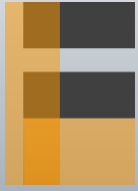


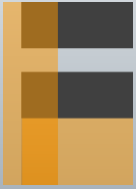
Tendencias en Sistemas de Potencia: Impactos en modelación y simulación

Necesidades de Interconexión y
Particularidades de Operación



Contenido

- Tendencias: Energías Renovables e Interconexiones
- Particularidades de los sistemas de potencia
 - Reseña internacional
 - Visión nacional
- Alternativas y tendencias: ERNC en CP e “Interleave”
- Conclusiones y sugerencias



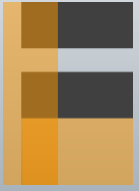
Contenido: Contexto Internacional



Tendencias: Energías Renovables e Interconexiones

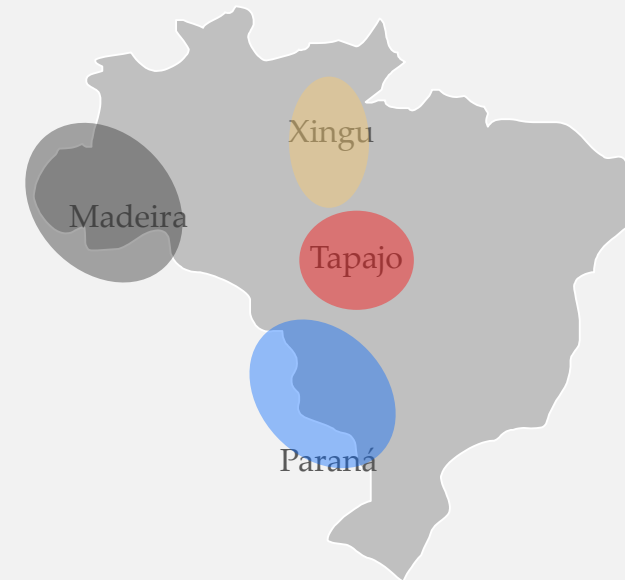
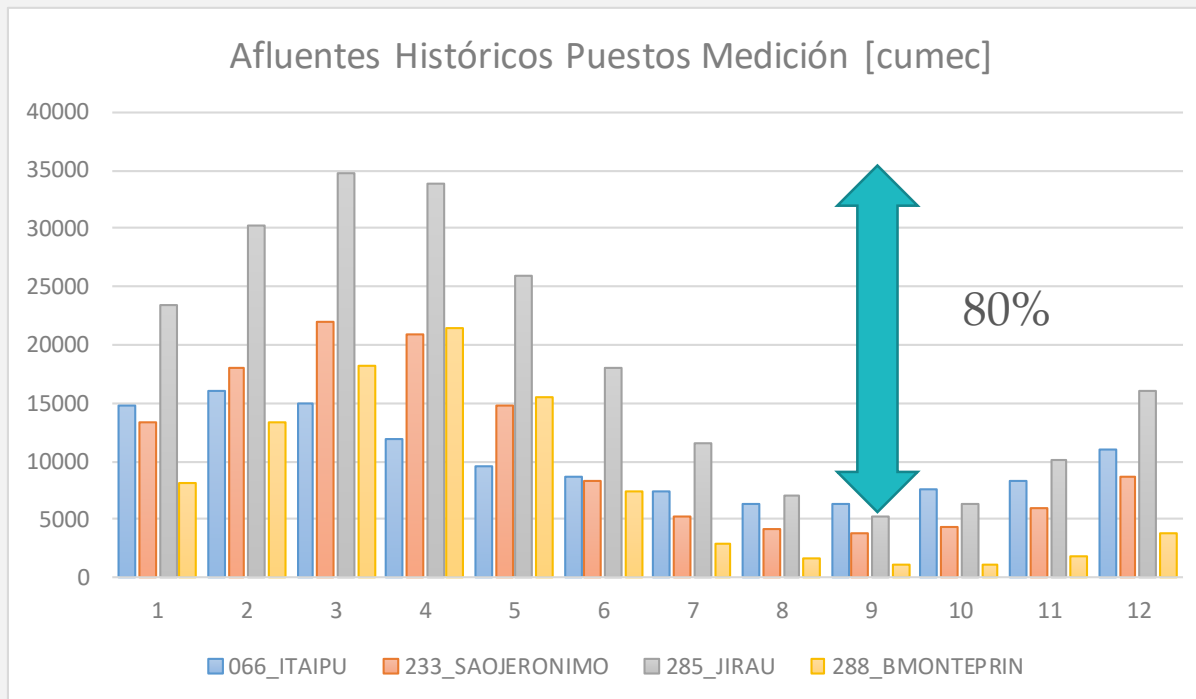
Brasil, Colombia, Argentina, Chile





Tendencias: Energías Renovables e Interconexiones

- Necesidad de Brasil (estacionalidad nuevas centrales, necesidad de complementariedad hidro)

