

---

# Lecciones sobre aproximaciones metodológicas para planificación de largo plazo

Generación, transmisión y almacenamiento

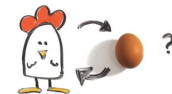
---

Eduardo Pereira B.

epereira@spec.cl  
SPEC

22 de noviembre de 2018  
Complex Energy Systems (CES) Workshop

- Dentro del contexto de la nueva ley de transmisión, la metodología de planificación de transmisión contempla dos etapas en "tándem"
  - Etapa 1: Determinación de escenarios de generación, a cargo del Ministerio de energía (ME) en su proceso PELP
  - Etapa 2: Análisis y propuestas de expansión de transmisión, a cargo de la Comisión Nacional de Energía (CNE)
- Durante 2017 se llevó a cabo el primer proceso conjunto, donde\_
  - El ME determinó 5 escenarios de expansión de la oferta
  - La CNE contempló 8 obras nuevas por ~2500 millones de dólares
- El proceso dejó dudas sobre (1) la metodología de determinación de escenarios (2) el alto costo de la transmisión, que naturalmente está adaptado a los escenarios determinados en la etapa 1.



## Objetivo general

*Comparar implicancias de aproximaciones metodológicas para la planificación de largo plazo*

## En específico:

Diferencias cualitativas y cuantitativas de dos aspectos

- **Simplificaciones en los costos de la red:** analizar ventajas – costos de planificación conjunta generación transmisión vs secuencial PELP + Tx
- **Simplificaciones en la operación:** analizar impactos de costos de flexibilidad/soporte de ernc variables en el desarrollo futuro y posibles soluciones mediante sistemas de almacenamiento

# Caso de estudio



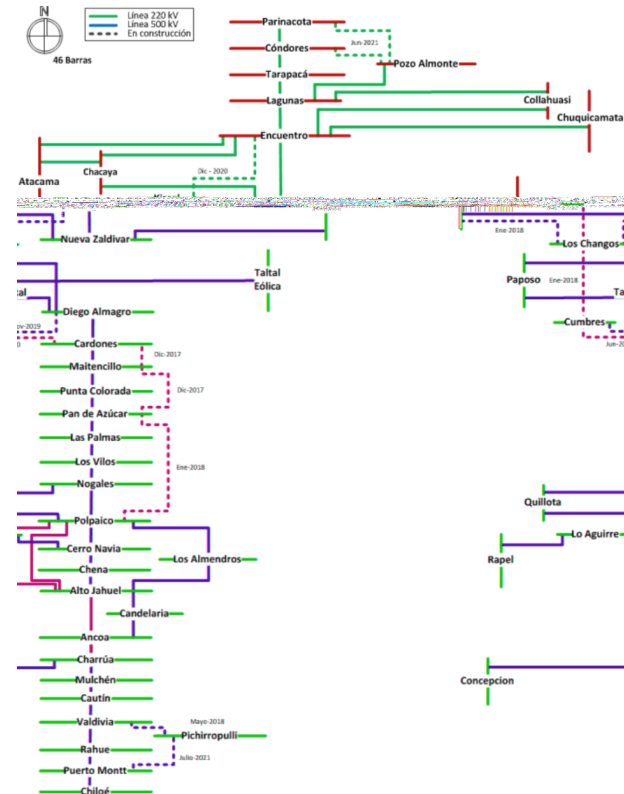
Los ejercicios se basan en comparar el resultado de la planificación de largo plazo, aplicada al sistema eléctrico chileno, mediante un modelo de planificación centralizada

Como caso de estudio, se incorporó la mayor parte de los supuestos usados en la PELP, escenario C

