



Seminario CIGRE: El Sistema Eléctrico Futuro

Matias Negrete Pincetic

Departamento de Ingeniería Eléctrica UC
Instituto Sistemas Complejos de Ingeniería (ISCI)
Vinken Dictuc

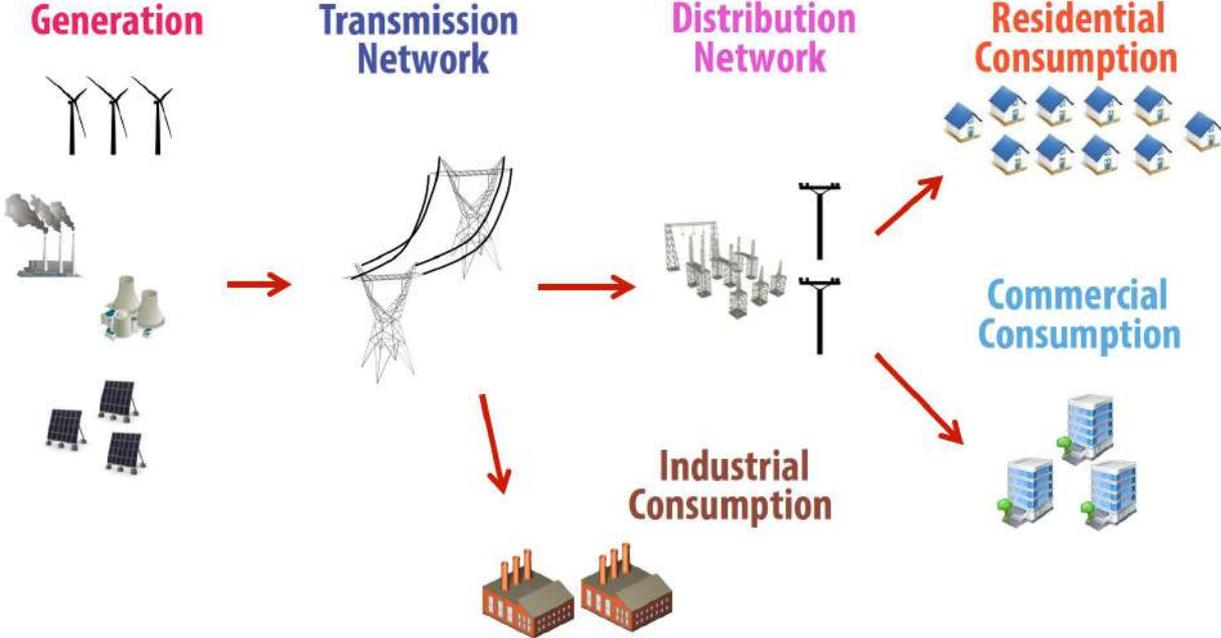
18 de Mayo de 2022

Agenda

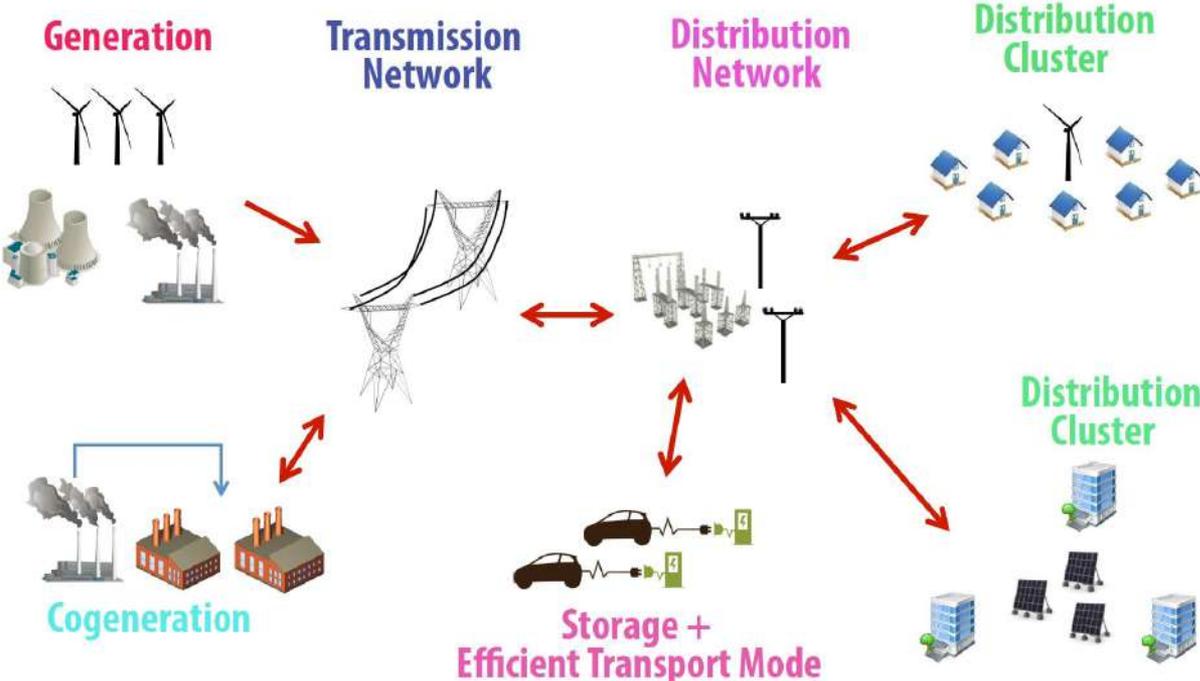
- El Sistema Eléctrico Futuro
- Tendencias en Chile y sus Impactos
- Desafíos del Diseño de Mercado Mayorista en Chile
- Medidas para una Transición del Diseño de Mercado en el SEN
- Conclusiones