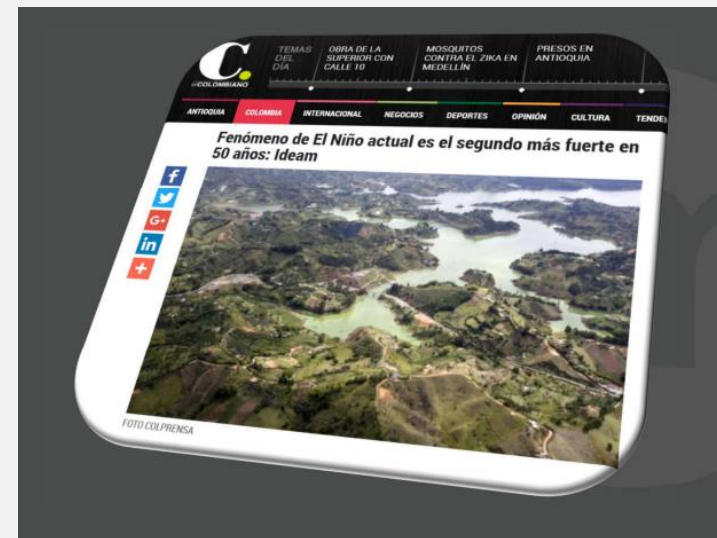
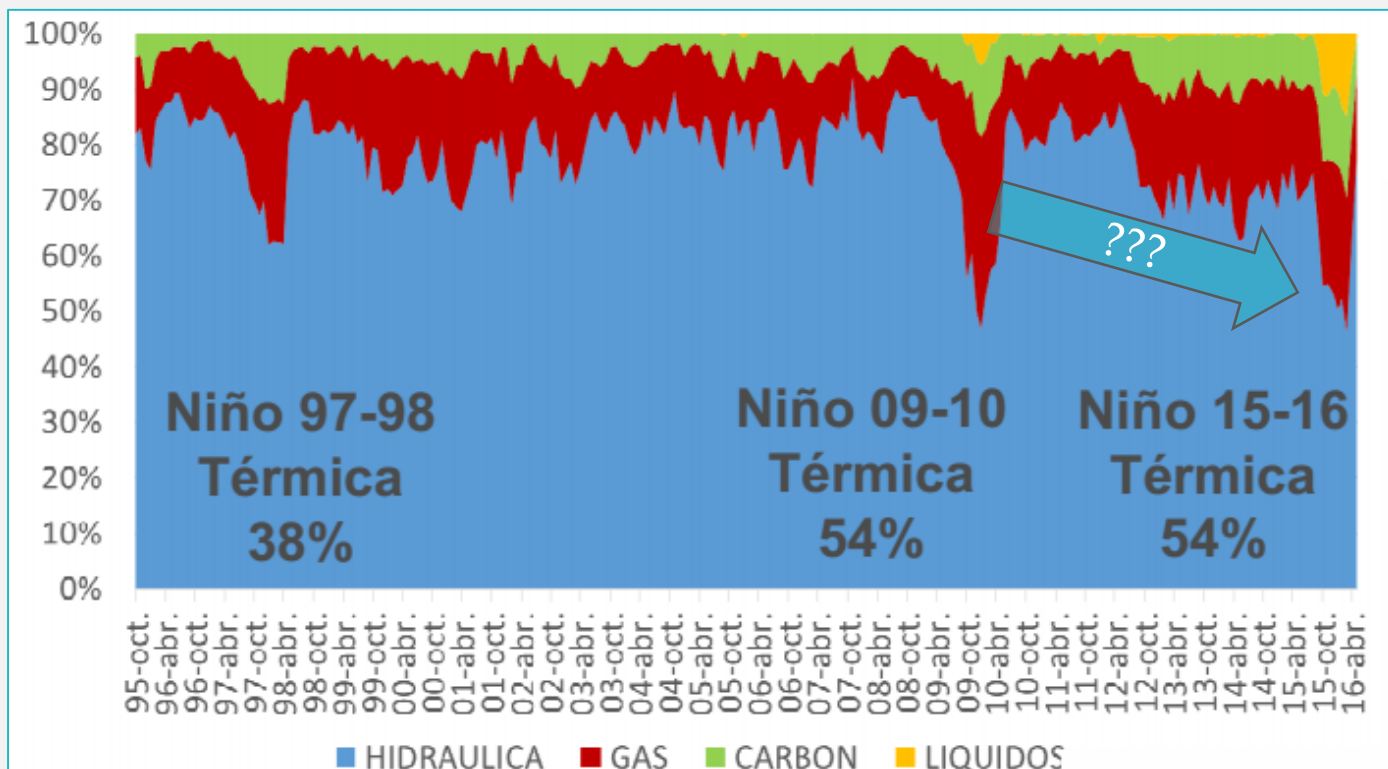


