



Análisis de riesgos en la planificación de la transmisión del sistema eléctrico chileno

27 marzo 2017

Deninson Fuentes del Campo

Tabla de contenidos

- **Planificación de la Transmisión en Chile.**
- **Inclusión de la incertidumbre en la planificación de la transmisión con la antigua ley.**
- **Aproximación metodológica para incorporar los elementos de riesgo de la nueva ley de transmisión**

Tabla de contenidos

- **Planificación de la Transmisión en Chile.**
- Inclusión de la incertidumbre en la planificación de la transmisión con la antigua ley.
- Aproximación metodológica para incorporar los elementos de riesgo de la nueva ley de transmisión

Planificación de la Transmisión en Chile.

Ley 19.940

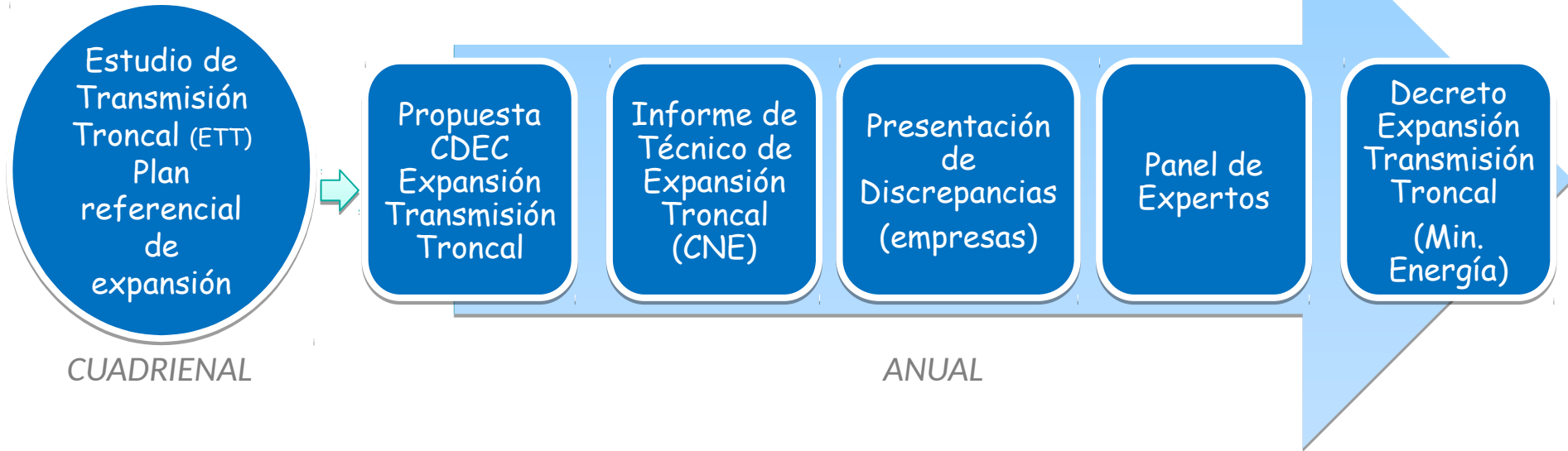
- 3 segmentos de transmisión (troncal (STT)-subtransmisión (STx)-Adicional)
- La subtransmisión y los sistemas adicionales no tienen un tratamiento centralizado de planificación de la expansión
- El STT es el único segmento con planificación centralizada (CDEC-CNE).

Ley 20.936

- 5 segmentos de transmisión (nacional-zonal-dedicado-para polos de desarrollo-interconexiones internacionales)
- La planificación de la expansión de la transmisión es sobre los segmentos **Nacional**, **zonal**, para **polos** de desarrollo y **dedicada** utilizadas por concesionarias de S.P. de distribución para el suministro de usuarios sometidos a regulación de precios, o necesarias para entregar dicho suministro.
- Proceso participativo: Coordinador-CNE-Empresas Interesadas.

Planificación de la Transmisión en Chile.

Ley 19.940



Planificación de la Transmisión en Chile.