El Sistema Eléctrico Futuro

El Sistema Eléctrico Actual



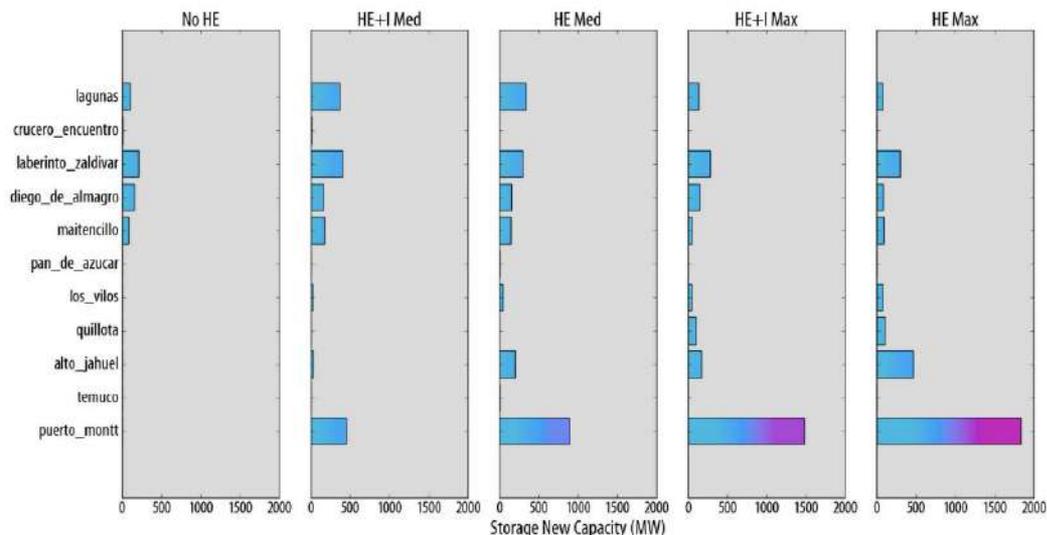
El Sistema Eléctrico Futuro



Tendencias en Chile y sus Impactos

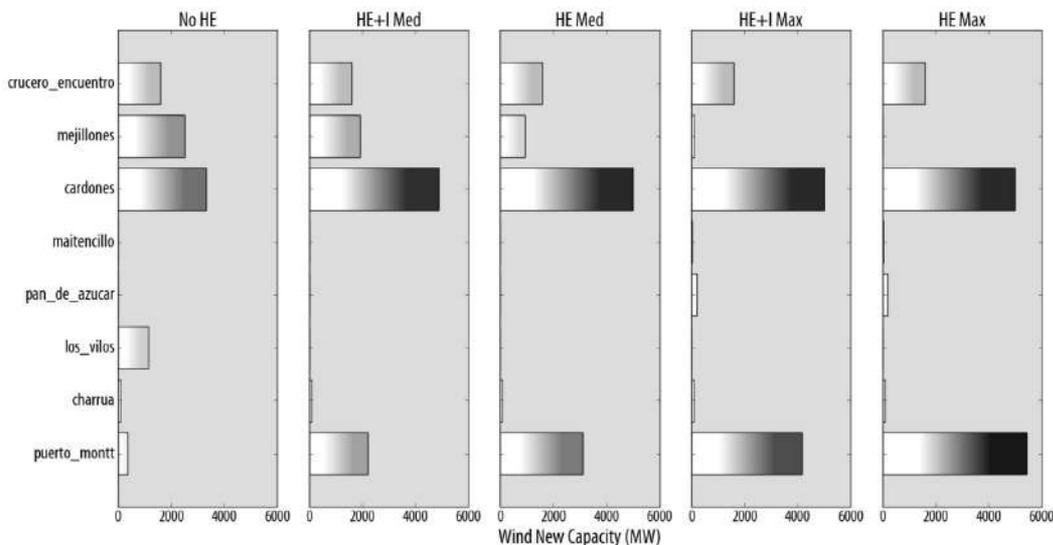
Tendencias en Chile y sus Impactos

Aumento Demanda: Expectativa de ingreso de **nuevos actores** al mercado eléctrico chileno para la provisión de **demanda** local (e.g., calefacción, transporte) y eventualmente internacional (e.g., interconexiones regionales). Impacto en Tx, Almacenamiento, Generación.



Tendencias en Chile y sus Impactos

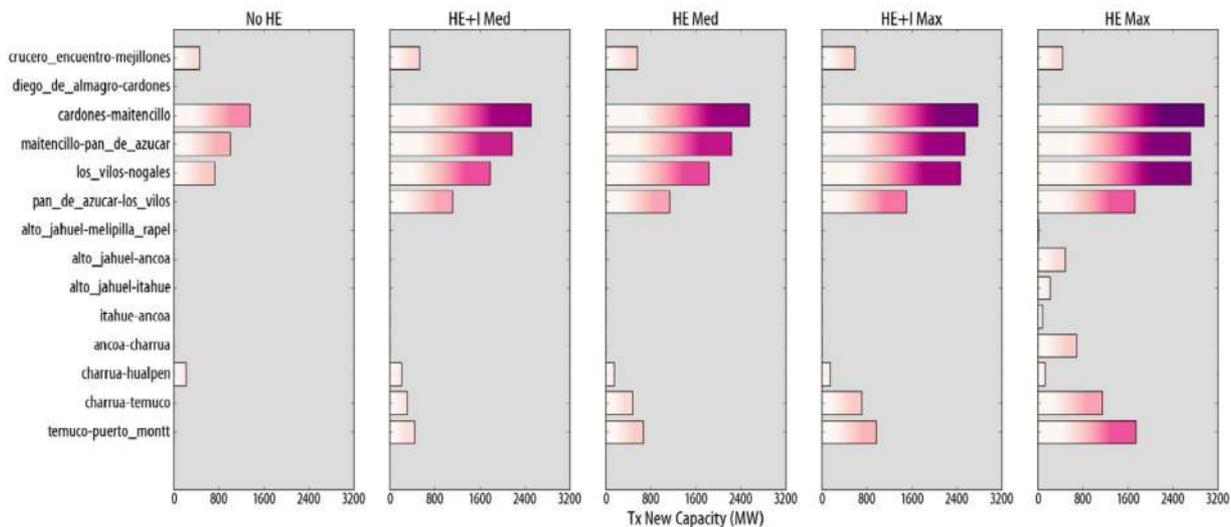
Aumento Demanda: Expectativa de ingreso de **nuevos actores** al mercado eléctrico chileno para la provisión de **demanda** local (e.g., calefacción, transporte) y eventualmente internacional (e.g., interconexiones regionales). Impacto en Tx, Almacenamiento, Generación.



F.Verástegui, A. Lorca, M. Negrete-Pincetic and D. Olivares, "Firewood heat electrification impacts in the Chilean power system", Energy Policy, 2020.

Tendencias en Chile y sus Impactos

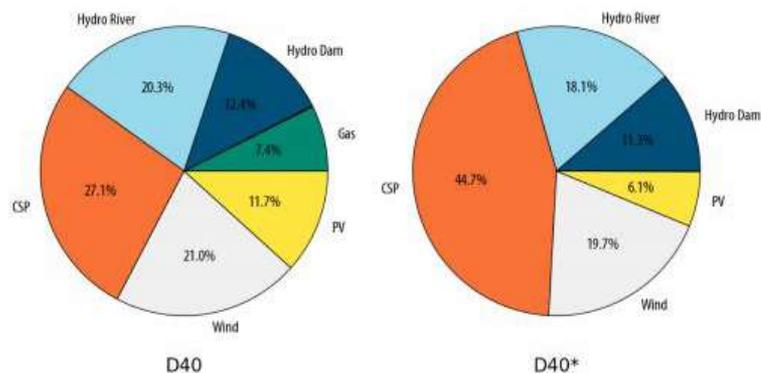
Necesidad Tx: Necesidad de impulso al desarrollo de nuevos proyectos de **transmisión**, mejorando la posibilidad de **complementariedad** de recursos, y la utilización del recurso renovable ubicado en la zona norte del país en las zonas centro-sur.



Verástegui, A. Lorca, M. Negrete-Pincetic and D. Olivares, "Firewood heat electrification impacts in the Chilean power system", Energy Policy, 2020.

Tendencias en Chile y sus Impactos

Nuevas Tecnologías: Potencial de nuevos actores en términos del desarrollo de sistemas de generación **centralizados** (i.e., solar CSP, geotérmico, almacenamiento por bombeo) y recursos **distribuidos** de energía (DER) renovables.