Se simuló desde 2030 hasta 2050

Se considera un proceso de descarbonización gradual que finaliza el año 2050

Las simulaciones fueron ejecutadas usando el modelo **AMEBA**

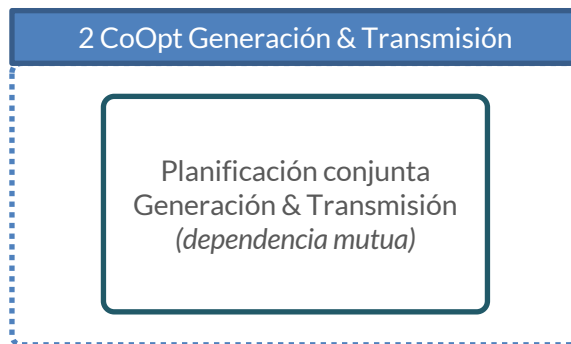


# 1 Valor de la transmisión

La idea es mostrar las diferencias cualitativas y cuantitativas de dos enfoques

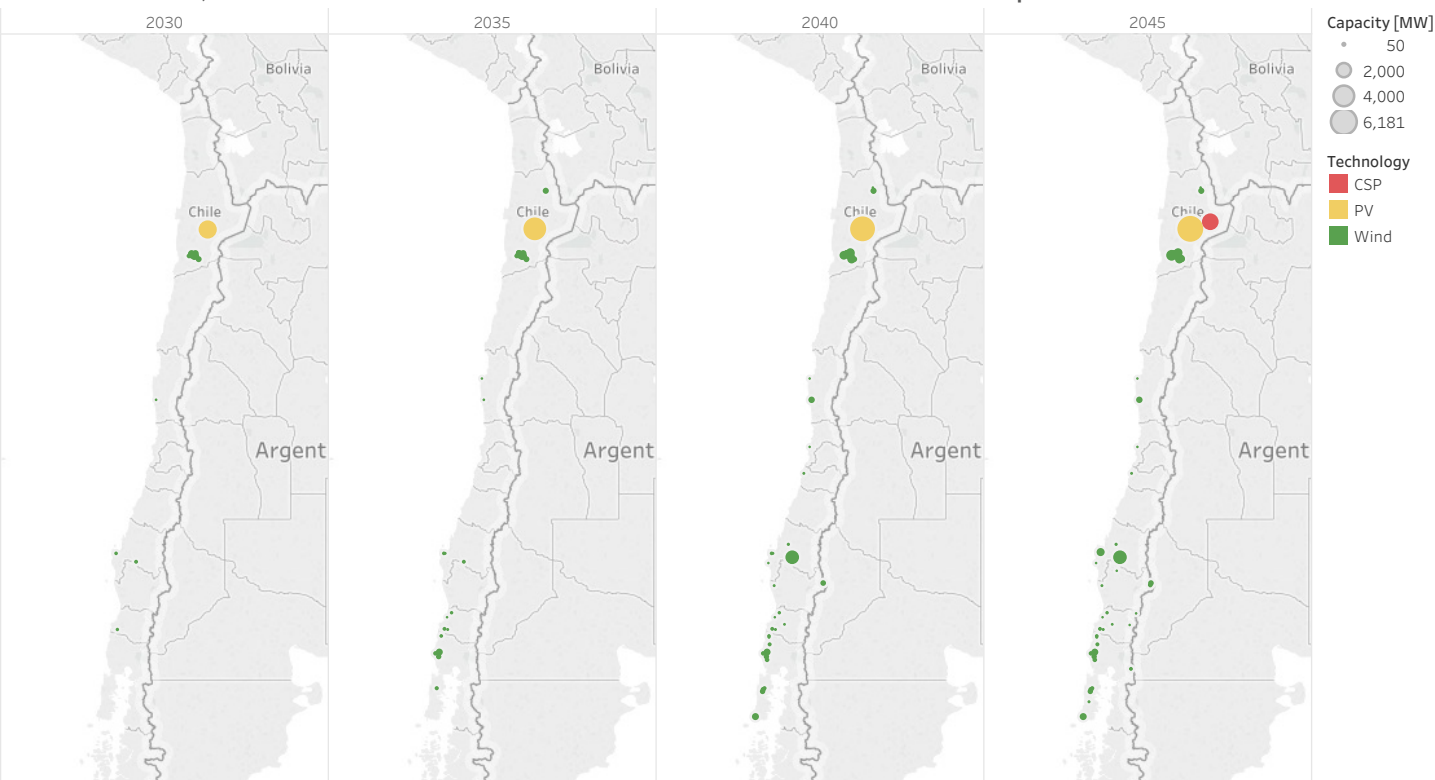
- Solución tándem; primero escenarios de oferta generación (Gx) y luego se planifica transmisión (Tx). Símil al proceso actual
- Solución CoOpt; considera costos de expansión de red al determinar escenarios de oferta

Los impactos se muestran a nivel de costo de operación (OPEX) y de inversión (CAPEX)



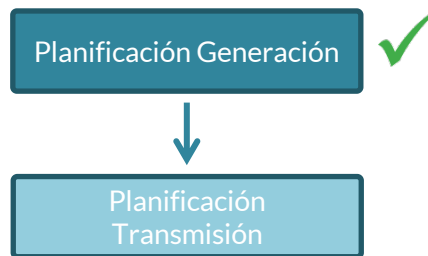
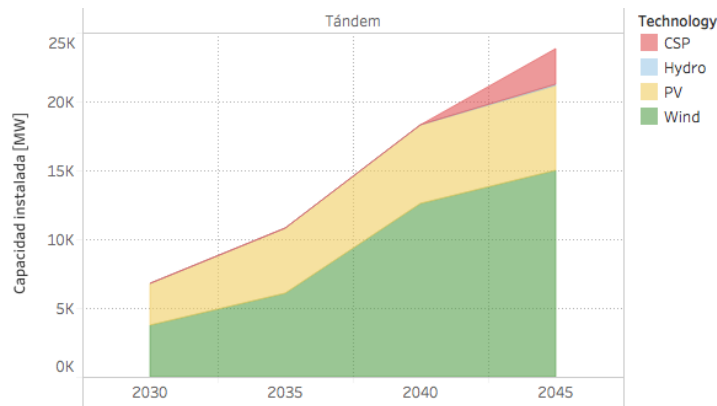
# 1 Solución tándem – Expansión Gx

- La incorporación de nueva capacidad PV se localiza principalmente en la zona cordillera/norte
- Por su parte, la energía eólica se desarrolla en la zona de Taltal y de Mulchén
- En el largo plazo, comienza a desarrollarse el potencial CSP
- Es decir, recursos se desarrollan en las áreas identificadas con alto potencial.