Ley 20.936

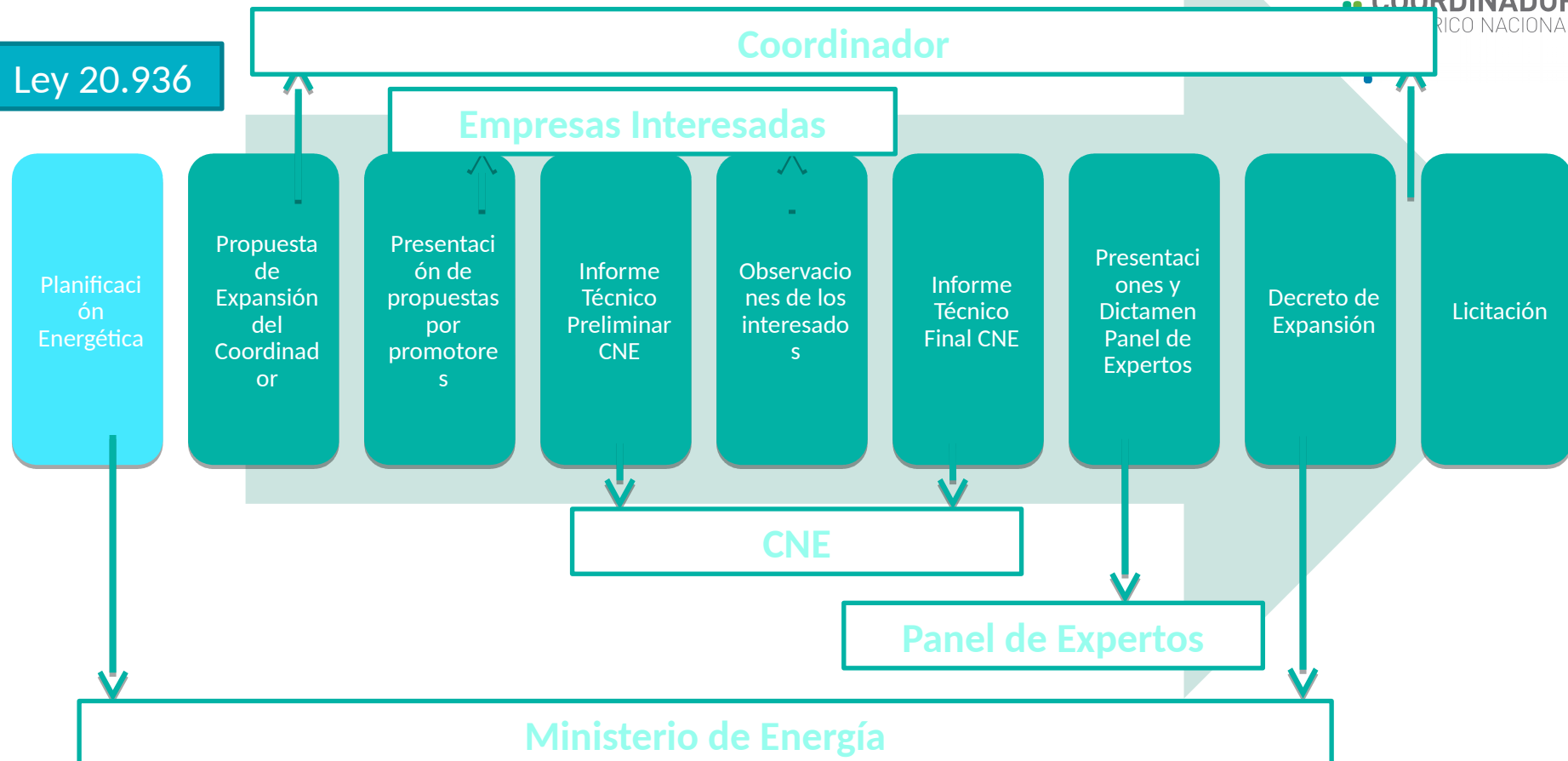
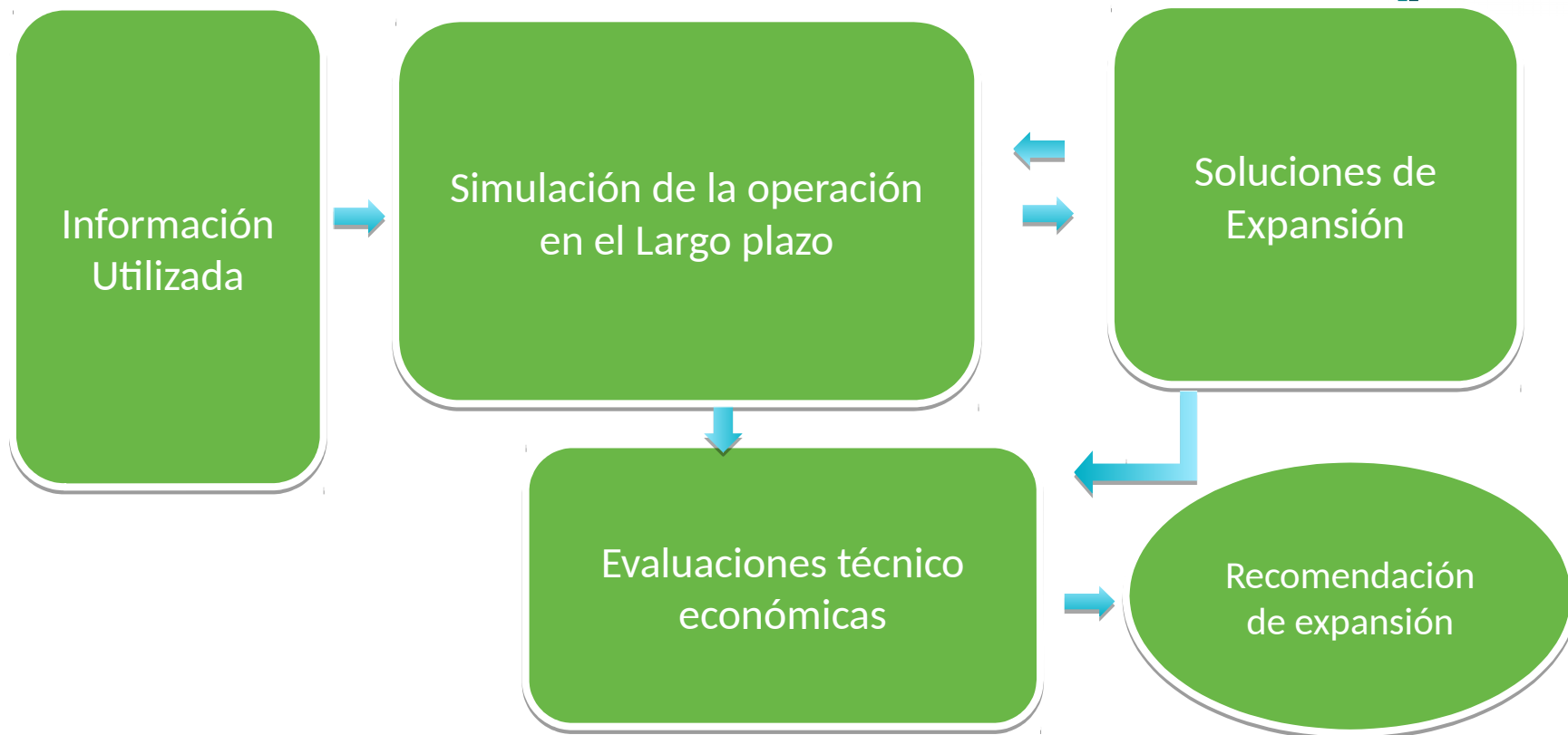


Tabla de contenidos

- Planificación de la Transmisión en Chile.
- **Inclusión de la incertidumbre en la planificación de la transmisión con la antigua ley.**
- Aproximación metodológica para incorporar los elementos de riesgo de la nueva ley de transmisión

Inclusión de la incertidumbre en la planificación de la transmisión con la antigua ley.

Metodología utilizada



Inclusión de la incertidumbre en la planificación de la transmisión con la antigua ley.

Aleatoriedad

Información
Utilizada



55 series

Aleatoriedad
hidrológica

Aleatoriedad
eólica

3 ventosidades

Aleatoriedad
precios/disponibilidad
de combustibles

Aleatoriedad evolución
de los consumos

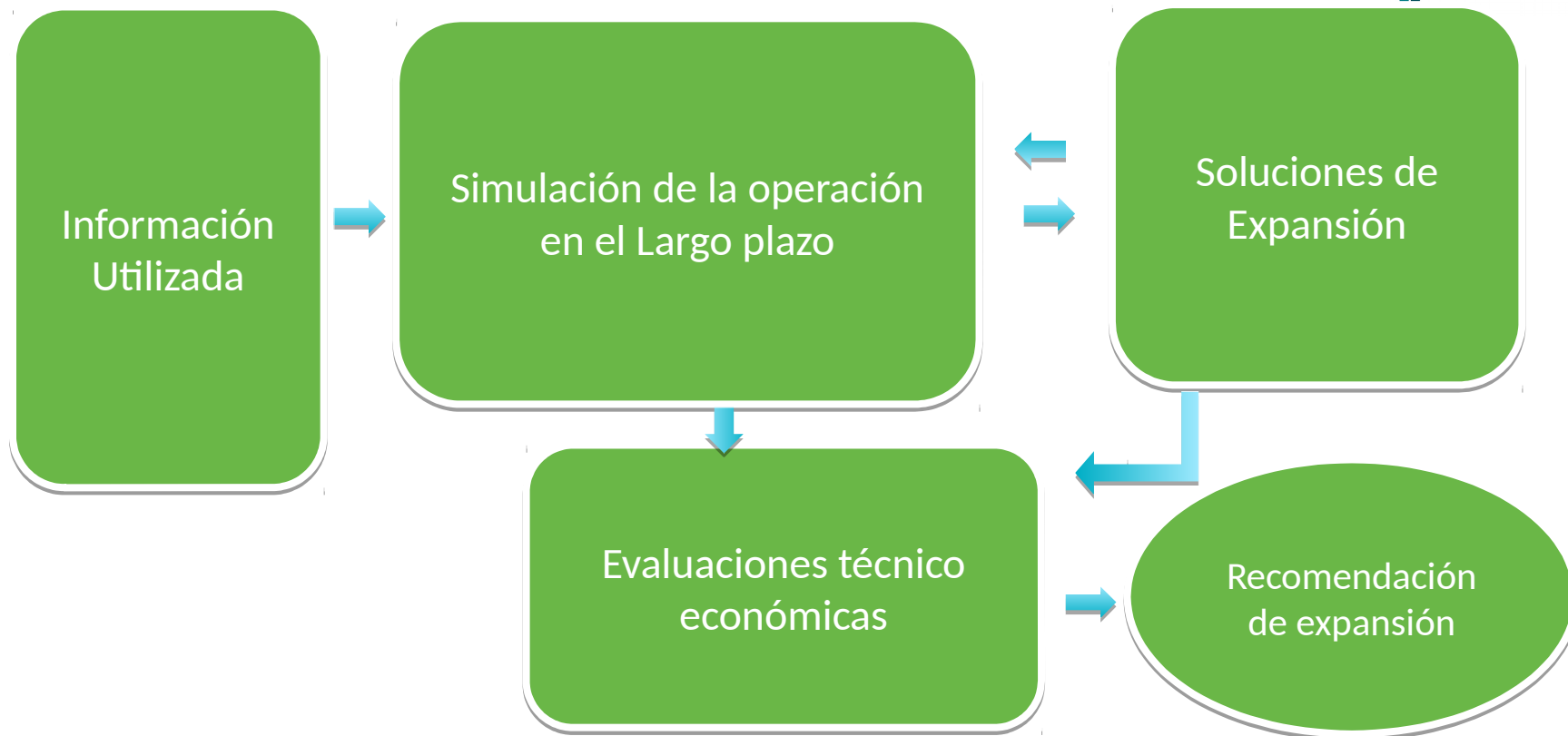
1000 series (se elige 1)