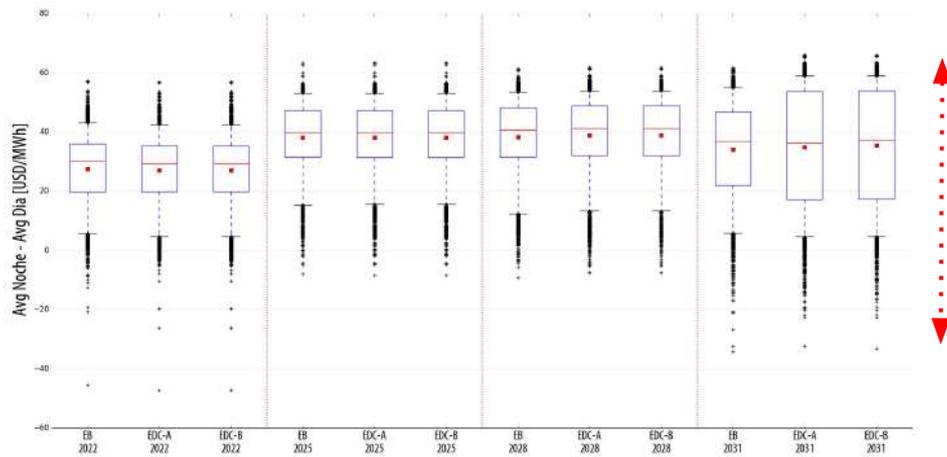
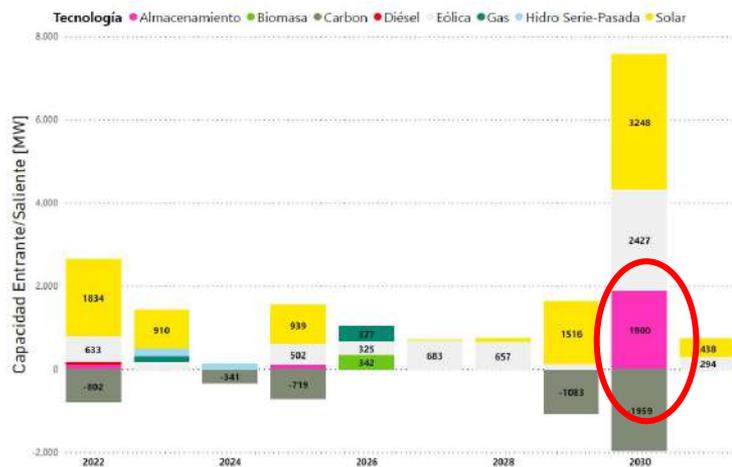


F.Verástegui, A. Lorca, D. and M. Negrete-Pincetic, "Optimization-based analysis of decarbonization pathways and flexibility requirements in highly renewable systems ", Energy, 2021.

El desarrollo de este tipo de tecnologías y proyectos se verá **potenciado** por los procesos de **descarbonización** de la matriz eléctrica, que requerirá un reemplazo de un porcentaje relevante de la capacidad del SEN con nuevas tecnologías renovables. Impacto en necesidad de tecnologías **flexibles**.

Tendencias en Chile y sus Impactos

Rol Almacenamiento: Clave en SEF. Desafíos esquemas de operación y diseño mercado eléctrico. Alta penetración de energía solar generan condiciones con **altos diferenciales** de precios entre día y noche, lo que genera incentivos al desarrollo del almacenamiento. No obstante, a mayor almacenamiento dicho diferencial naturalmente se reduce.

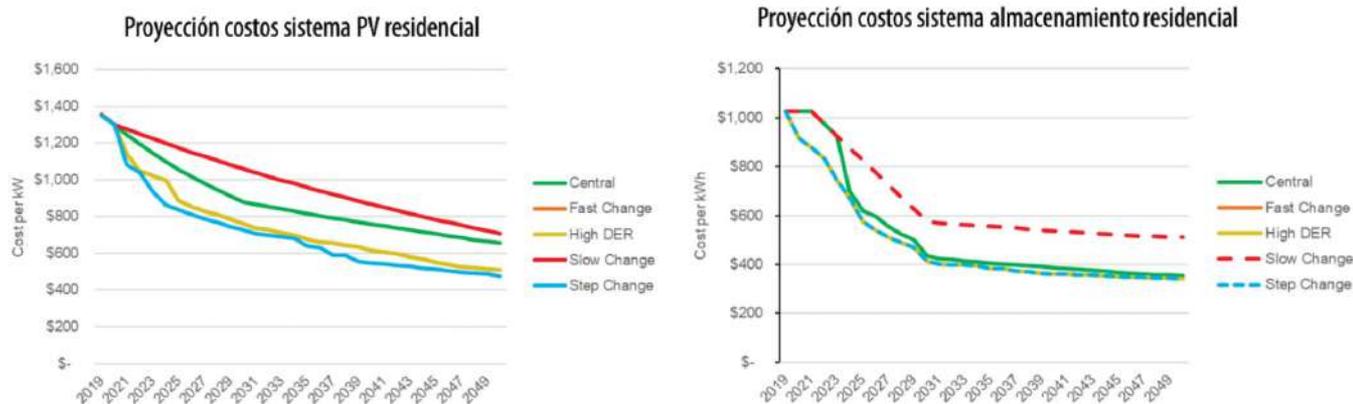


Fuente: Vinken 2022.

Almacenamiento requiere diversas fuentes de ingreso: energía, capacidad, SSCC y estructuras de mercado apropiadas. Crítico reducir barreras para participación en diversas instancias del mercado.

Tendencias en Chile y sus Impactos

Generación Distribuida: Dadas las actuales expectativas de evolución de los costos de DER, Chile podría alcanzar aproximadamente un **40% de nueva capacidad instalada** a 2040 (6,7 GW) en términos de generación distribuida y almacenamiento.

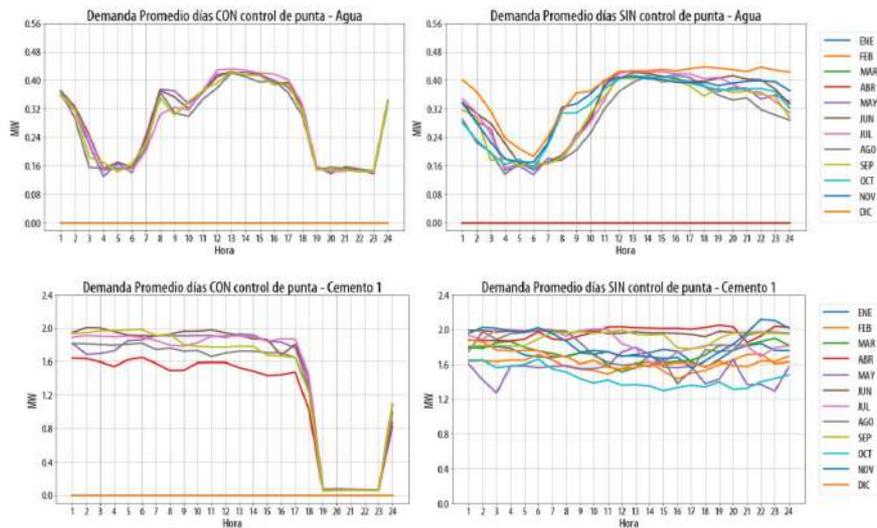


N. Lobos, C. Villalobos, D. Olivares, M. Negrete-Pincetic, R. Moreno, A. Navarro, "Evaluación de la Industria de Generación Distribuida como Motor de Empleo y Desarrollo Económico Eficiente y Sustentable en Chile Post Covid-19", ISCI- MEN 2021

DERs operados de manera coordinada pueden entregar servicios a la red.