# 1 Solución tándem – Expansión Tx

- Se obtiene la solución para la expansión del sistema de generación y dicha solución se fuerza para encontrar los refuerzos en líneas que permiten evacuar dicha energía
- Notar que el plan de transmisión encontrado será también óptimo, y no necesariamente permitirá evacuar toda la energía (pueden existir congestiones ‘económicas’)
- Por lo tanto, el ‘sobre’ costo total se considera en este caso un ‘lower bound’

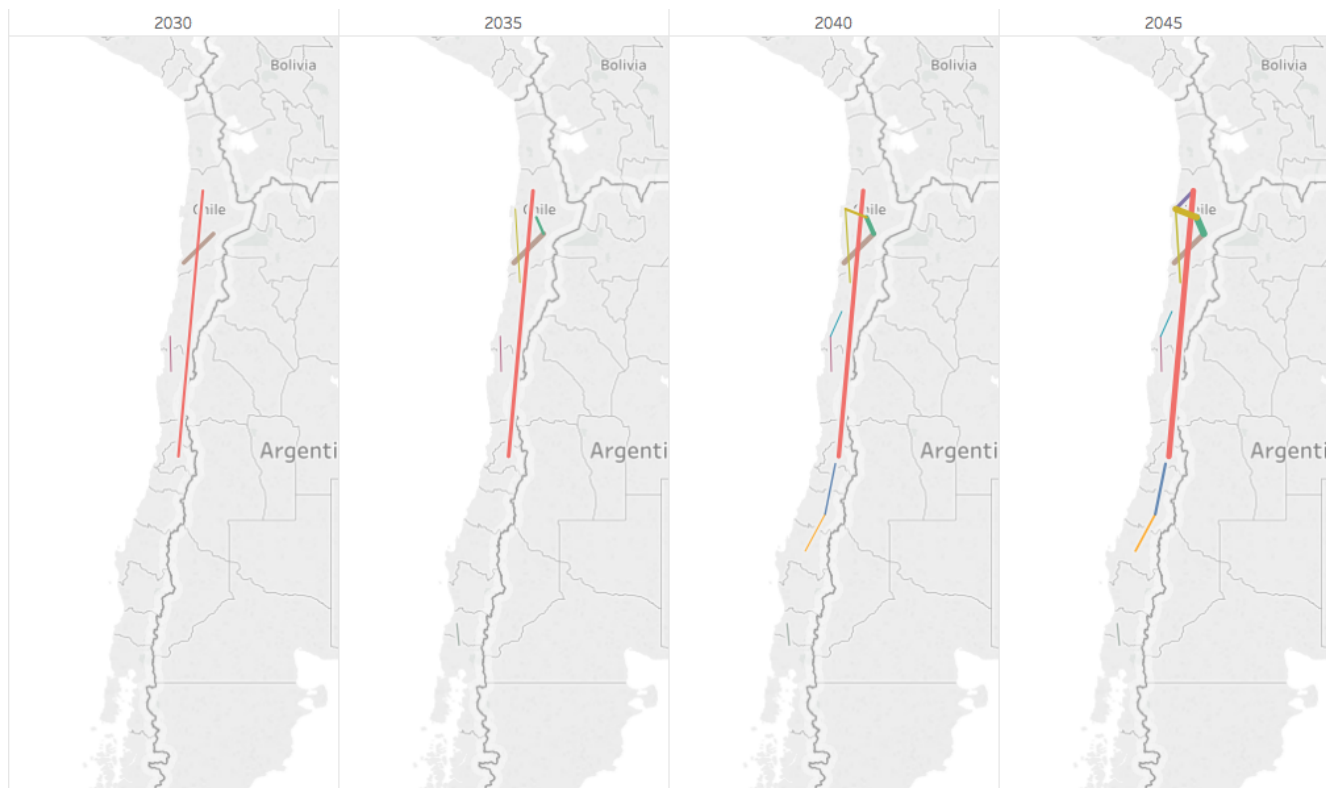


# 1 Solución tándem – Expansión Tx



Desde 2030, se requiere un desarrollo intensivo de líneas para evacuar generación de zona sur del SING. Destacan tanto refuerzos como tramos nuevos (línea directa y conexión vía TalTal)