Fuente: Propia, basada en PDE2024

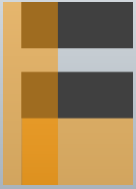


Tendencias: Energías Renovables e Interconexiones

- Colombia: Decaimiento de las hidrologías

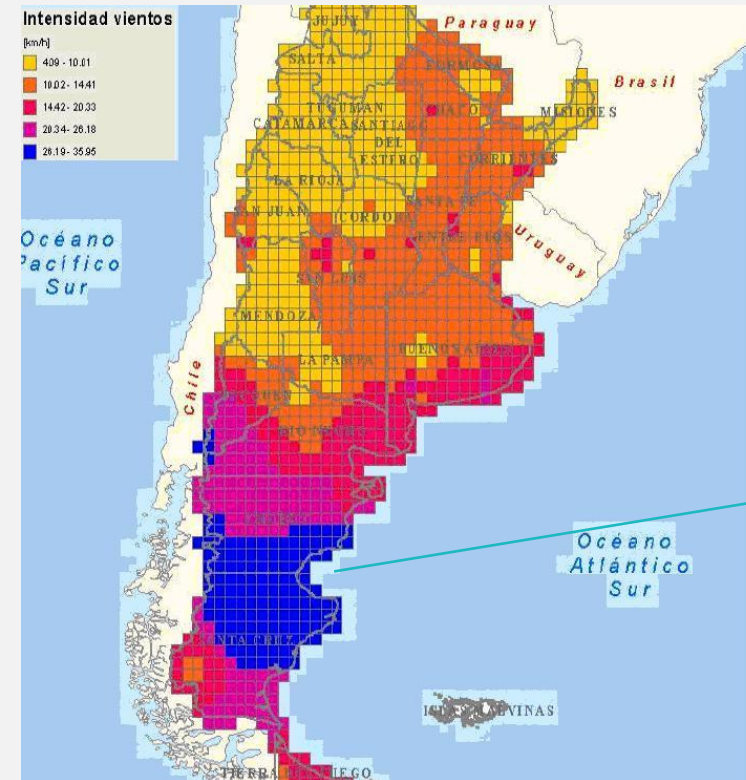
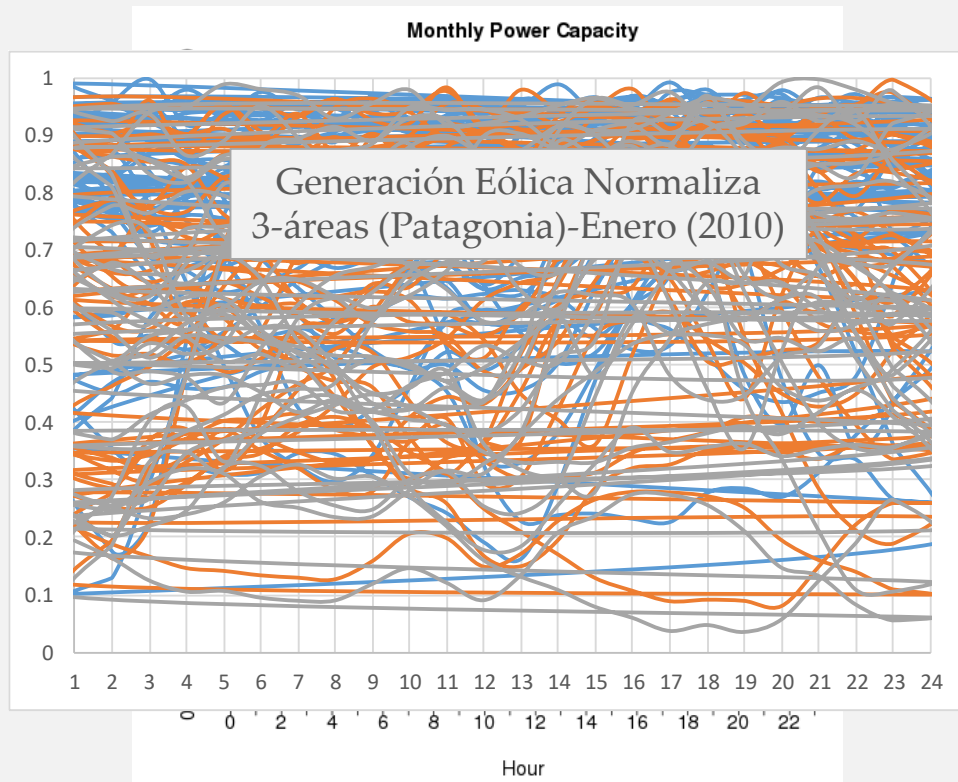


Fuente: XM- "Mudanças climáticas e os principais riscos e desafios da região para manter os níveis adequados de confiabilidade do suprimento", BRACIER 50 anos

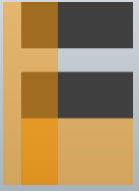


Tendencias: Energías Renovables e Interconexiones

- Potencial eólico en Argentina (Variabilidad de las muestras)