Tendencias en Chile y sus Impactos

Demanda como Proveedor de Servicios: Demanda eléctrica tiene un tremendo potencial como **proveedor de servicios** al Sistema Eléctrico del Futuro fomentando operación segura y eficiente.

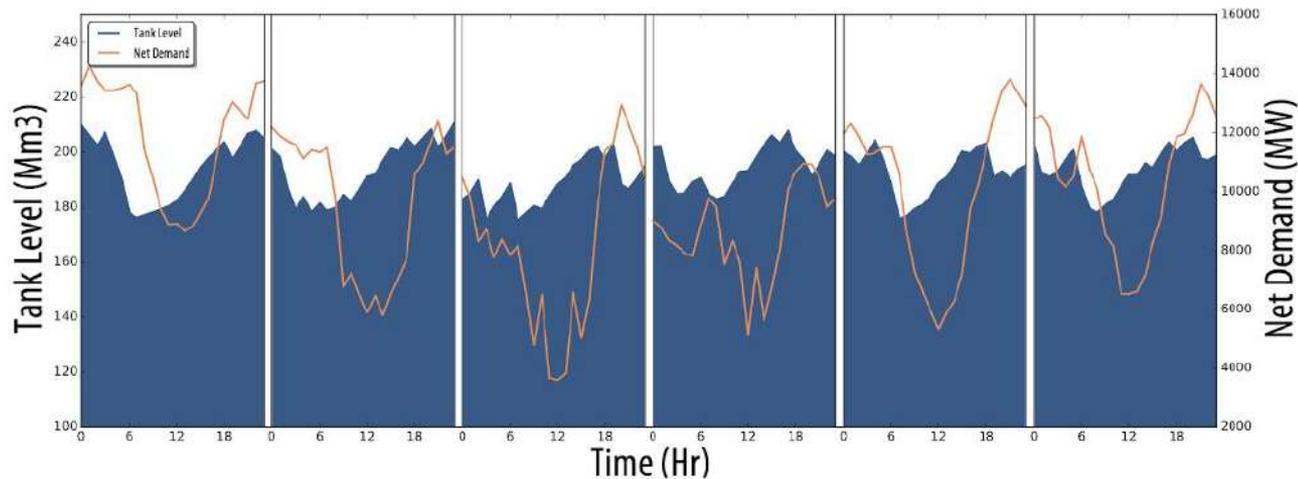


Vinken Dictuc, "Estudio del Tratamiento General de la Potencia para Clientes Finales en el SEN", 2021.

Impacto de Flexibilidad de demanda actual podría potenciarse con cambios en diseño de mercado. De igual manera, demanda eléctrica futura en Chile tiene atributos relevantes de flexibilidad.

Tendencias en Chile y sus Impactos

Demanda como Proveedor de Servicios: Demanda eléctrica tiene un tremendo potencial como **proveedor de servicios** al Sistema Eléctrico del Futuro fomentando operación segura y eficiente.

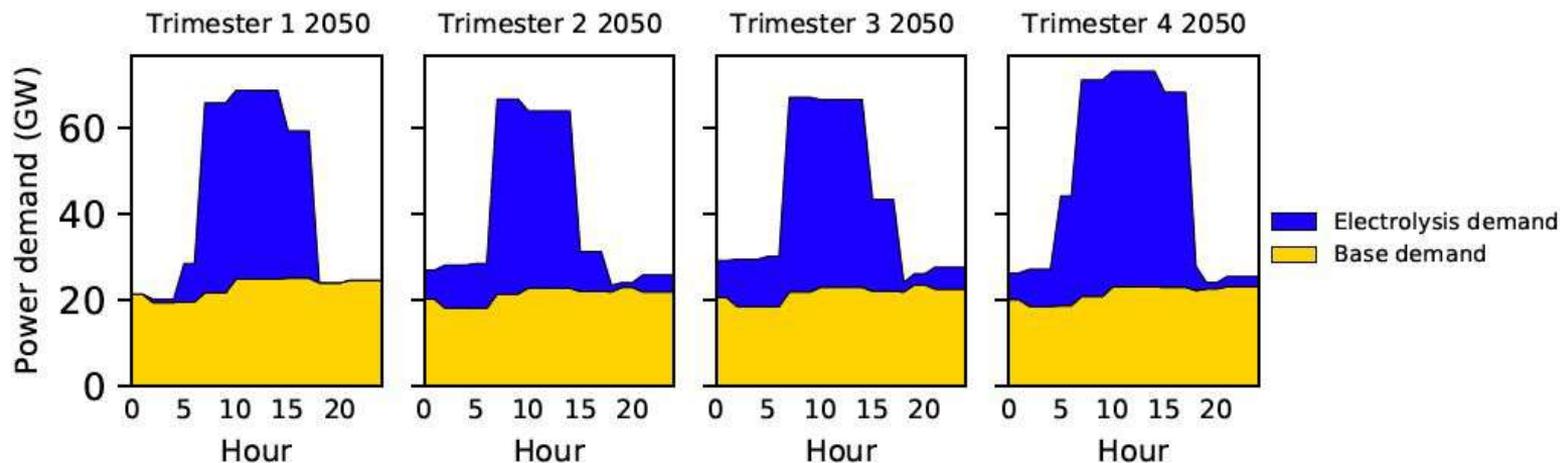


OCM-Lab UC, "New Energy: Una Plataforma para la planificación energética de largo plazo", 2018.

Operación **coordinada** de plantas desaladoras permite aprovechar el potencial de consumo eléctrico flexible: **beneficios sistémicos y privados**

Tendencias en Chile y sus Impactos

Hidrógeno Verde (H2V) Gran potencial desarrollo industria H2V en Chile **complementado** con desarrollo solar y eólico. Un ejemplo de **demanda flexible**.