Planificación  
Transmisión



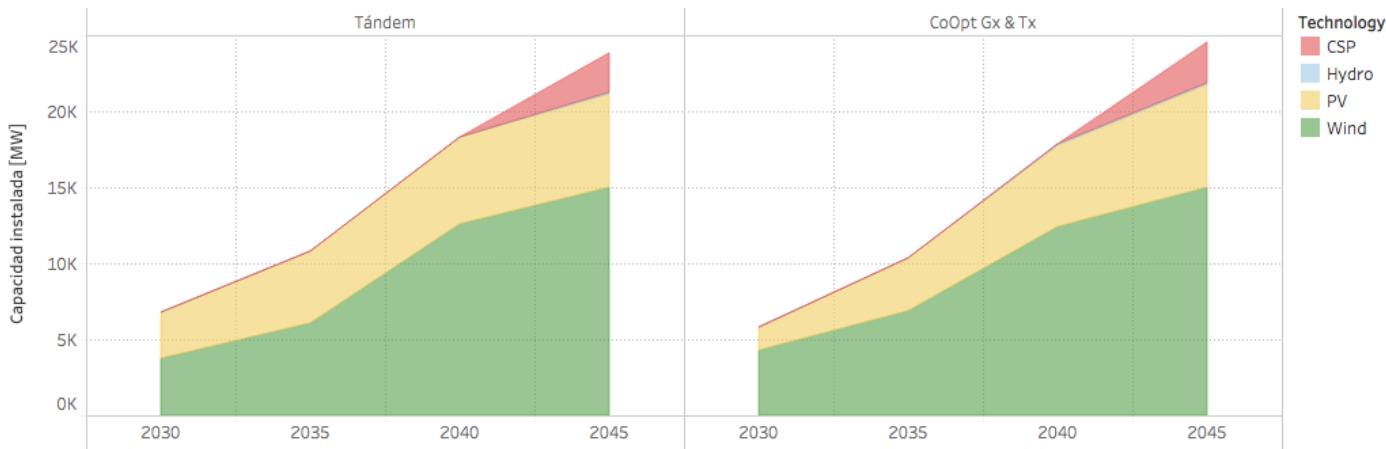


# 2 Solución Co Opt– Expansión Gx y Tx conjunta



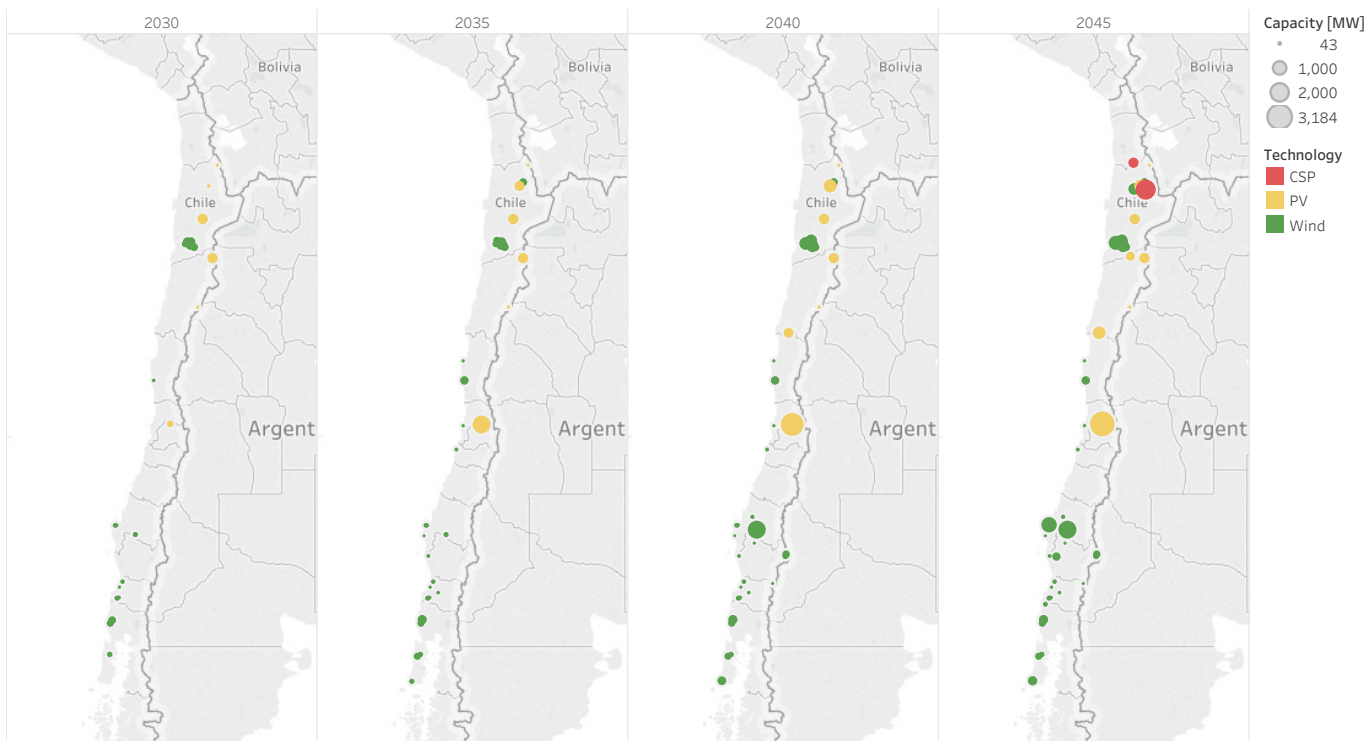
- En vista de lo anterior se realiza la Co-Optimización de Gx & Tx
- Como resultado de este ejercicio, es esperable:
  - Que la generación se distribuya a lo largo de la red, principalmente cercano a centros de consumo.
  - Que se hagan inversiones menos intensivas en refuerzos de la red

**Resultado:** Menor solar en primeros años, pero composición de largo plazo similar



## 2 Solución Co Opt– Localización Gx

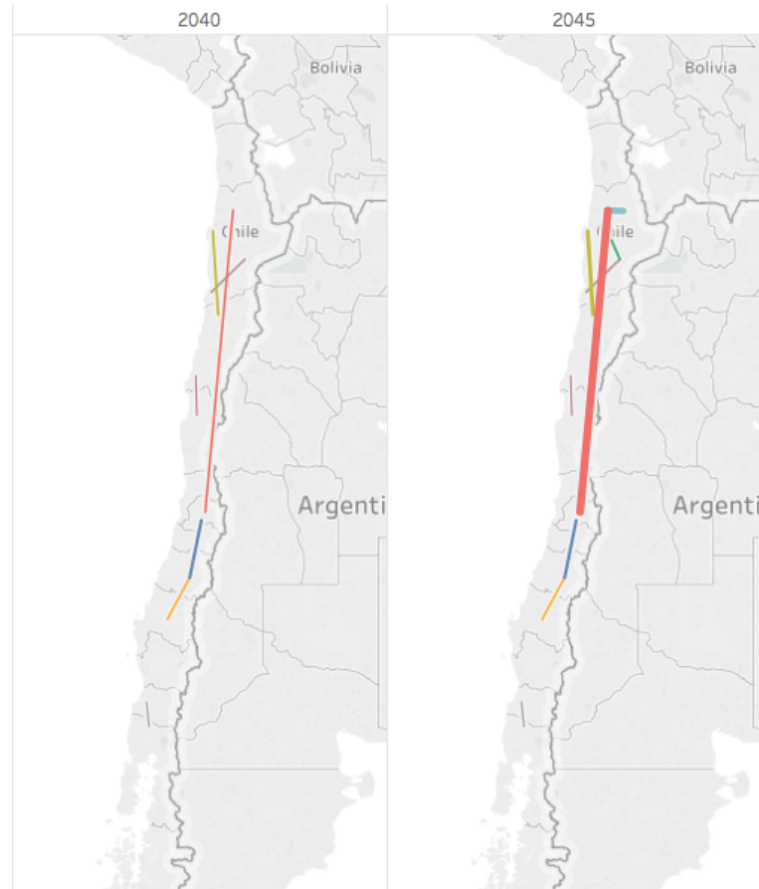
- Se obtiene un desarrollo más distribuido en generación, cercano a los centros de consumo