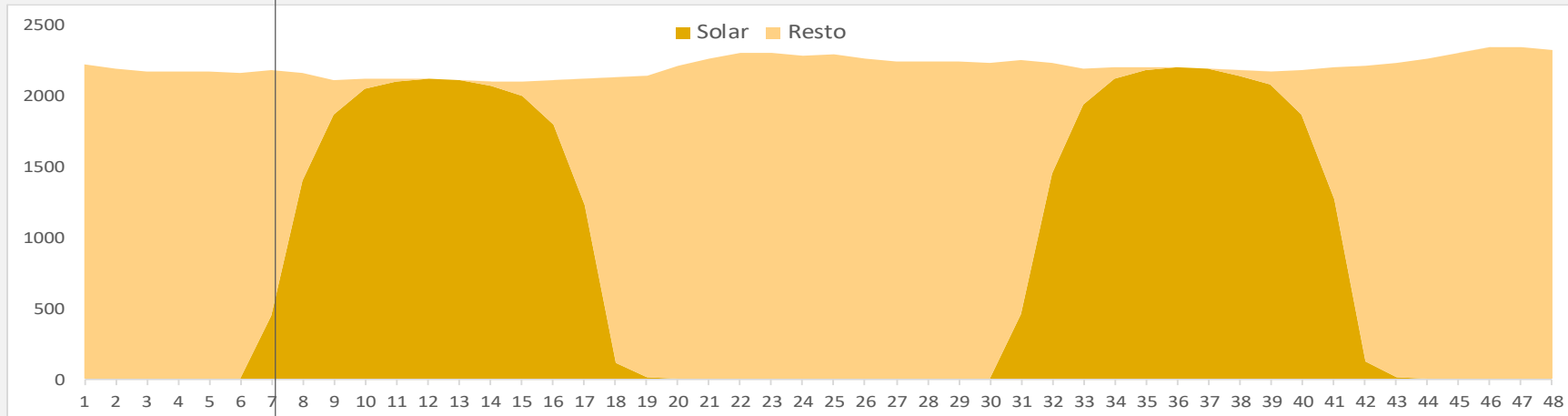


500 GW



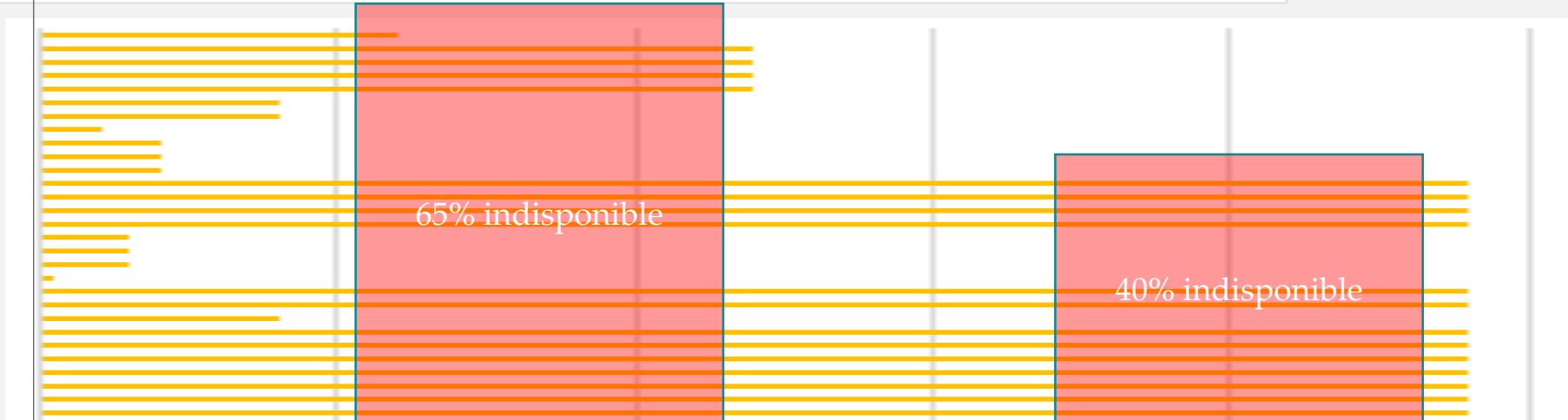
Tendencias: Energías Renovables e Interconexiones

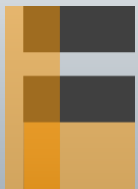
- Potencial solar Chile ¿con qué “llenamos” la noche?



¿Qué sucede si toda la demanda máxima del fin de semana hubiese sido abastecida por generación solar?

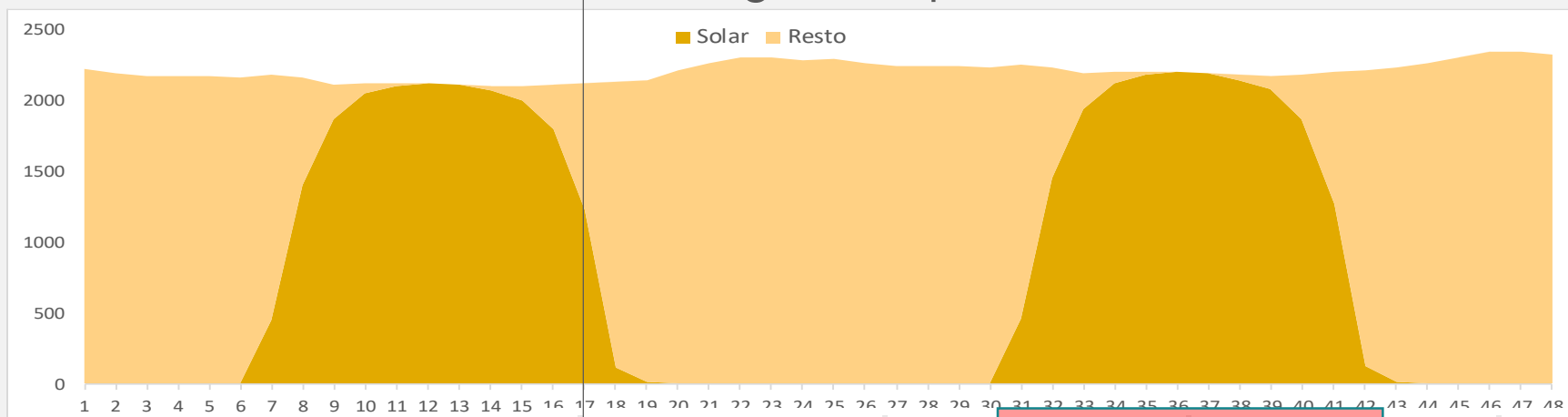
Tiempos mínimos de **detención:**
Generadores térmicos



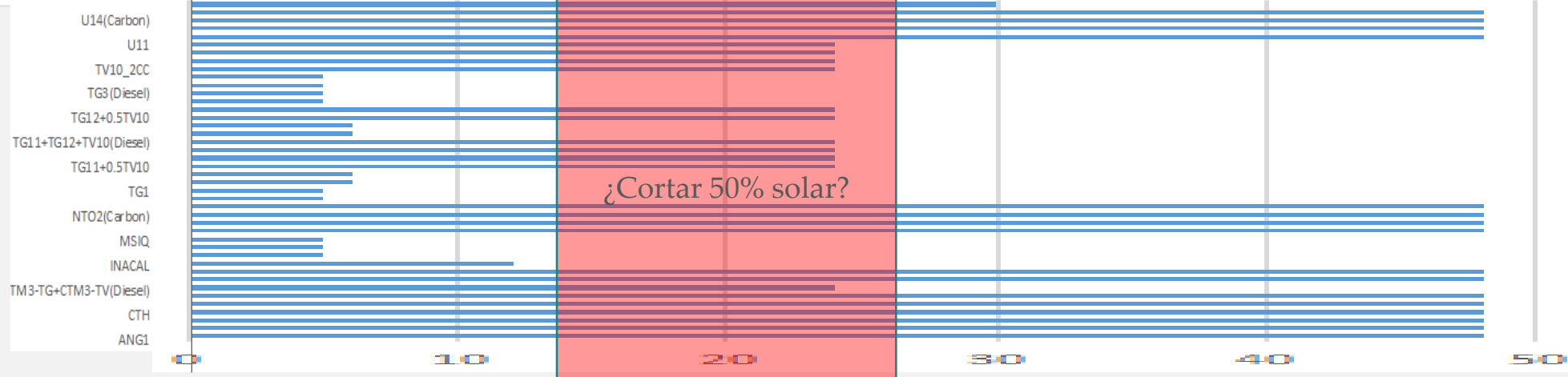


Tendencias: Energías Renovables e Interconexiones

- Potencial solar Chile ¿con qué “llenamos” la noche?