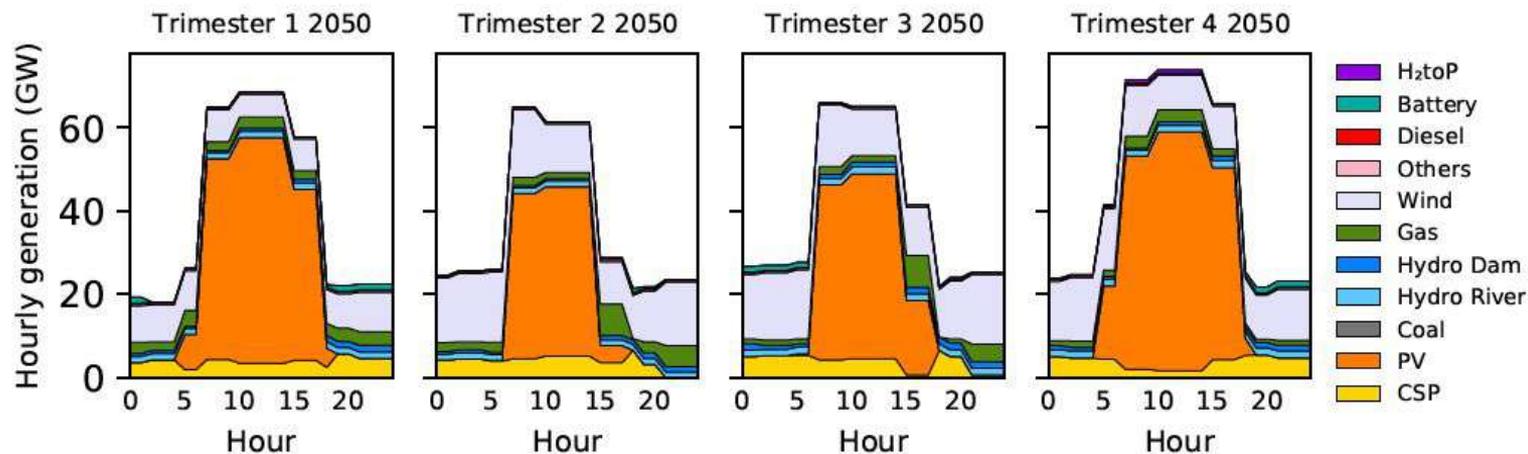


J. Jorquera, A. Lorca, E. Sauma, S. Lorenczik, M. Negrete- Pincetic, "Analysis of the future Chilean hydrogen-electricity supply chain under the effects of hydrogen exports and various energy policy", Working Paper 2022.

Flexibilidad del proceso de electrólisis permite complementarse con recursos renovables

Tendencias en Chile y sus Impactos

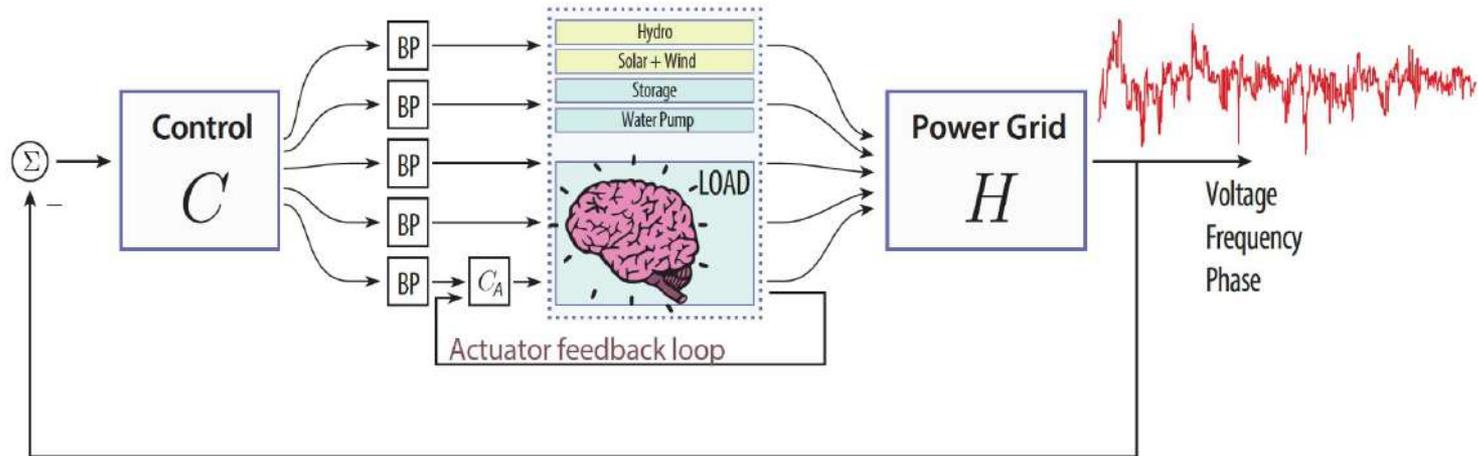
Hidrógeno Verde (H2V) Gran potencial desarrollo industria H2V en Chile **complementado** con desarrollo solar y eólico. Un ejemplo de **demanda flexible**.



J. Jorquera, A. Lorca, E. Sauma, S. Lorenczik, M. Negrete- Pincetic, "Analysis of the future Chilean hydrogen-electricity supply chain under the effects of hydrogen exports and various energy policy", Working Paper 2022.

Flexibilidad del proceso de electrólisis permite complementarse con recursos renovables

El Sistema Eléctrico del Futuro



Sistema Eléctrico del Futuro será un sistema cada vez más complejo, con nuevas dinámicas e incertidumbres y con **diversidad** de recursos incluyendo a la **demanda**

¿Cómo aprovechamos estos recursos?

- **Tecnología/Ingeniería:** Tecnologías + digitalización + nuevos modelos y herramientas para la operación y planificación de un nuevo sistema con nuevos recursos.
- **Regulación/Mercados:** Diseño e implementación de marcos regulatorios/mercados apropiados para un nuevo paradigma tecnológico

Es necesario un **sistema** bien diseñado donde, entre diversos elementos, la regulación y reglas de mercado son **críticas**

Desafíos del Diseño de Esquemas de Mercado Mayorista en Chile

Visión sobre Mercados de Ofertas en Chile

- Potencial cambio de **relevancia** al diseño de mercado chileno es implementación sistema de ofertas.
- ¿Necesitamos una **modificación** al esquema actual?
- Requiere un **cuidadoso** diseño, implementación y ejecución teniendo claridad de los **desafíos, plazos y recursos asociados**.
- Diseño del mercado (reglas) es un elemento **central** pero también diseño de transición, herramientas operacionales, herramientas **monitoreo de mercado**, cambios regulatorios y una serie de elementos que tomarán **varios años en ser implementados**.
- En caso Chileno un elemento relevante incluye la gran capacidad **hídrica** con estructura compleja de cuencas que requieren coordinación: definir estructura de las ofertas para estos recursos (ofertas híbridas).
- Cambio **impacta** más allá del mercado de energía y requiere un diseño **consistente** con mercados de SSSC y capacidad y otros elementos.

Origen: Información

- La operación de los sistemas eléctricos requiere **información** para su ejecución. Dos mecanismos para recopilar información son:
 - a. Esquema centralizado (ingenieril) a través de **auditorías** (costos combustibles, parámetros operacionales, etc.)
 - b. Esquema descentralizado (mercado) a través de **ofertas** (vector de información bajo algún esquema [P], [P,Q], [Q], [P, Q, parámetros adicionales]).
- Ambos esquemas presentan pros y contras. En particular, un esquema de auditorías puede resultar **costoso e incluso infactible** de implementar particularmente con tecnologías donde costos de oportunidad son relevantes (almacenamiento, demanda, GNL, DERs, etc.).
- Un esquema de ofertas requiere para su correcta implementación condiciones de competencia, un apropiado diseño de los mecanismos de mercado, monitoreo y otras medidas que incentiven una **participación honesta de los agentes y mitigar riesgo asociado a abuso de poder de mercado**.