Generación de
escenarios

Plan de obras de
Generación

Inclusión de la incertidumbre en la planificación de la transmisión con la antigua ley.

Metodología utilizada



Inclusión de la incertidumbre en la planificación de la transmisión con la antigua ley.

Metodología utilizada



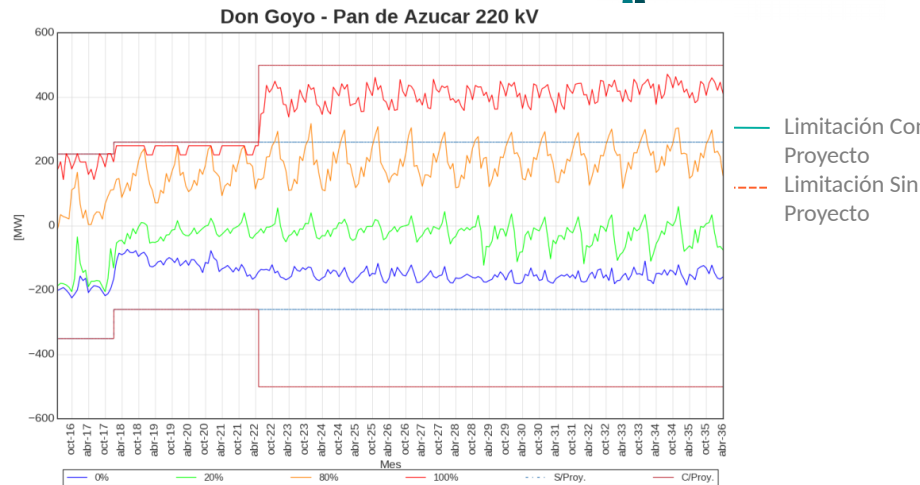
Simulación de la operación
en el Largo plazo

Inclusión de la incertidumbre en la planificación de la transmisión con la antigua ley.

Metodología utilizada

Flujos proyectados

- Simulan diversas condiciones de disponibilidad de recursos de generación por bloque de simulación (55 series de simulación).
- Para cada bloque existen diversos flujos esperados y se grafican según percentiles.



Abr-15 - Abr-22

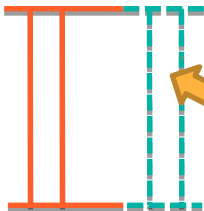
Pan de Azúcar 220 kV



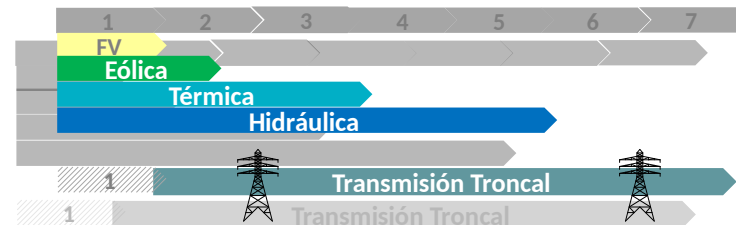
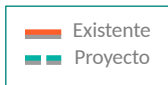
Don Goyo 220 kV

May-22

Pan de Azúcar 220 kV



Don Goyo 220 kV



Inclusión de la incertidumbre en la planificación de la transmisión con la antigua ley.

Metodología utilizada

TRANSFORMACIÓN CUMBRES 500 / 220 kV				
ESCENARIO	2019	2022	2025	2028
Licitaciones	0%	25%	24%	29%

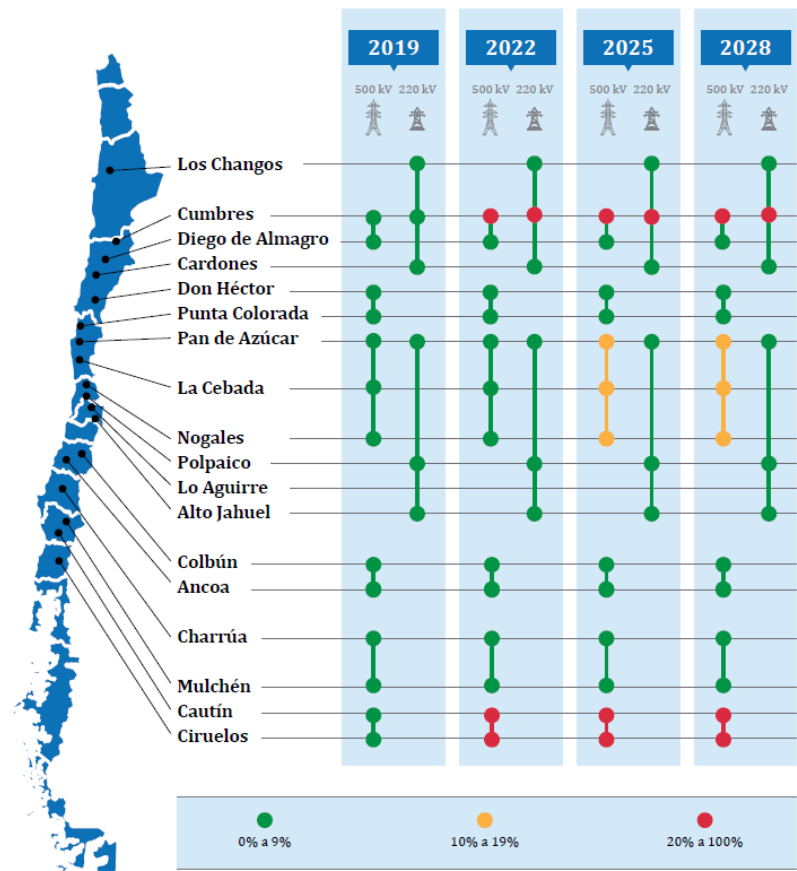
LA CEBADA - PAN DE AZÚCAR 220 kV				
ESCENARIO	2019	2022	2025	2028
Licitaciones	0%	9%	11%	11%