## 2 Solución Co Opt – Expansión Tx

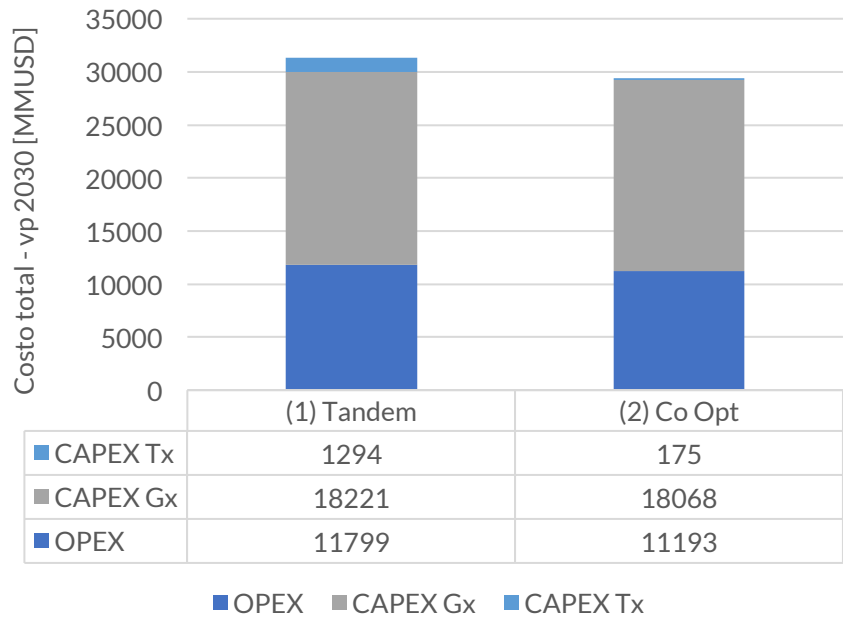


- Se verifica la hipótesis de que al incluir los costos de expansión de transmisión se obtiene un desarrollo más distribuido en generación, cercano a los centros de consumo
  - Mayor desarrollo solar en zonas cercanas a Santiago
  - Mayor desarrollo eólico en zona de Mulchén v/s TalTal
- Esto permite reducir las necesidades de expansión en transmisión: se posponen las inversiones en transmisión en **10 años**



# Comparación costos

- Solución tándem es en total 1900 MMUSD (en valor presente al 2030) más cara que la solución Co-optimizada (7%)
  
- Al analizar por componente:
  - Tx es 6 veces más cara
  - OPEX es 5% menor
  - Gx es similar, <1% menor





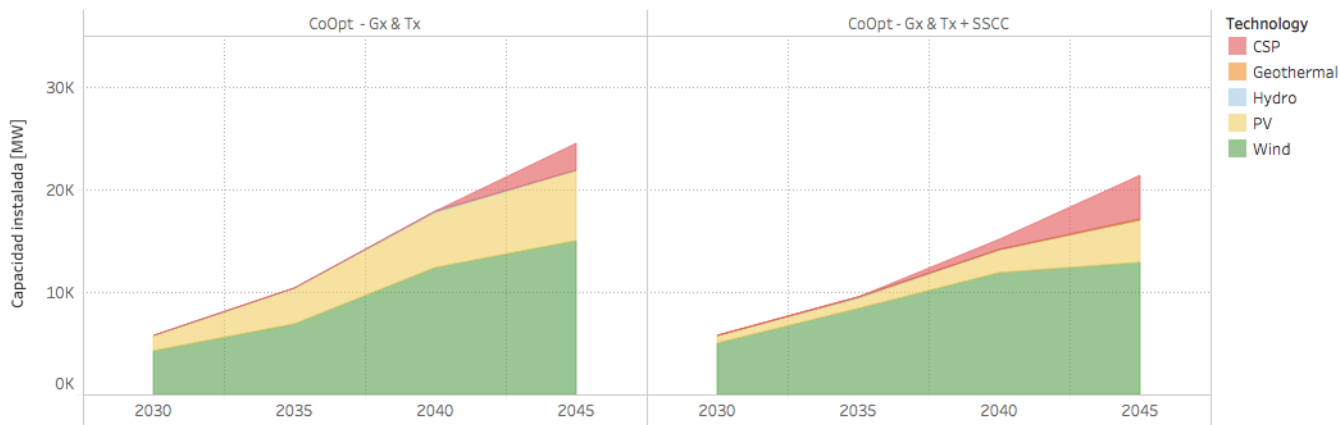
- Así como es de interés estudiar los sobre costos por conceptos de red, también se requiere analizar el sobre costo por conceptos de “flexibilidad” para soportar la integración de ERNC variables
- En los ejercicios anteriores (al igual que en la PELP) este costo **no fue considerado** para la determinación de los escenarios de generación. Aparecen preguntas como:
  - ¿Cuánto cuesta soportar los sobre 20.000 MW de ERNC variable?
  - ¿Vale la pena desarrollar otras tecnologías más caras pero ‘firmes’?
- Es por esto que se plantea el siguiente ejercicio:
  - Incluir explícitamente los requerimientos de flexibilidad en la determinación de expansión del parque y la transmisión
  - Considerar otras alternativas tecnológicas que proveen flexibilidad, como sistemas de almacenamiento