Desafíos del Diseño de Esquemas de Mercado

Una de la razones por las cual implementar mercados corresponde a la **imposibilidad de contar con toda la información necesaria para realizar una operación totalmente centralizada.**

En este sentido, la **diversidad** de tecnologías y agentes que se espera integrarán el sistema eléctrico (e.g., ESS, agregadores de recursos distribuidos y de demanda, etc.) **volverá poco práctico e incluso infactible la operación totalmente centralizada con costos y parámetros de operación auditados.**

No obstante lo anterior, requerimientos de **coordinación** requerirán en el SEN contar con **elementos** de una **operación centralizada** similares al esquema actual (e.g., coordinación recursos hídricos en cuencas complejas).

Desafíos del Diseño de Esquemas de Mercado

Un esquema de **mercado basado en ofertas podría adaptarse de mejor manera** que uno basado en costos a los desafíos actuales y futuros del Sistema Eléctrico Nacional.

La transición desde un esquema basado en costos a uno basado en ofertas corresponde a un potencial cambio **sustancial** en el sistema chileno por lo que **debe ser analizado en profundidad.**

Medidas para una Transición del Diseño de Mercado en el SEN

Basado en Resultados
Estudio World Bank (Febrero-Agosto 2021)
MNP, Nicolás Figueroa, Álvaro Lorca, Nicolás Lobos, Cristián Villalobos,
Juan-Pablo Montero, Ross Baldick.

Estudio CNE (Agosto 2021 - Diciembre 2021)
MNP, Rodrigo Moreno, Nicolás Figueroa, Álvaro Lorca, Nicolás Lobos, Cristián Villalobos, Ross Baldick. 24

Propuesta de Medidas para la Transición del SEN

- Resultados de estudios muestran que las **condiciones** para la implementación de un mercado basado en ofertas en el SEN **no son descartables** bajo ciertos escenarios y condiciones (contratación, recursos hídricos coordinados, medidas de mitigación).
- Las condiciones de mercado futuras previstas resultan **favorables**, toda vez que se espera que éstas favorezcan las condiciones de competencia, promovidas por el potencial ingreso de nuevos actores y tecnologías, y la reducción de barreras para competencia a nivel del SEN.
- Finalmente, la transición hacia un mercado de ofertas **facilitará** la participación de nuevos actores y tecnologías, dada la naturaleza de estructura de costos e información asociados, los cuales son difíciles de auditar, permitiendo la gestión de riesgos y la internalización de costos de distinta naturaleza.

¿Cuáles podrían ser plazos y etapas para una transición?

Visión de la Transición: Tres Etapas

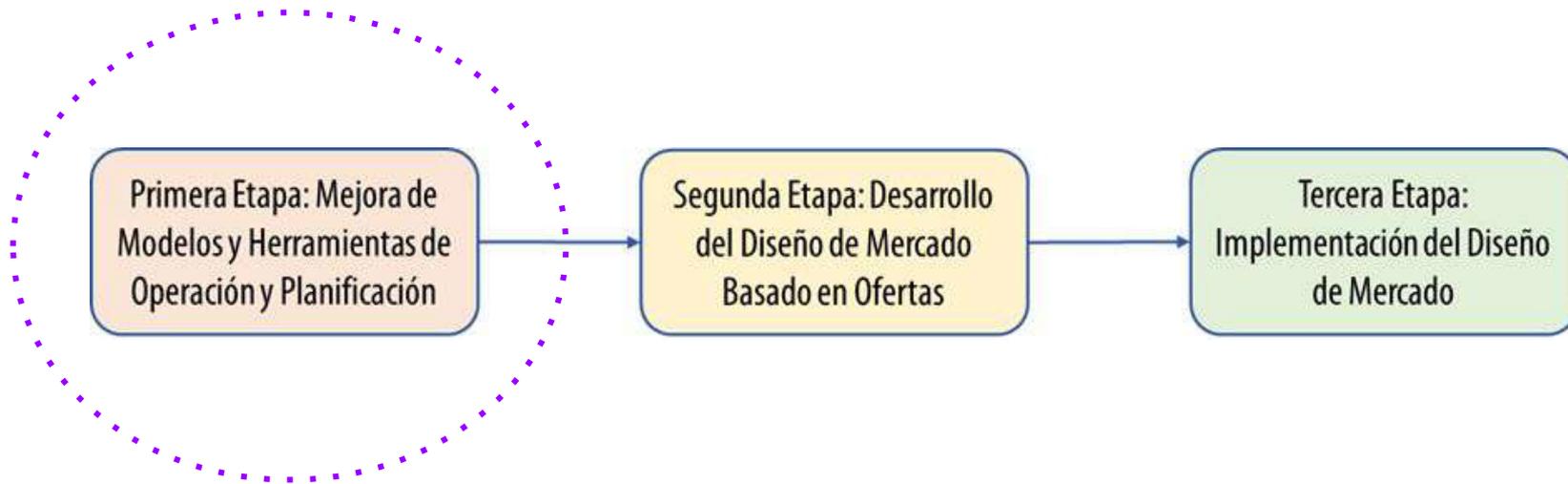


Transición requiere etapas, plazos y recursos adecuados para su diseño e implementación

Propuesta de Medidas para la Transición del SEN

- La **transición** del SEN hacia un mecanismo de mercado basado en ofertas **requerirá de una serie de etapas, horizontes de tiempo y recursos adecuados** para su ejecución.
- La transición debe contemplar distintas etapas, incluyendo como primera etapa una **mejora de los modelos y herramientas de operación y planificación** del CEN.
- Adicionalmente, antes de comenzar la transición, es necesario **incorporar elementos en el diseño y operación del actual mercado**, que sienten las bases para dicha transición.
- La segunda etapa requiere un **diseño de la arquitectura y reglas del mercado**, considerando los elementos particulares del SEN, particularmente respecto al tratamiento de las unidades hidráulicas.
- Finalmente, la tercera etapa de implementación requiere del **testeo del diseño de mercado mediante pruebas, desarrollo de plataformas web, y talleres** para presentar y dar a conocer las reglas del mercado.

Primera Etapa



Primera etapa enfocada en un mercado **mejorado** de costos mediante revisión de modelos de operación y planificación y formación de precios.

Primera Etapa: Mejora de Modelos y Herramientas del CEN

Mejoras de los modelos y herramientas de operación y planificación del CEN. En particular:

- Transitar desde el actual uso de la lista de orden de mérito para el despacho en tiempo real hacia el uso de modelos de **despacho en tiempo real basados en co-optimización** de energía y reservas.
- Aumento de la **granularidad** en el pre-despacho, despachos intradiarios y en tiempo real.
- Explicitar el cálculo del costo marginal como la **variable dual** de los modelos de operación.
- Revisión y actualización de los modelos para la **coordinación hidrotérmica** y determinación del valor centralizado del agua.
- Implementación de plataformas de **Tecnologías de la Información** a disponibilidad de los actores del sector.