NOGALES - LA CEBADA 220 kV				
ESCENARIO	2019	2022	2025	2028
Licitaciones	0%	3%	11%	16%

ALTO JAHUEL - POLPAICO 500 kV				
ESCENARIO	2019	2022	2025	2028
Base	0%	1%	2%	4%
Centro Term	0%	1%	2%	3%

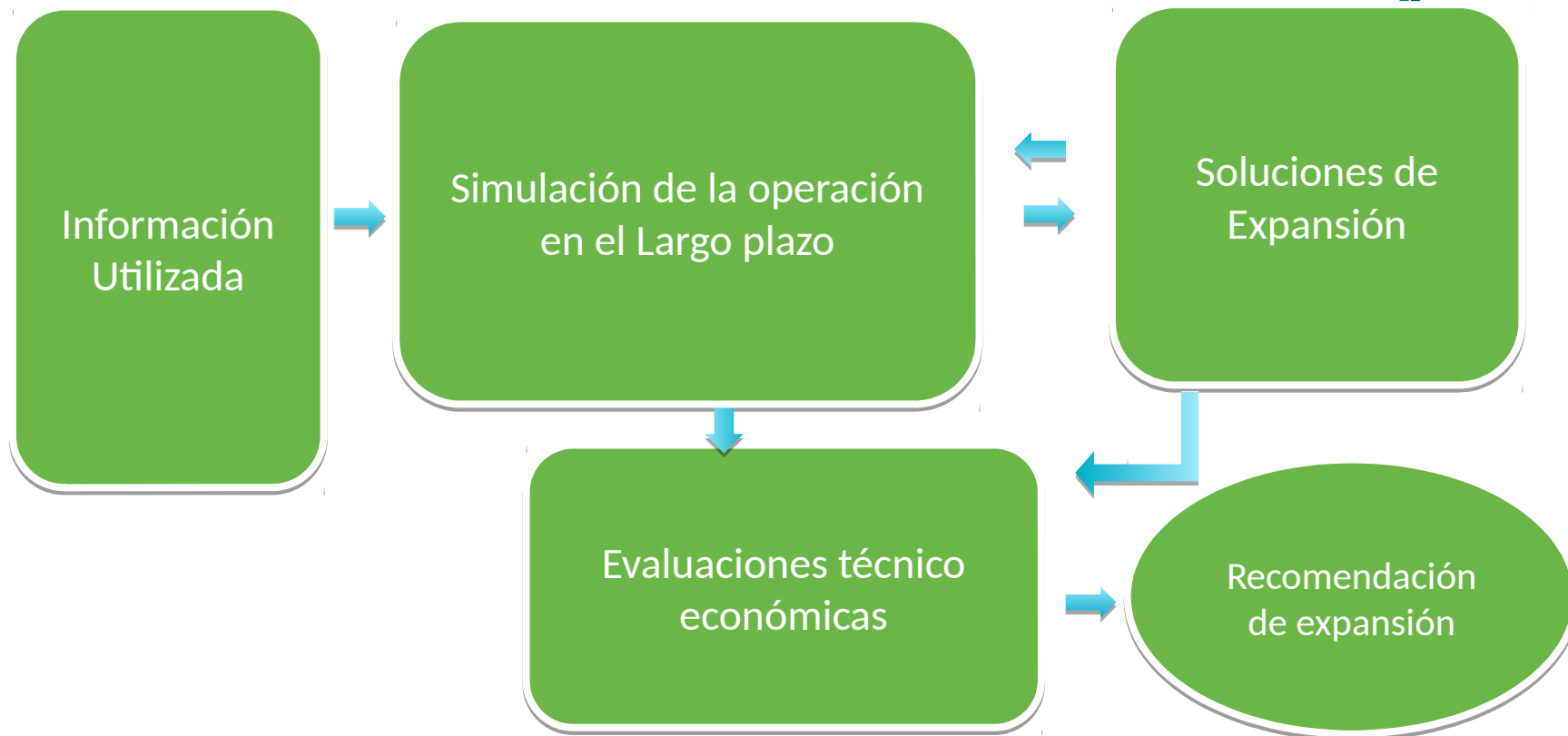
CIRUELOS - CAUTÍN 220 kV				
ESCENARIO	2019	2022	2025	2028
Licitaciones	2%	74%	72%	69%

MELIPULLI - CHILOÉ 220 kV				
ESCENARIO	2019	2022	2025	2028
Licitaciones	100%	100%	100%	100%



Inclusión de la incertidumbre en la planificación de la transmisión con la antigua ley.

Metodología utilizada



Inclusión de la incertidumbre en la planificación de la transmisión con la antigua ley.

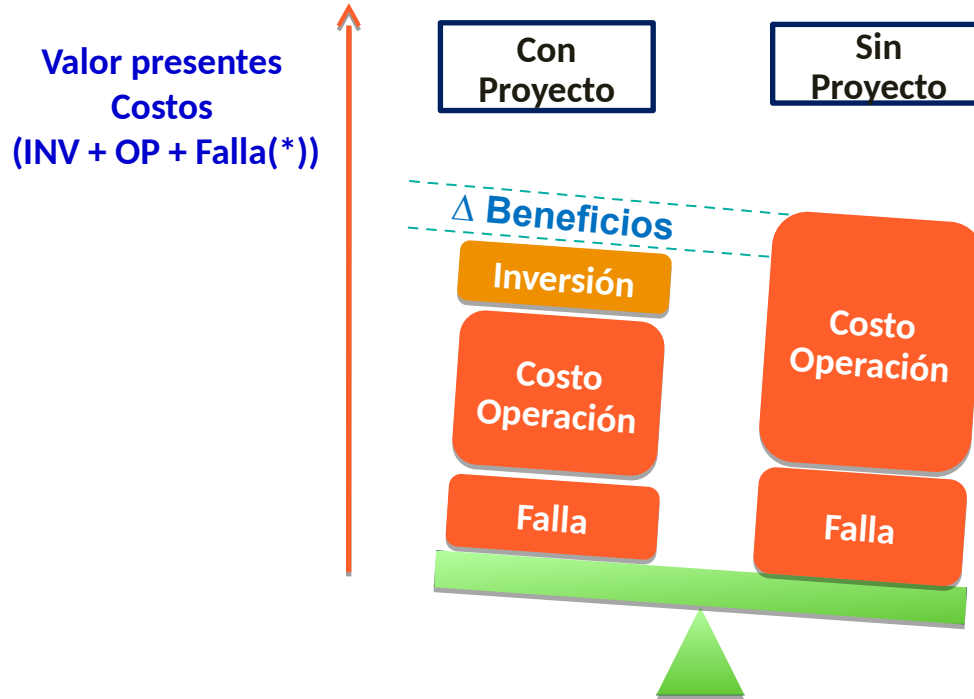
Metodología utilizada



Evaluaciones técnico
económicas

Inclusión de la incertidumbre en la planificación de la transmisión con la antigua ley.