# 3 Flexibilidad: Expansión Gx con SSCC

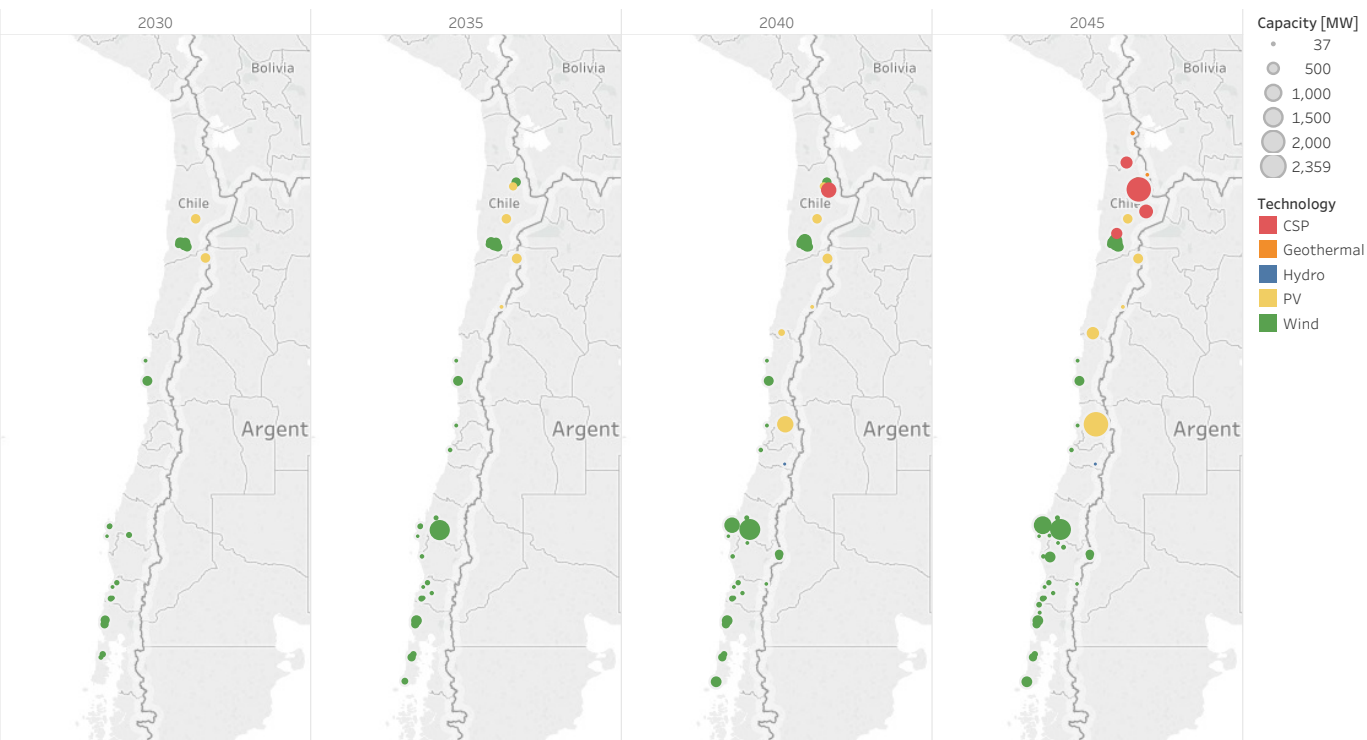


## Resultado:

- Una considerable baja en la expansión solar PV (~2800 MW), ubicada cercano a los puntos de consumo
- Se anticipa y aumenta la participación de CSP (~2000 MW)
- Aparece por primera vez Geotermia (~300 MW)