Tiempos mínimos de **operación:** Generadores térmicos



Particularidades de los sistemas de potencia ¿Qué hace que cada país sea particular?

Revisión Internacional: Australia -> Restricciones de transmisión, California -> Curvas "Pato", Brasil -> Recursos de Planeamiento, Nacional: SING y SIC



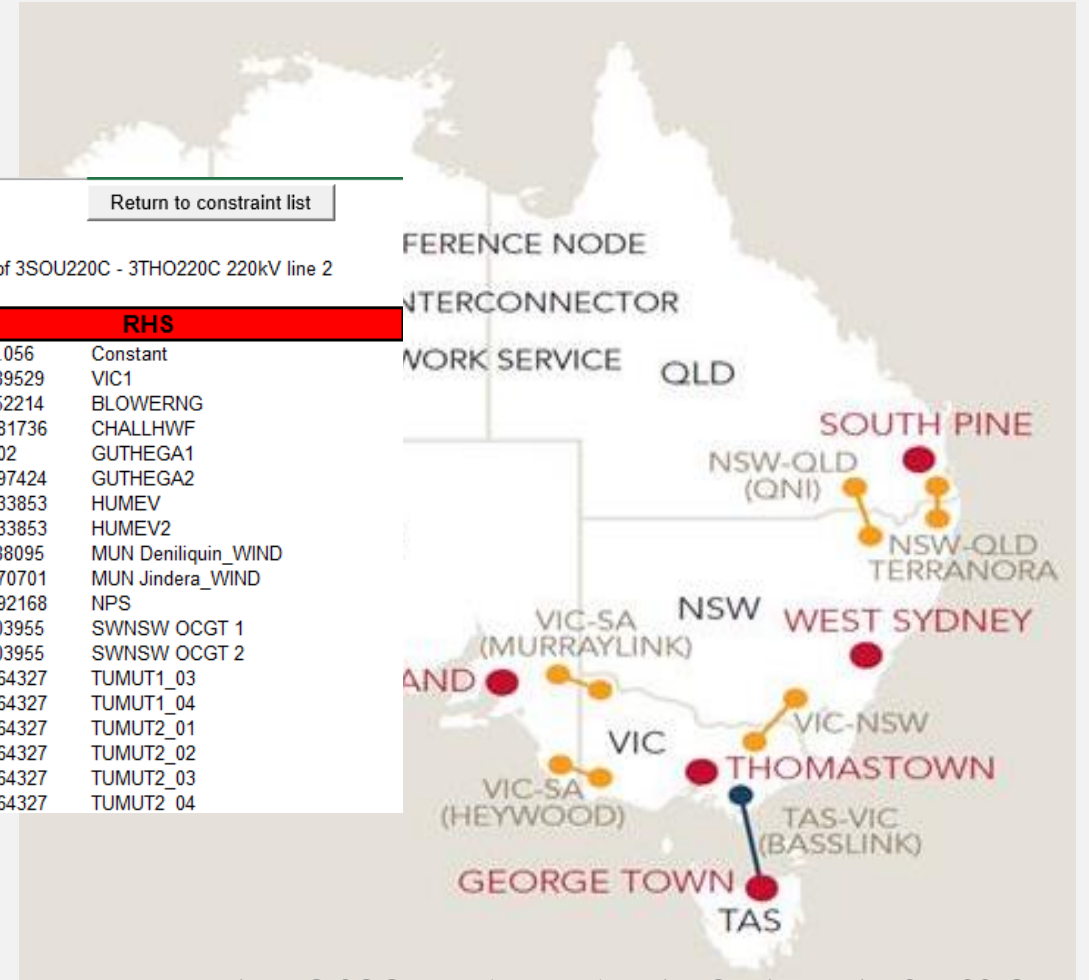


Particularidades de los sistemas de potencia

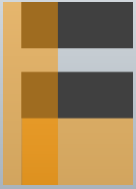
- Australia -> Restricciones de transmisión

- Modelación
- 1900 Restricciones diferentes
- Se agregan condiciones
- RHS condiciones

Constraint	Period	Description	Return to constraint list	
LHS			<=	RHS
V>>N_NIL_3S3T2_3S3T1_58	Summer_1718 to Summer_50	Out = Nil; avoid O/L 3SOU220A - 3THO220A 220kV line 1 for loss of 3SOU220C - 3THO220C 220kV line 2		
0.150	T-V-MNSP1		10575.056	Constant
-0.157	V-SA		0.114989529	VIC1
-0.226	V-S-MNSP1		0.001852214	BLOWERNG
-0.320	VIC1-NSW1		-0.173681736	CHALLHWF
0.631	AGLSOM01		-0.002	GUTHEGA1
0.631	AGLSOM02		-0.001897424	GUTHEGA2
0.631	AGLSOM03		-0.002533853	HUMEV
0.631	AGLSOM04		-0.002533853	HUMEV2
0.148	APS		0.006188095	MUN Deniliquin_WIND
0.150	Bald Hills p1		-0.000670701	MUN Jindera_WIND
0.150	BDL01		-0.038192168	NPS
0.150	BDL02		0.003003955	SWNSW OCGT 1
0.262613595	BOGONG1		0.003003955	SWNSW OCGT 2
0.262613595	BOGONG2		-0.000864327	TUMUT1_03
0.15675956	CS Mortlake_WIND		-0.000864327	TUMUT1_04
0.156760067	CS Shaw River_WIND		-0.000864327	TUMUT2_01
0.156760067	CS Tarrone_WIND		-0.000864327	TUMUT2_02
0.154756919	CVIC OCGT 1		-0.000864327	TUMUT2_03
0.154756919	CVIC OCGT 2		-0.000864327	TUMUT2_04