Primera Etapa: Mejora de Modelos y Herramientas del CEN

Antes de comenzar la transición, es necesario incorporar **elementos en el diseño y operación del actual mercado**, que sienten las bases para dicha transición:

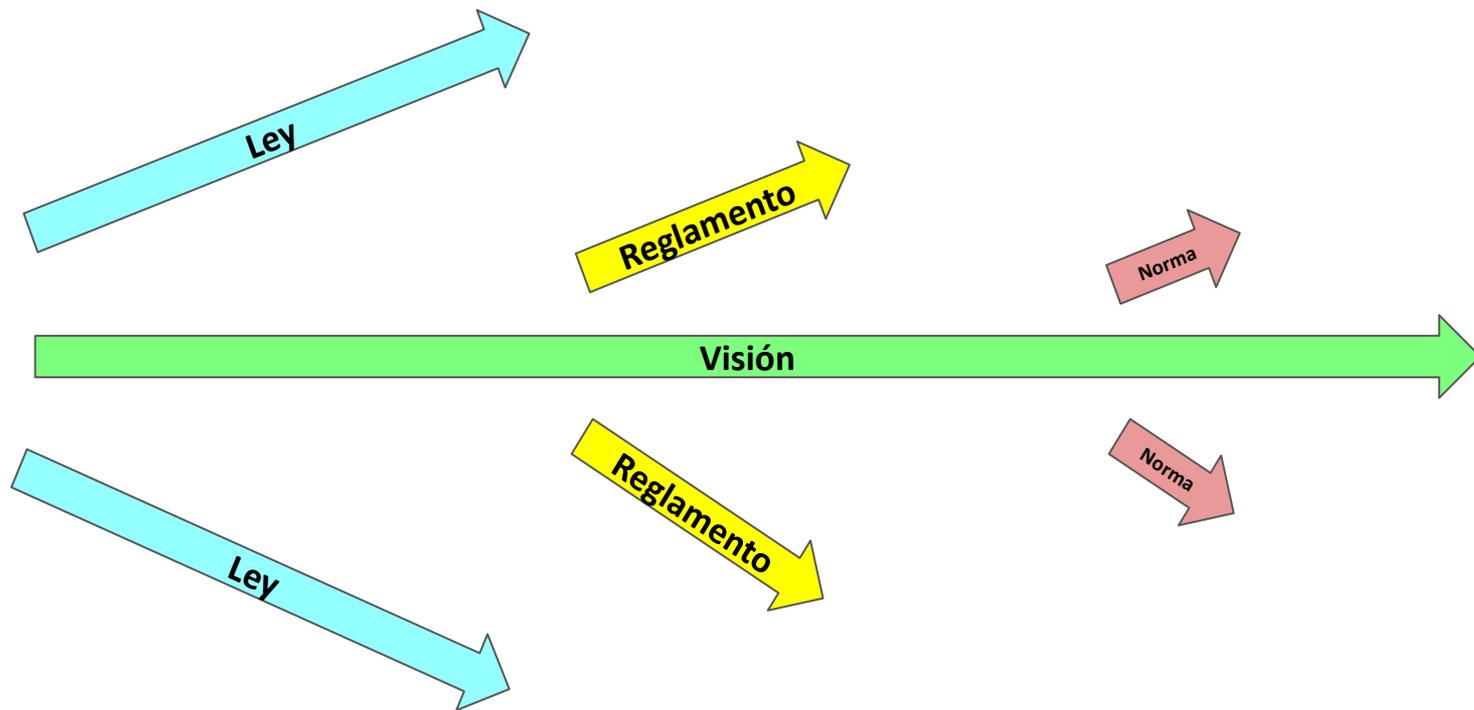
- Implementar un esquema de **mercado multietapas de naturaleza vinculante**, con una etapa del día anterior, etapas intradiaria y una en tiempo real (dando algún grado de libertad a agentes, e.g., pronósticos).
- Asignación de costos de activación de reserva en función de **desvíos respecto a la programación** del período anterior, en base a una **banda de tolerancia de desvíos**.
- Integrar en todos los niveles del mercado a **cualquier tecnología o agente que pueda entregar los atributos determinados** por la definición de los productos correspondientes.
- Mejoras en la co-optimización de energía y reservas desde el sistema híbrido actual mediante una transición hacia un diseño basado en **co-optimización y precio uniforme tanto para energía y reservas**.
- Utilizar un esquema de **pagos laterales para la compensación de costos no-convexos y evaluación** de esquemas de internalización de dichos costos en el mediano plazo.
- Mejorar las herramientas disponibles para el **monitoreo de competencia de corto plazo**.

Segunda Etapa



Segunda etapa enfocada en un **diseño** de un mercado basado en **ofertas** considerando tiempos asociados a cambios regulatorios previos.

Segunda Etapa: Desarrollo del Diseño de Mercado



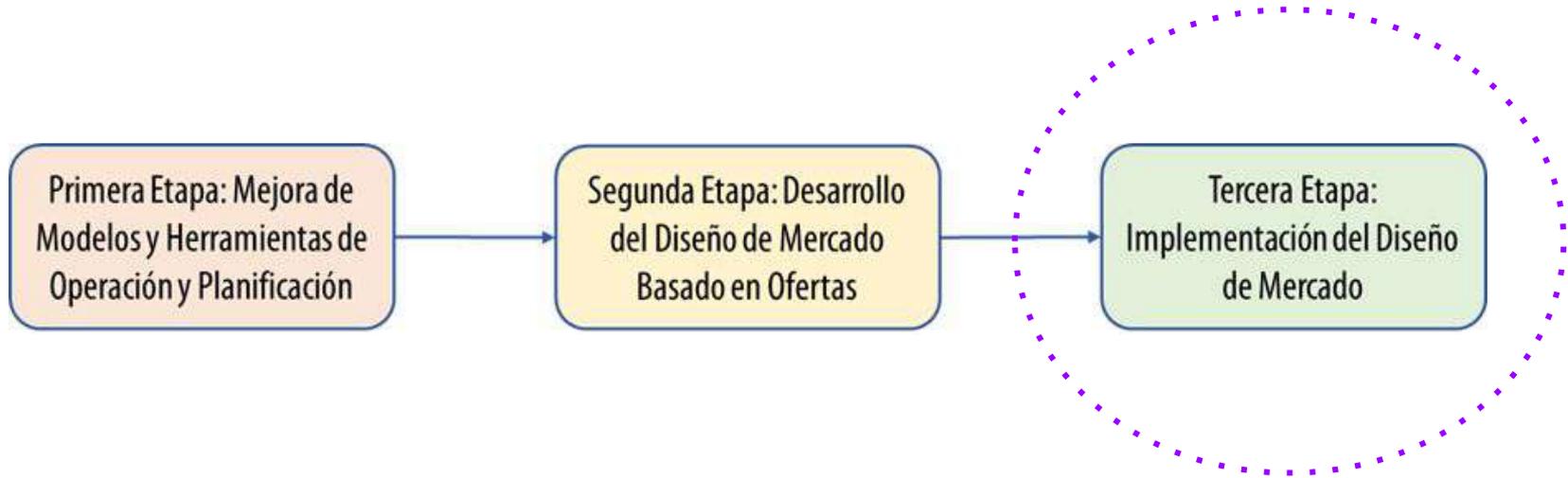
Se debe considerar el tiempo requerido para los cambios regulatorios. Un esquema basado en ofertas **al menos** requerirá cambios reglamentarios, pero probablemente también a nivel de Ley.