Metodología utilizada

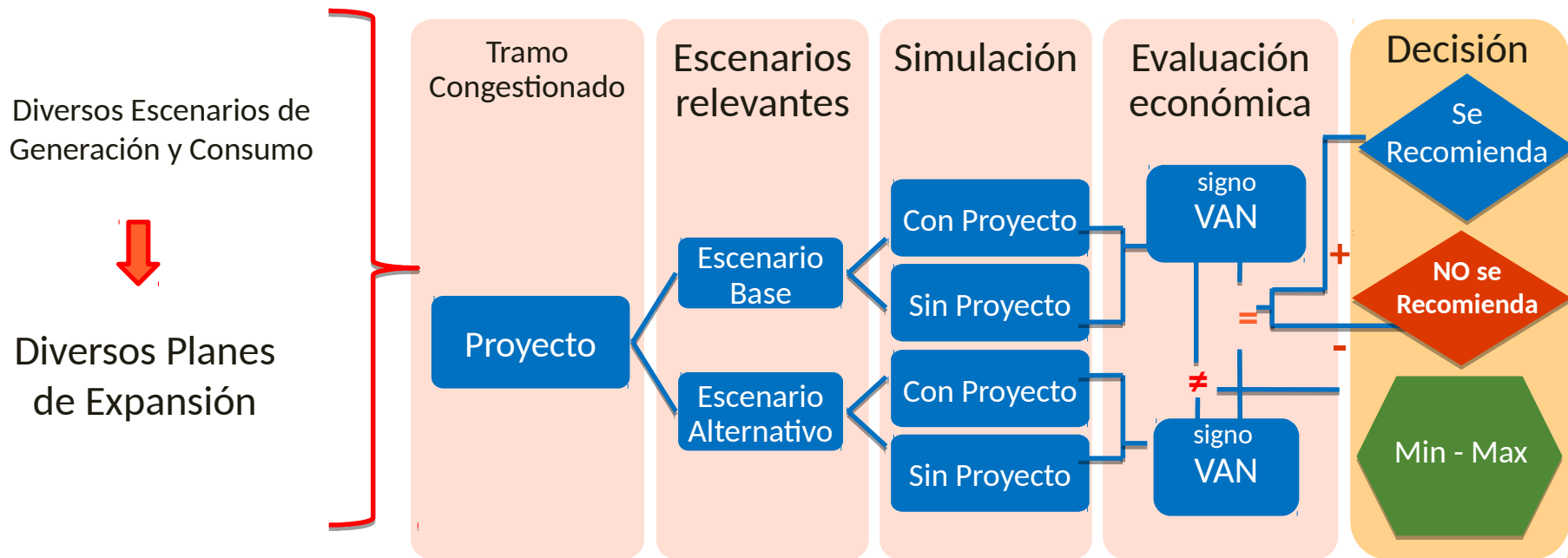


El plan de expansión troncal es el conjunto de proyectos que **minimiza** el valor presente **esperado** de la **inversión en transmisión, operación del sistema y falla** en un periodo temporal de 20 años.

(*) Costos de Falla: Costos energía no suministrada

Inclusión de la incertidumbre en la planificación de la transmisión con la antigua ley.

Metodología utilizada



Inclusión de la incertidumbre en la planificación de la transmisión con la antigua ley.

Metodología utilizada



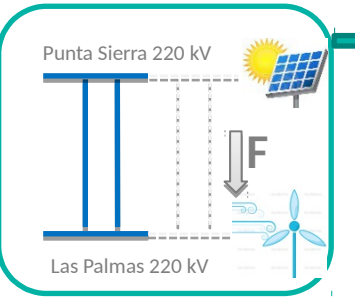
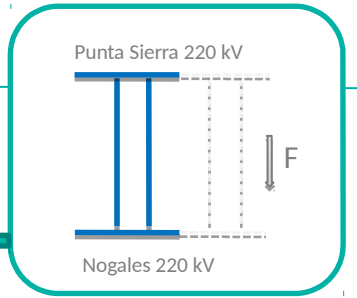
Alternativas Expansión STT / Escenarios Gx - Dx

Esc. Base

Esc. ERNC

Alt. 1
NO
Recomendar

Acertamos: No recomendamos y no se construyó generación

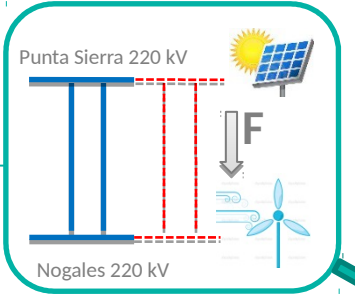
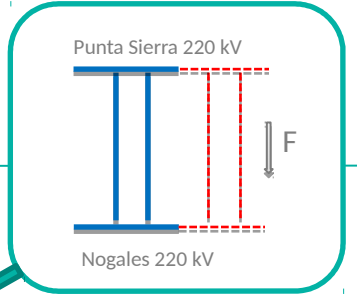


Fallamos: Llegaron las centrales y no hay líneas
Arrepentimiento = vertimiento de energía de bajo costo de operación

Alt. 2
Recomendar

Fallamos: se construye la línea y no la generación

Arrepentimiento = inversión en transmisión innecesaria



Se escoge la Alternativa que minimiza el Max Arrepentimiento

Acertamos: Se construyen las centrales y las líneas

Tabla de contenidos

- Planificación de la Transmisión en Chile.
- Inclusión de la incertidumbre en la planificación de la transmisión con la antigua ley.
- **Aproximación metodológica para incorporar los elementos de riesgo de la nueva ley de transmisión**

Aproximación metodológica para incorporar los elementos de riesgo de la nueva ley de transmisión

Art 87° de la Ley 20.936/2016

Deberá considerar los objetivos de **eficiencia económica, competencia, seguridad y diversificación** que establece la ley, por lo que los análisis deberán realizarse considerando:

- La minimización de los **riesgos** en el abastecimiento, considerando eventualidades, tales como aumento de costos o indisponibilidad de combustibles, atraso o indisponibilidad de infraestructura energética, **desastres naturales** o **condiciones hidrológicas extremas**;
- La creación de condiciones que **promuevan la oferta y faciliten la competencia**, propendiendo al mercado eléctrico común para el abastecimiento de la demanda a **mínimo costo** con el fin último de abastecer los suministros a **mínimo precio**;
- Instalaciones que resulten **económicamente eficientes** y **necesarias** para el desarrollo del sistema eléctrico, en los distintos escenarios energéticos que defina el Ministerio.
- La posible modificación de instalaciones de transmisión existentes que permitan realizar las expansiones necesarias del sistema de una manera eficiente.

Dicho proceso deberá contemplar las **holguras y redundancias** necesarias para incorporar los criterios anteriores.

Adicionalmente, la ley establece que para efectos de la planificación de la transmisión, se deberá considerar como tasa de actualización la **tasa social de descuento** establecida por el Ministerio de Desarrollo Social para la evaluación de proyectos de inversión.

El **reglamento** establecerá los criterios y aspectos metodológicos a ser considerados en la determinación de las holguras o redundancias de capacidad de transporte

Aproximación metodológica para incorporar los elementos de riesgo de la nueva ley de transmisión

- En octubre de 2016 los CDEC emitieron sus últimas recomendaciones con antigua ley.
- A mediados de enero de 2017 el Coordinador Eléctrico Nacional debía emitir su primera propuesta de expansión con la nueva ley.
- El reglamento se encuentra en desarrollo por parte de la autoridad.
- El Coordinador decidió comenzar a estudiar de forma exploratoria criterios y metodologías, los cuales profundizará durante 2017 y espera sirvan de insumo al trabajo reglamentario.