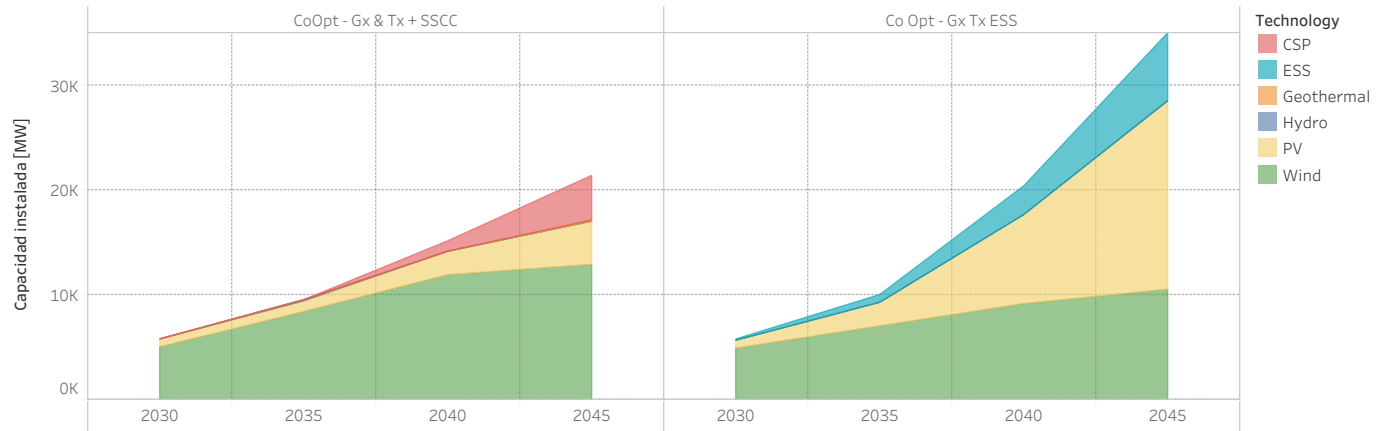
# 3 Flexibilidad: Localización Gx



# 4 Flexibilidad y almacenamiento: Expansión Gx



- Al integrar sistemas de almacenamiento como parte del conjunto de inversiones posibles, se vuelve a desarrollar la energía ERNC variable, principalmente el conjunto solar PV + almacenamiento