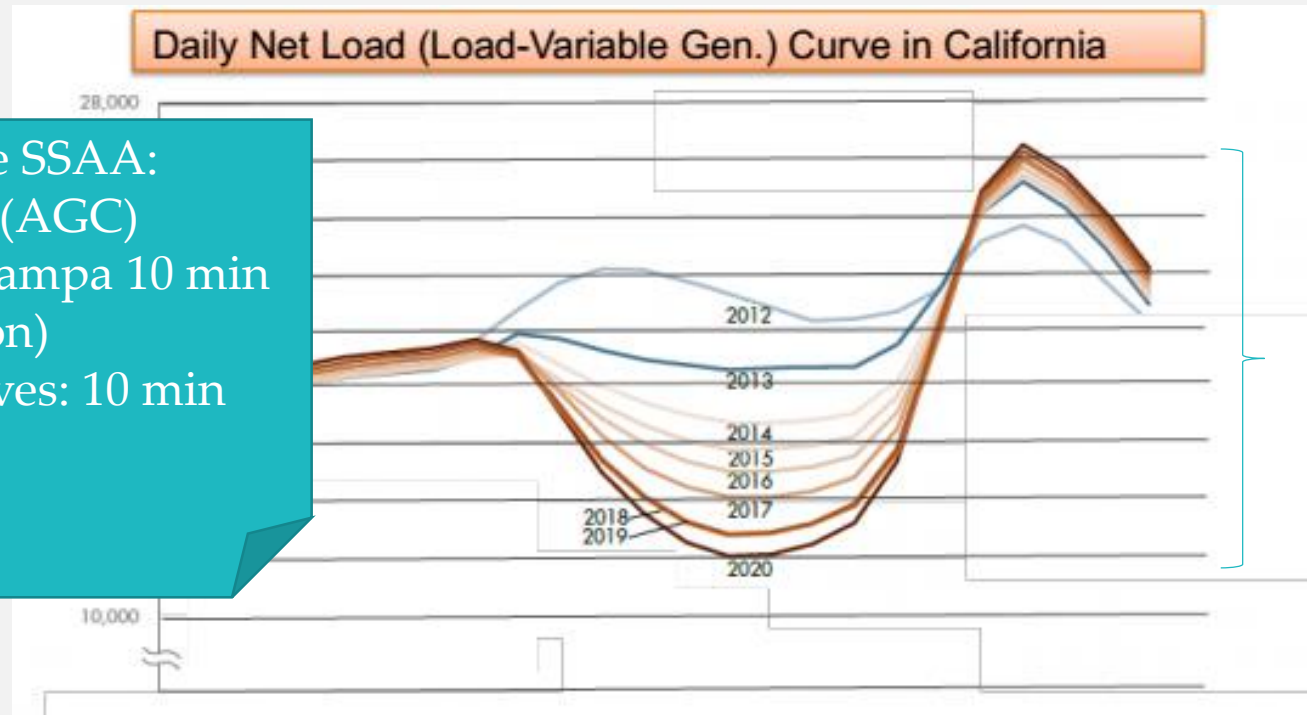


Fuente: AEMO SOO 2010 (imagen). NATIONAL TRANSMISSION NETWORK DEVELOPMENT PLAN (Ejemplo Restricción)



Particularidades de los sistemas de potencia

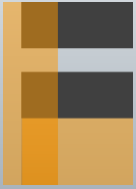
- California -> "Duck curves"



Requerimiento de SSAA:

- Regulation Reserves (AGC)
- Spinning Reserves (rampa 10 min y 2 horas en operación)
- Non-Spinning Reserves: 10 min detenida

Requerimiento rampa:
-25 MW/min (2012)
-83 MW/min (2020)



Particularidades de los sistemas de potencia

- Brasil -> Recursos de Planeamiento
 - El corto plazo acoplado al mediano plazo (estocasticidad)
 - Generación de las cuencas especiales
 - Generación Itaipú 50/60 Hz;
 - Límites de las restricciones de potencia
 - Volúmenes críticos (~40)
 - Inventario de restricciones operativas
 - Curvas de control de lluvias
 - Políticas operación Paraíba Sul
 - CURVA DEPLECIONAMENTO TUCURUI
 - RESTRIÇÕES DE VAZÃO DEFLUENTE: am inventario, Flexibilización caudales más

Límitación Itaipú:

$$GH_t^{Itaipu} - IVSU_t - IVSE_t + SUIV_t + SEIV_t = IT50_t$$

$$GH_t^{Itaipu} =$$

$$GH_t^{Itaipu}$$

$$IVSU_t \leq \bar{I}$$

$$IVSE_t \leq \bar{I}$$

$$SUIV_t \leq \bar{S}$$

$$SEIV_t \leq \bar{S}$$

Límites especiales: $LI \leq g_i \leq LS$

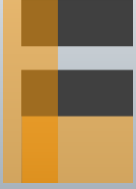
Límites de conjunto:

$$LI \leq g_1 + g_2 + g_3 + \dots + g_n \leq LS$$

Sobrecargas en puntos del sistema:

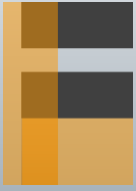
$$LI \leq k_1 g_1 + k_2 g_2 + k_3 g_3 + \dots + k_n g_n \leq$$