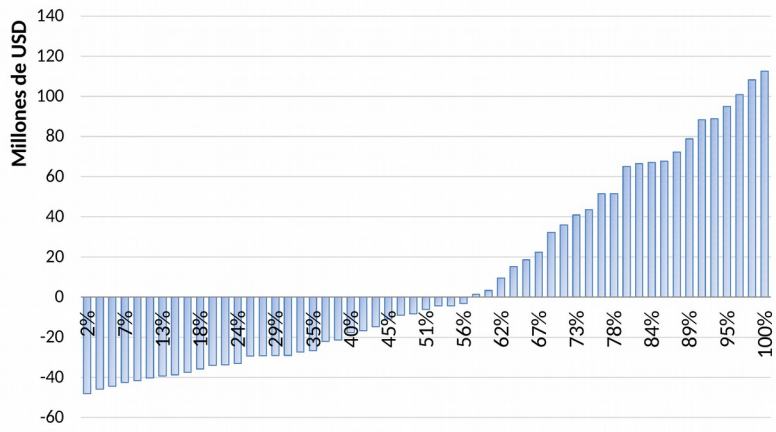


Aproximación metodológica para incorporar los elementos de riesgo de la nueva ley de transmisión

Estudio de la
Volatilidad del
VAN
(Riesgo de la
decisión basada
en el valor
esperado)

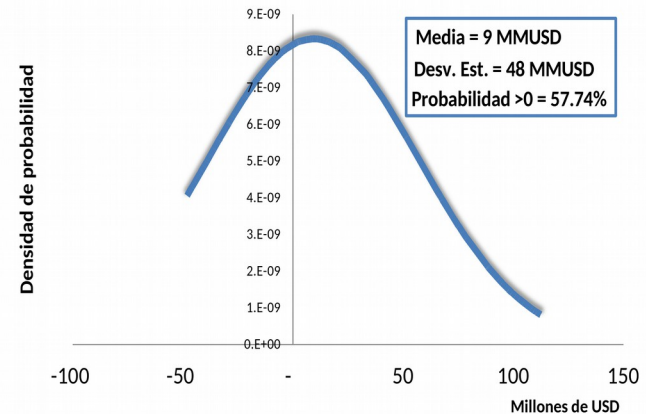
- Para cada evaluación económica se resuelven “N” simulaciones de operación posibles, lo cual implica “N” VAN distintos.
- Se decide en base a la media, pero ¿qué sucede con la dispersión de los datos?

VAN por simulación



Test de bondad de ajuste
Chi cuadrado de Pearson

Distribución Normal VAN



Aproximación metodológica para incorporar los elementos de riesgo de la nueva ley de transmisión

Estudio de la
Volatilidad del
VAN
(Riesgo de la
decisión basada
en el valor
esperado)

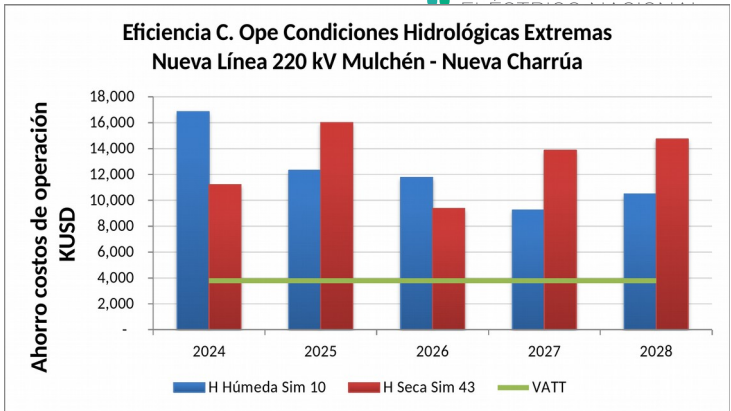
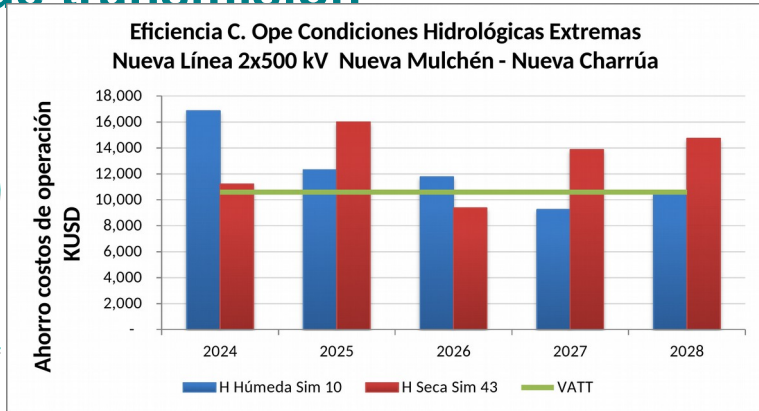
- En necesario evaluar en cada caso el ajuste a diversas distribuciones de probabilidad (relevancia de momento de tercer orden)
- Herramienta útil para reforzar una decisión por valor medio
- Definición de criterios a partir de estadígrafos representativos del riesgo
- Decisiones por minmax pueden obtener ponderadores a partir de estos criterios

	Alternativa 1. Cautín - Mulchén - Charrúa		Alternativa 2. Tramo Mulchén - Charrúa	
	500 kV	220 kV	500 kV	220 kV
Eval. Eficiencia Cop y Falla	-142 MMUSD	12 MMUSD	-8 MMUSD	58 MMUSD
Probabilidad de VAN > 0	0%	62%	42%	93%
Condiciones Extremas compensan VATT	NO	Parcialmente	SI	SI

Aproximación metodológica para incorporar los elementos de riesgo de la nueva ley de transmisión



Análisis de simulaciones representativas de condiciones hidrológicas extremas



	Alternativa 1. Cautín - Mulchén - Charrúa		Alternativa 2. Tramo Mulchén - Charrúa	
	500 kV	220 kV	500 kV	220 kV
Eval. Eficiencia Cop y Falla	-142 MMUSD	12 MMUSD	-8 MMUSD	58 MMUSD
Probabilidad de VAN > 0	0%	62%	42%	93%
Condiciones Extremas compensan VATT	NO	Parcialmente	SI	SI

Estos elementos podrían ayudar a establecer un criterio para la magnitud de las holguras del sistema de transmisión

Aproximación metodológica para incorporar los elementos de riesgo de la nueva ley de

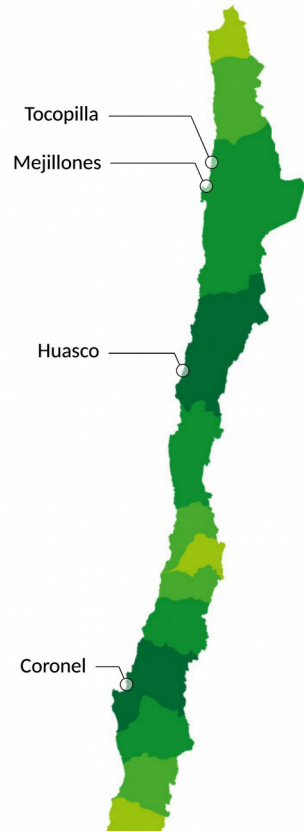
Metodología preliminar para incluir los efectos de desastres naturales