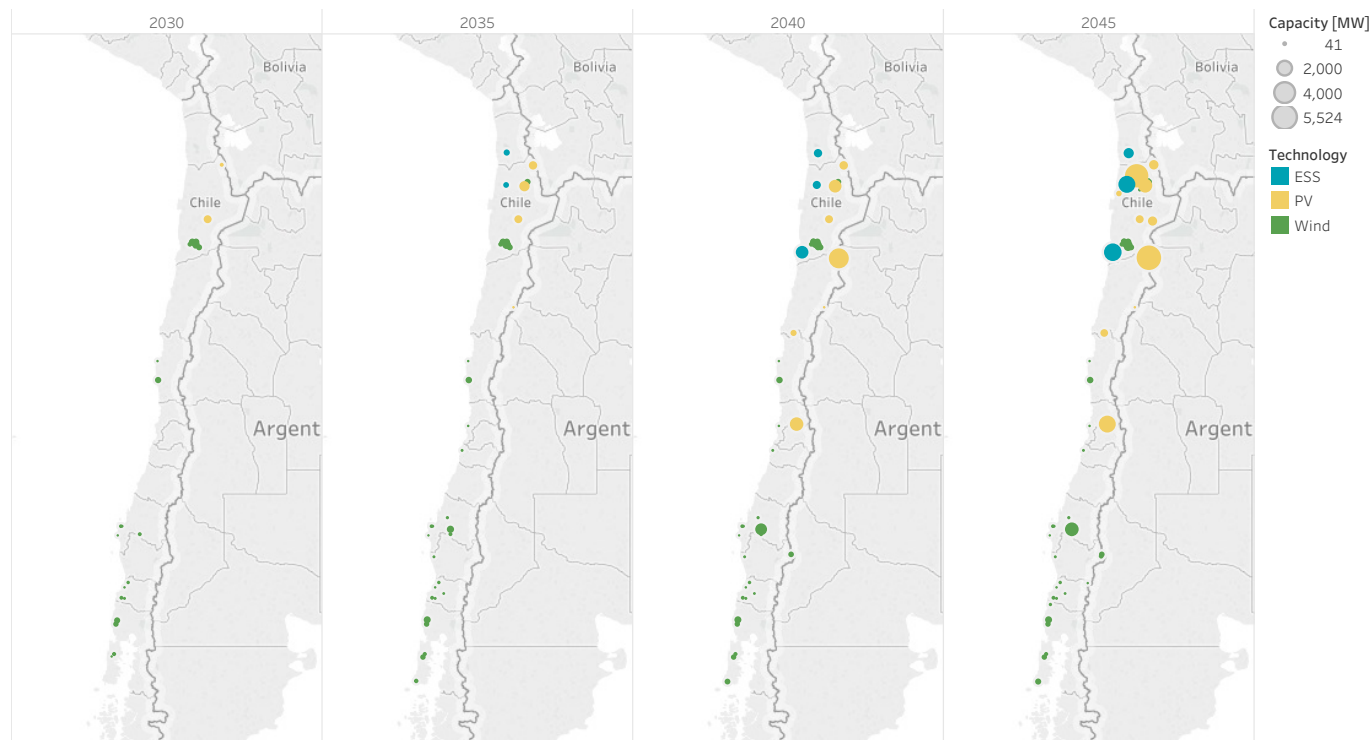




## 4 Flexibilidad y almacenamiento: Localización Gx



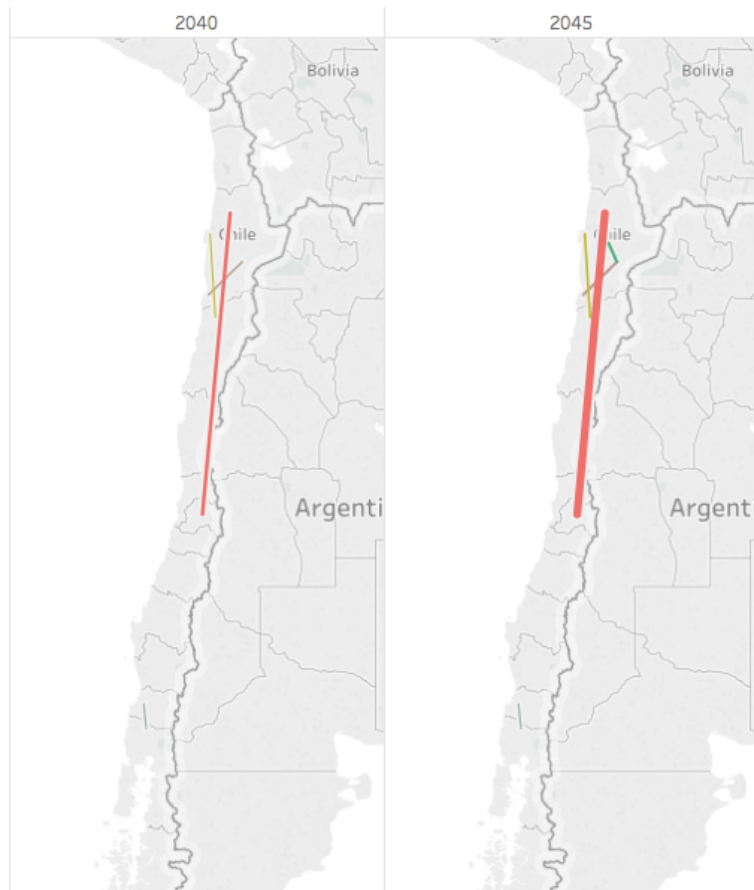
- Al desarrollarse almacenamiento, la incorporación de solar PV vuelve a realizarse en la zona norte, de mejor potencial



# 4 Flexibilidad y almacenamiento : Expansión Tx

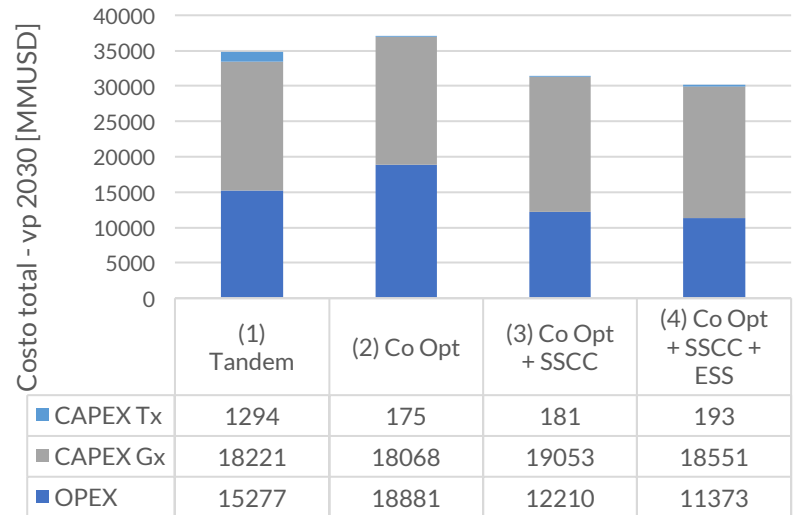


- Los sistemas de almacenamiento permiten el desarrollo de las zonas de mejor potencial
  - La incorporación de nueva capacidad PV se vuelve a apreciar en la zona norte
- No obstante, en este caso los refuerzos de transmisión son también pospuestos, evitando el sobre costo de la solución tándem



# Comparación casos

- Al incluir los sobrecostos de flexibilidad en los primeros dos escenarios, estos resultan ser los menos eficientes
- El caso (3) con la Co-Optimización tiene un mayor CAPEX de Gx, pero un menor OPEX, siendo ~9% más eficiente
- El almacenamiento permite ganar un 5% adicional, principalmente en la componente de OPEX y CAPEX Gx



Se han analizado dos tipos de “sobrecostos” al momento de determinar los escenarios futuros de generación, dejando las siguientes lecciones

- Se ha verificado que al incluir costos de transmisión para determinar los escenarios de generación, el desarrollo de la oferta no se concentra en zonas de mejor potencial, sino que se distribuye a lo largo del sistema
- Lo anterior permite posponer la necesidad de refuerzos importantes en transmisión, con una reducción de casi 7 veces en este costo (en valor presente)
- En el caso de los costos por flexibilidad y servicios complementarios, se verificó que al incorporar estos costos en el ejercicio de expansión, hay una menor expansión de las ERNC variables, requiriendo otras tecnologías que soportan la variabilidad, pero que son más caras
- La solución obtenida en conjunto es la más económica, permite integrar los recursos más baratos, con menor costo de transmisión y operación

- ¿Como llegamos a este equilibrio? ¿Qué instrumentos regulatorios permitirían que el mercado se acerque a este resultado? Los ejercicios anteriormente presentados son resultado de una planificación centralizada, que imita un mercado “perfecto”
- Si producto del estampillado la señal de localización de transmisión se perdió ¿es valida la Co-optimización con transmisión para proyectar la oferta?
- Al menos en los SSCC es claro que existe un riesgo de sobrecostos. En este contexto, el rol del almacenamiento es clave:
  - Puede proveer los servicios necesarios para soportar las ERNC de manera costo eficiente
  - La interacción con el desarrollo de la transmisión también tiene valor, posponiendo inversiones
  - No obstante, es preciso que la regulación reconozca los múltiples aportes del almacenamiento, tal como se ha hecho desde el el punto de vista de la modelación del problema de planificación centralizado





Av. Américo Vespucio Norte 2700/404  
Vitacura  
+56 22 9444636

[www.spec.cl](http://www.spec.cl)  
[www.ameba.cloud](http://www.ameba.cloud)  
[info@spec.cl](mailto:info@spec.cl)



República 695  
Santiago Centro  
+56 2 2689 4429

[www.isci.cl](http://www.isci.cl)