LS



Particularidades de los sistemas de potencia

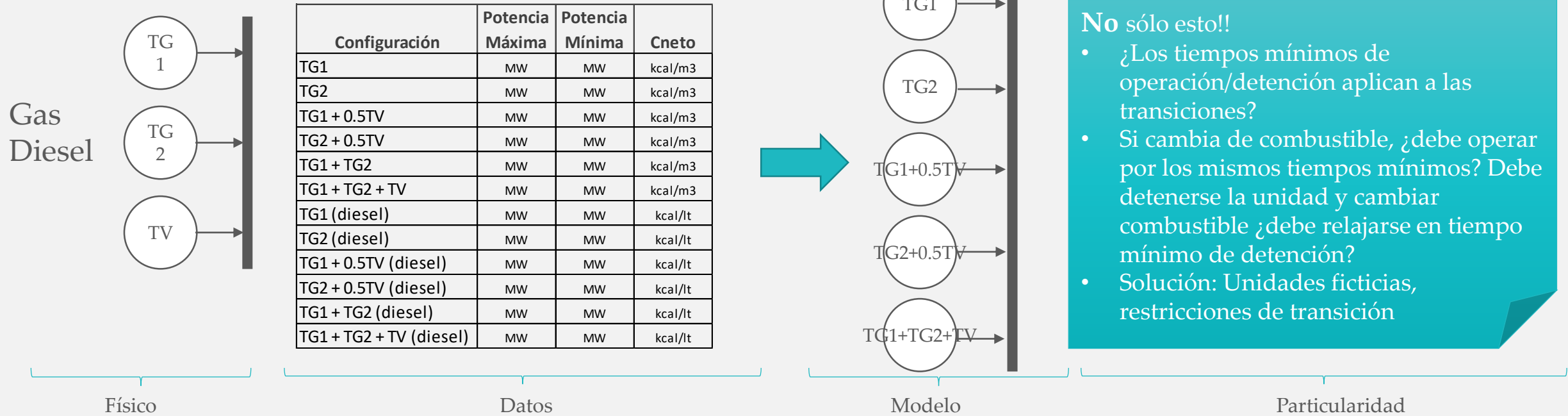
- Visión Nacional:
- SING:
 - Métodos Compensación: Curvas no-convexas, MUT/MDT (costos partida)
 - Configuración CCs y combustible alternativo
 - Múltiples reservas en Giro
- SIC:
 - Convenios riego: Límites de usos vs. Volumen
 - Convenios riego: Mínimas extracciones
 - Eficiencias hidro

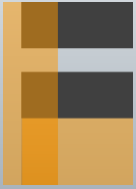


Particularidades de los sistemas de potencia

- **Visión Nacional: SING:**

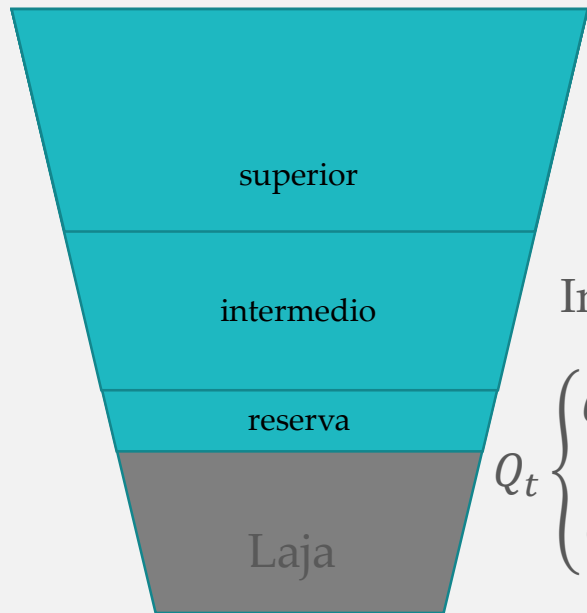
- Métodos Compensación: Curvas no-convexas, MUT/MDT (costos partida)
- **Configuración CCs y combustible alternativo**
- Múltiples reservas en Giro





Particularidades de los sistemas de potencia

- Visión Nacional SIC:
 - **Convenios riego: Límites de usos vs. Volumen**
 - Convenios riego: Mínimas extracciones
 - Eficiencias hidro



Interpretación:

$$Q_t \begin{cases} Q_{sup} & \text{si} & V_t > V_{int} \\ Q_{int} & \text{si} & V_{res} \leq V_t \leq V_{int} \\ Q_{res} & \text{si} & V_t < V_{res} \end{cases}$$

Convenios

Restricción Uso:

$$Q_t \leq Q_{sup} \cdot On_{sup} + Q_{int} \cdot On_{int} + Q_{res} \cdot On_{res}$$



Modelo

La activación de colchones hace el problema no-convexo: Modelo entero-mixto o no-lineal

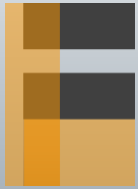
- SIP es muy difícil de resolver! Memoria demandante
- SDDP requiere convexidad
- Modificar el método de solución SDDP: Modificación del problema (no-convergencia)
- **No sólo esto! Hay no-linealidades del uso mínimo**