Chile: país caracterizado por desastres naturales y fenómenos climáticos

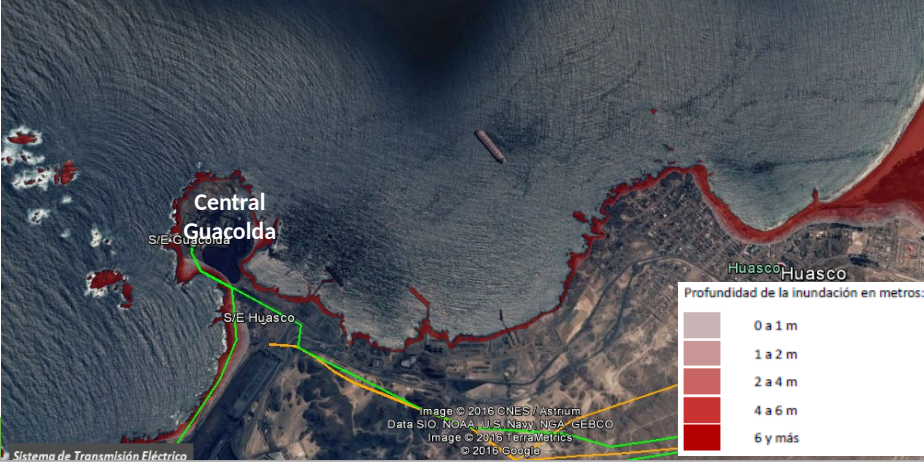
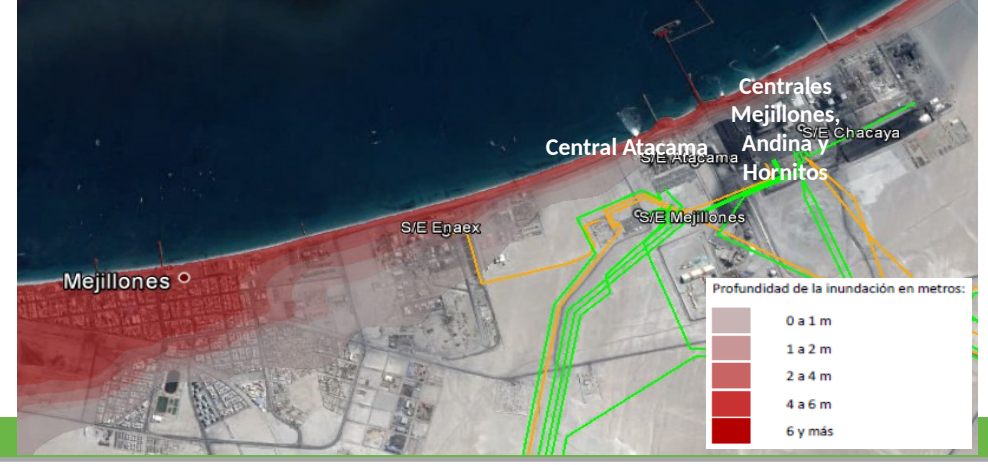
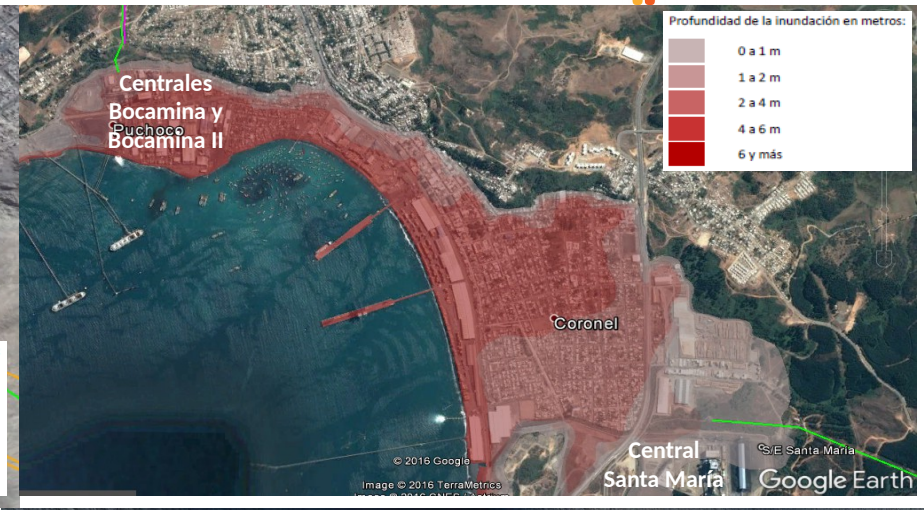
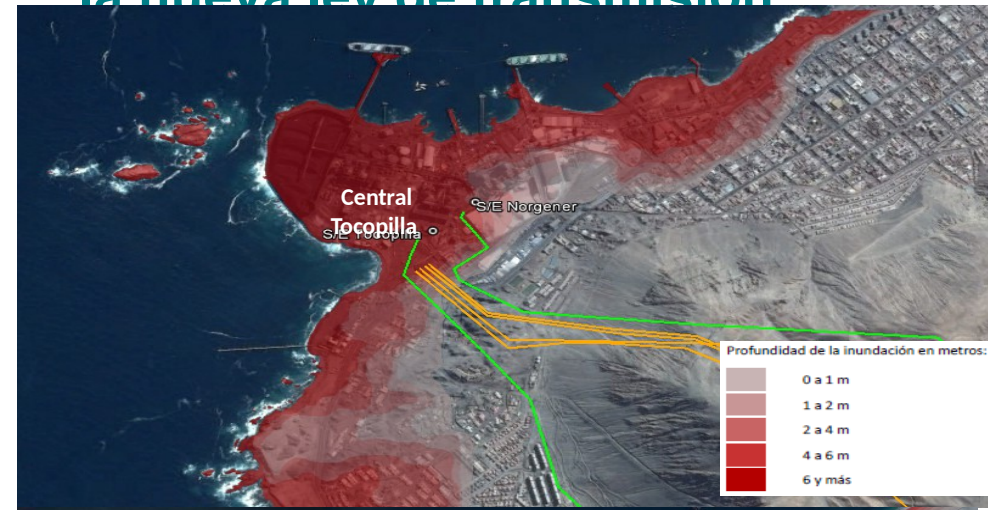
- Terremotos
- Tsunamis
- Erupciones volcánicas
- Incendios
- Aluviones
- Etc.

De forma exploratoria, se analiza los eventos sísmicos que pudieran causar inundaciones en la costa nacional con presencia de generación eléctrica.

