vs beneficio marginal**



Distribution Network Rate Making in Latin America

An Evolving Landscape

FOLLOWING THE TREND observed in developed economies, various Latin American governments are committed to reducing greenhouse gas emissions, particularly in the power sector. In countries such as Chile, Peru, Colombia, Brazil, and Mexico, various regulatory policies have been issued to meet renewable-generation integration targets and satisfy the increasing demand from consumers for supply quality. Meanwhile, the integration of distributed generation (DG) in rural and urban areas as well as the increasing need to integrate electric vehicles (EVs) in urban areas are driving important reforms in the distribution sector.

Distribution networks are expected to increase reliability and integrate various distributed energy resources (DERs) by using an array of newly available technologies (including smart meters, online monitoring and control,



*By Rodrigo Moreno, Bernardo Bezerra,
Hugh Rudnick, Carlos Suazo-Martinez, Martha Carvalho,
Alejandro Navarro, Carlos Silva, and Goran Strbac*