Segunda Etapa: Desarrollo del Diseño de Mercado

- Diseño de la **arquitectura y reglas del mercado**, tomando en consideración los elementos particulares del sistema eléctrico chileno, particularmente en lo referente al tratamiento de las unidades hidráulicas. En particular, se hace necesario evaluar:
 - Estructura multi-etapas basadas en co-optimización de energía y reservas.
 - Especificación del tipo de oferta: simple, compleja, híbrida, diferenciada por tecnología, etc.
 - Definir modelos para formación de precios y esquemas de pagos laterales.
 - Definición y evaluación de medidas de mitigación de poder de mercado: precios máximos, valores máximos para ofertas, Voluntary Mitigation Plans (VMP), contratación a plazo, etc.
- **Evaluación continua** del diseño de mercado propuesto y perfeccionamiento del mismo.
- **Desarrollo y prueba** de herramientas de monitoreo de mercado.

Esta etapa también requiere de tiempos de desarrollo y recursos adecuados para la evaluación de cambios en otros mercados relevantes de capacidad y nuevos productos para el mercado de SSCC.

Tercera Etapa



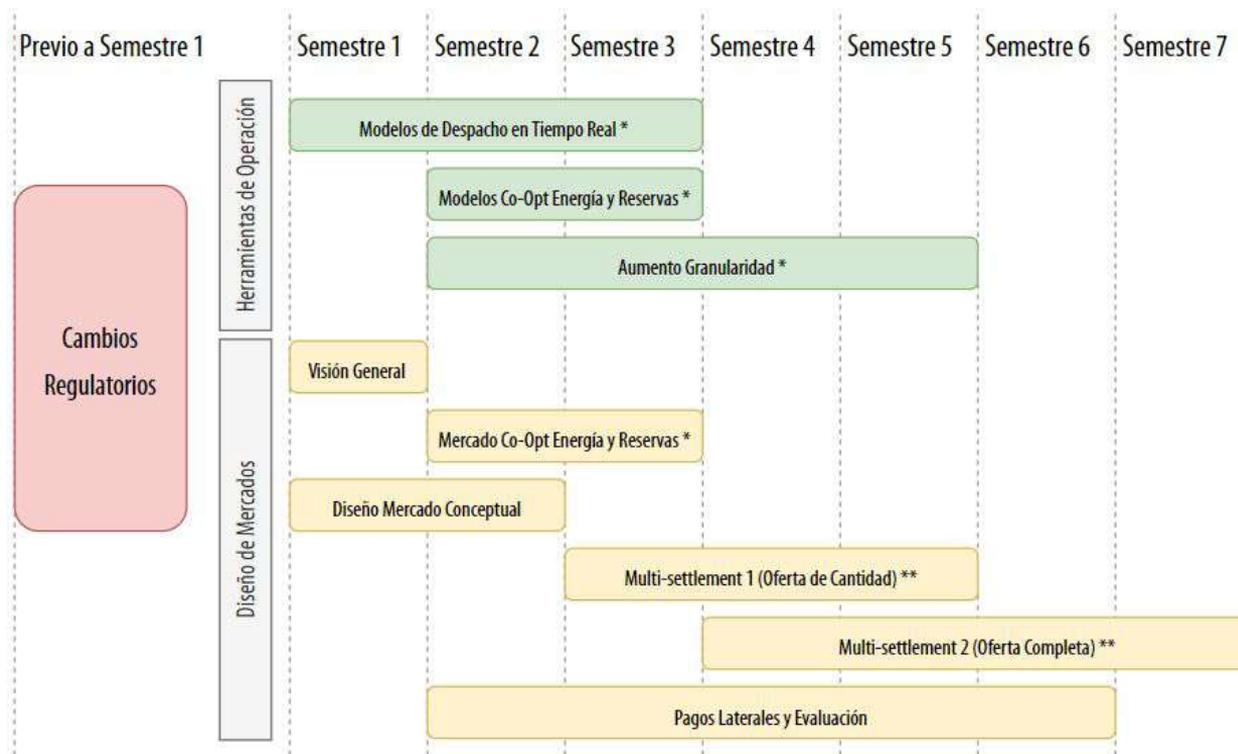
Tercera etapa enfocada en **Implementación y Ejecución** de un mercado basado en ofertas considerando períodos de testeo y prueba.

Tercera Etapa: Implementación del Diseño de Mercado

- Desarrollo de **períodos de prueba** de reglas del mercado con participantes, lo que permitirá evaluar el entendimiento de las reglas y posibles cambios al diseño.
- Evaluar la implementación de una primera etapa con **reglas más restrictivas**, como por ejemplo ofertas basadas solo en cantidades y precios auditados.
- Implementar **precios techos** al nivel de los precios esperados en un mercado con costos auditados más una tolerancia, e.g., 10%, en los primeros meses de implementación.
- Implementación de **esquemas de contratos** de largo plazo como medida adicional de mitigación de poder de mercado.
- Evaluación de factibilidad y necesidad de implementar **esquemas de ofertas alternativos** para recursos hídricos.

Dada la experiencia en Chile de un mercado basado en costos, es fundamental contar con medidas de resguardo para los primeros meses/años de la implementación de mercados basados en ofertas.

Hitos y Línea de Tiempo Transición



* Modificaciones que podrían ser implementadas sin necesidad de un esquema de ofertas.

** Primer semestre considera un periodo de prueba y en los siguientes se considera la completa implementación.

Conclusiones

Conclusiones

- Sistema Eléctrico Futuro: **múltiples** recursos, tecnologías y participantes.
- Necesidad de **rediseño** de mercado eléctricos debido a cambios tecnológicos y necesidades de transición hacia sistemas sustentables: **desafío en todo el mundo**.
- Diversidad de tecnologías y actores **dificultan** operación altamente centralizada basada en costos auditados.
- No obstante, elementos de operación centralizada seguirán siendo **críticos** para lograr la coordinación que asegure una operación eficiente, segura y confiable: esquema de ofertas híbrido.
- Transición hacia mercados de **ofertas** surge como una necesidad en el SEN frente a los desafíos actuales y futuros.
- Lo anterior requiere abordar una serie de **desafíos y brechas actuales** para empezar a considerar la implementación de mercados basados en ofertas.
- Se requerirá de una serie de **etapas, horizontes de tiempo y recursos adecuados** para su ejecución.

Conclusiones

- Propuesta de tres etapas de la transición:
 - **Etapa 1:** Mejora de Modelos y Herramientas del CEN y del actual mercado.
 - **Etapa 2:** Diseño de Mercado basado en Ofertas.
 - **Etapa 3:** Implementación y Ejecución.
- Estas etapas requieren un plazo esperado de al menos **7 semestres** para un eventual desarrollo donde es crítico evaluar la necesidad de modificaciones en otros mercados como SSCC y Capacidad.
- **Adicionalmente**, es necesario considerar los **tiempos regulatorios** asociados para llevar a cabo estas modificaciones.
- Dada la experiencia en Chile de un mercado basado en costos, es **fundamental** contar con medidas de **resguardo** para los primeros meses/años de la implementación de mercados basados en ofertas.



Seminario CIGRE: El Sistema Eléctrico Futuro

Matias Negrete Pincetic

Departamento de Ingeniería Eléctrica UC
Instituto Sistemas Complejos de Ingeniería (ISCI)
Vinken Dictuc

18 de Mayo de 2022