Zona	Región	Centrales	Capacidad bruta [MW]		
			Carbón	Gas Natural	Diésel
Tocopilla	II	Tocopilla	714	397	41
		Norgener			
Mejillones	II	Chacaya	688	1,036	0
		Atacama			
Huasco	III	Guacolda	758	0	0
Coronel	VIII	Bocamina	850	0	0
		Bocamina II			
		Santa María			



Aproximación metodológica para incorporar los elementos de riesgo de la nueva ley de transmisión

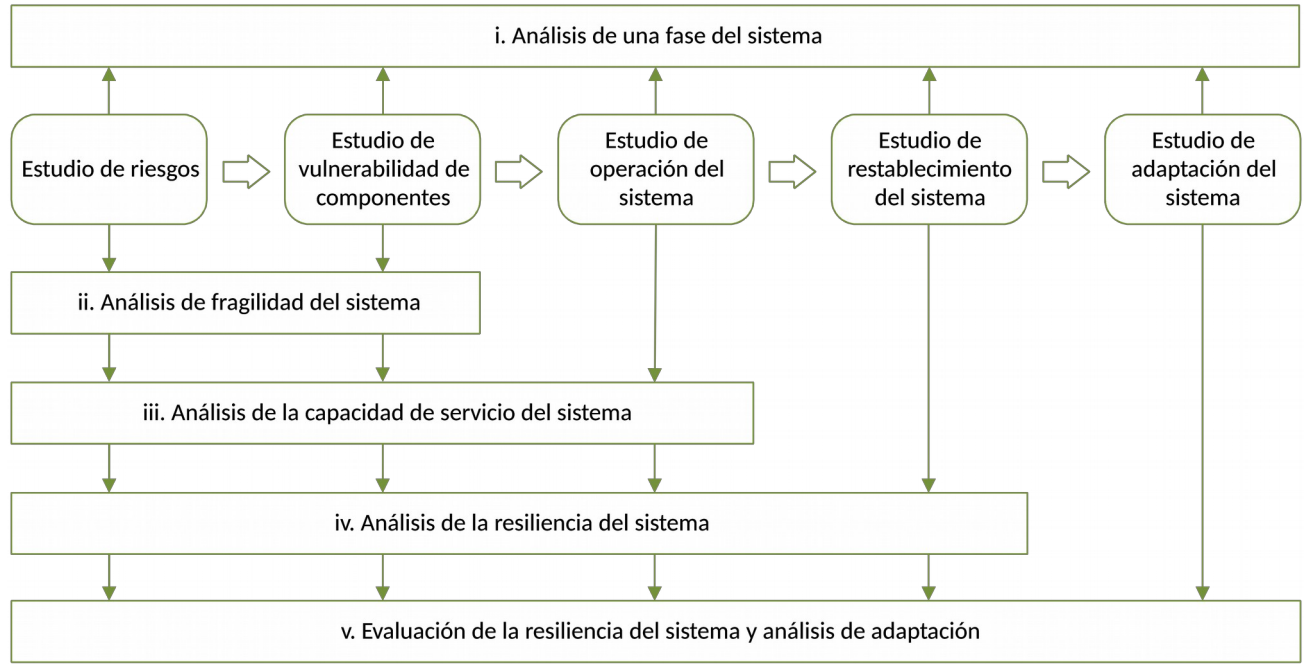


Aproximación metodológica para incorporar los elementos de riesgo de la nueva ley de transmisión

Metodología preliminar para incluir los efectos de desastres naturales

Eventos de prevención

Eventos de reacción



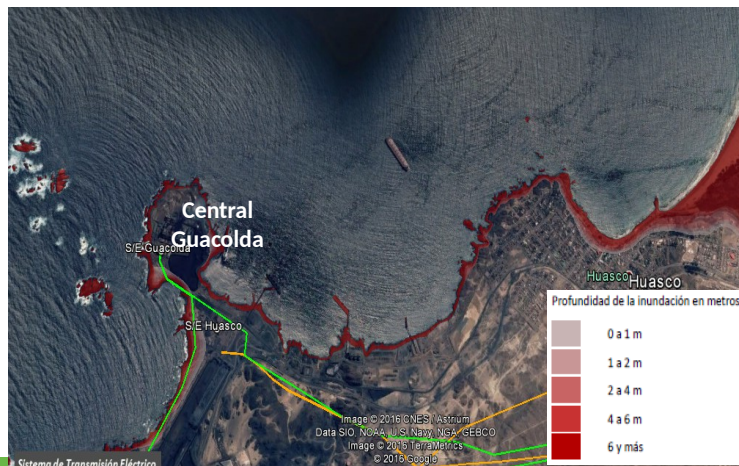
Aproximación metodológica para incorporar los elementos de riesgo de la nueva ley de transmisión

Metodología preliminar para incluir los efectos de desastres naturales

Ejemplo de aplicación: Huasco

Conclusión: Requerimientos de compensación de reactivos en sistema de 500 kV Nueva Cardones – Polpaico por sobretensiones.

Apoyo a recomendación por suficiencia de infraestructura para compensar excesos de reactivos del sistema



Gracias



Análisis de riesgos en la planificación de la transmisión del sistema eléctrico chileno

27 marzo 2017

Deninson Fuentes del Campo

Anexo

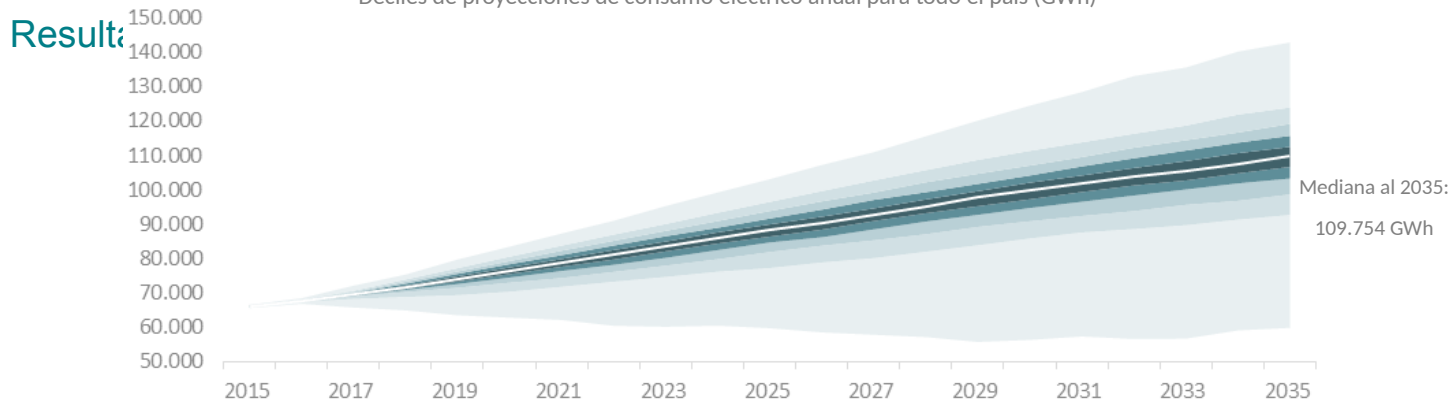
Demanda proyectada para el Sistema Interconectado Nacional (SIC+SING)

Procedimiento de proyección:

A partir de la proyección de regresores (crecimiento económico, población y precios) y las elasticidades estimadas, se proyecta la demanda.

Se ajustan a la baja las elasticidades consumo-producto de acuerdo a las curvas del modelo panel.

Con lo anterior se obtiene 1.000 simulaciones de evolución de la demanda.



Planificación de la Transmisión en Chile.

Marco Regulatorio

Alumbrado eléctrico en Plaza de Armas

1883

Tranvías eléctricos en Santiago

1900

Se electrifica tren Santiago-Valparaíso

1925

DFL N°2 Privatización del sector

1982

Ley N°20.018 Licitaciones y renovables

2005

Ley N°20.257 20/20

2008

Ley N°20.698 20/25

2013

Desarrollo Privado

Intensa Participación del Estado

Descentralización y privatización del sector

1940

1980

2004

2007

2016

Primera central Hidroeléctrica

1897

Línea de 110 kV

1915

Ley N°19.940 Panel de Expertos y transmisión

DFL N°4 Ley refundida

Ley de Transmisión y Coordinador Nacional