Particularidad

Alternativas y tendencias en Simulaciones de la Operación

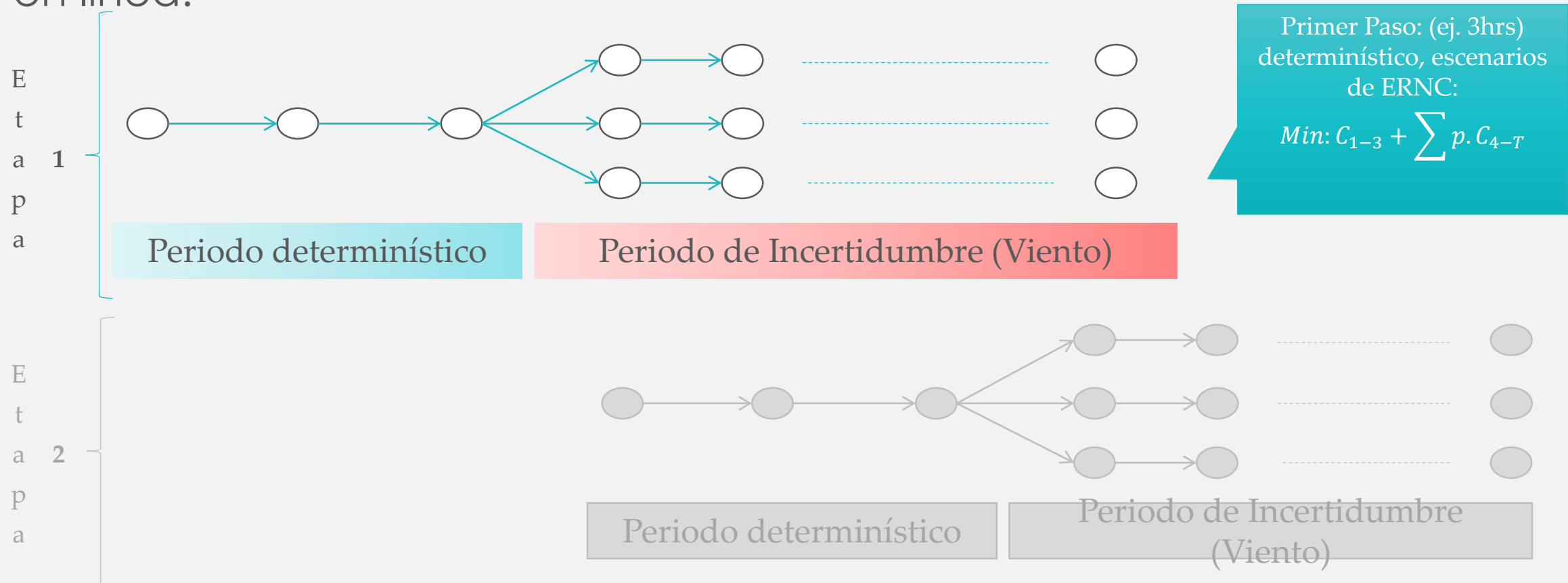
Estocasticidad por ERNC en el Corto Plazo y simulaciones alternadas “Interleave”

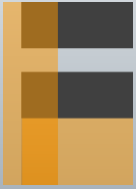




Modelación estocástica: Variabilidad Corto Plazo

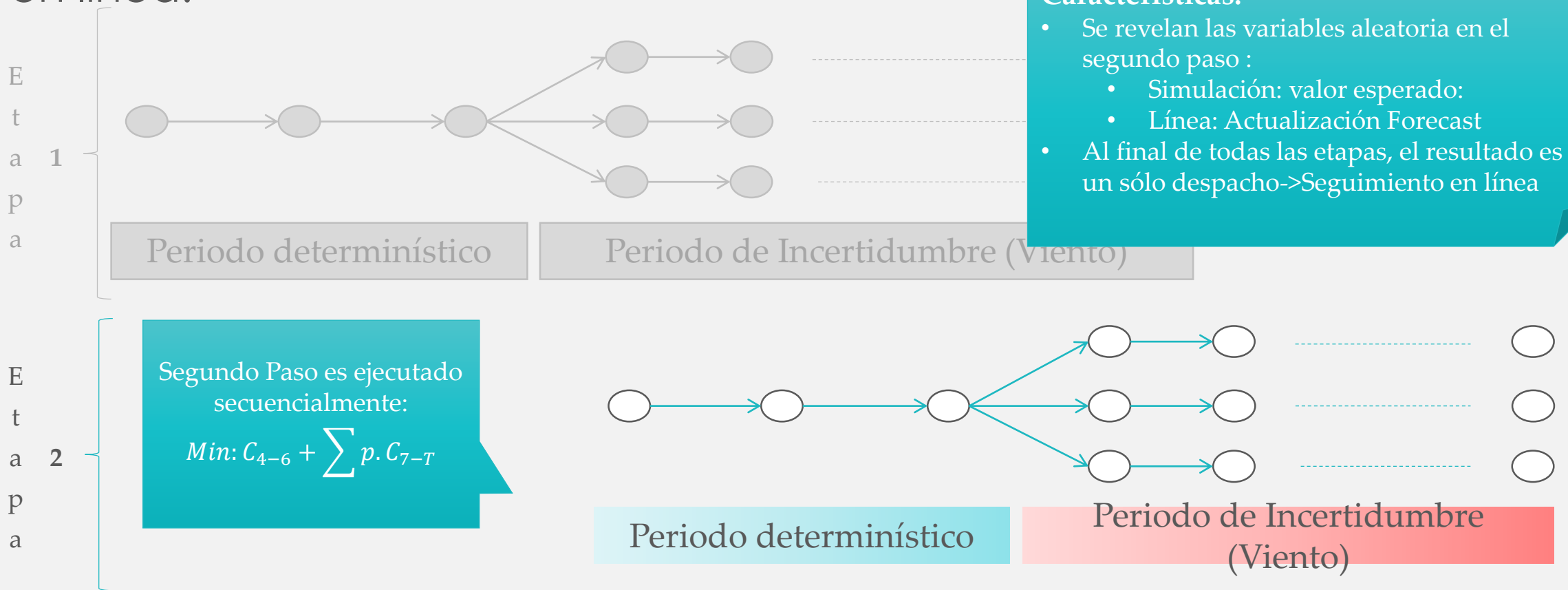
- Energías Renovables: Programación de Corto Plazo – Seguimiento en línea:

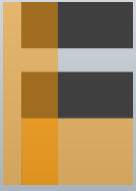




Modelación estocástica: Variabilidad Corto Plazo

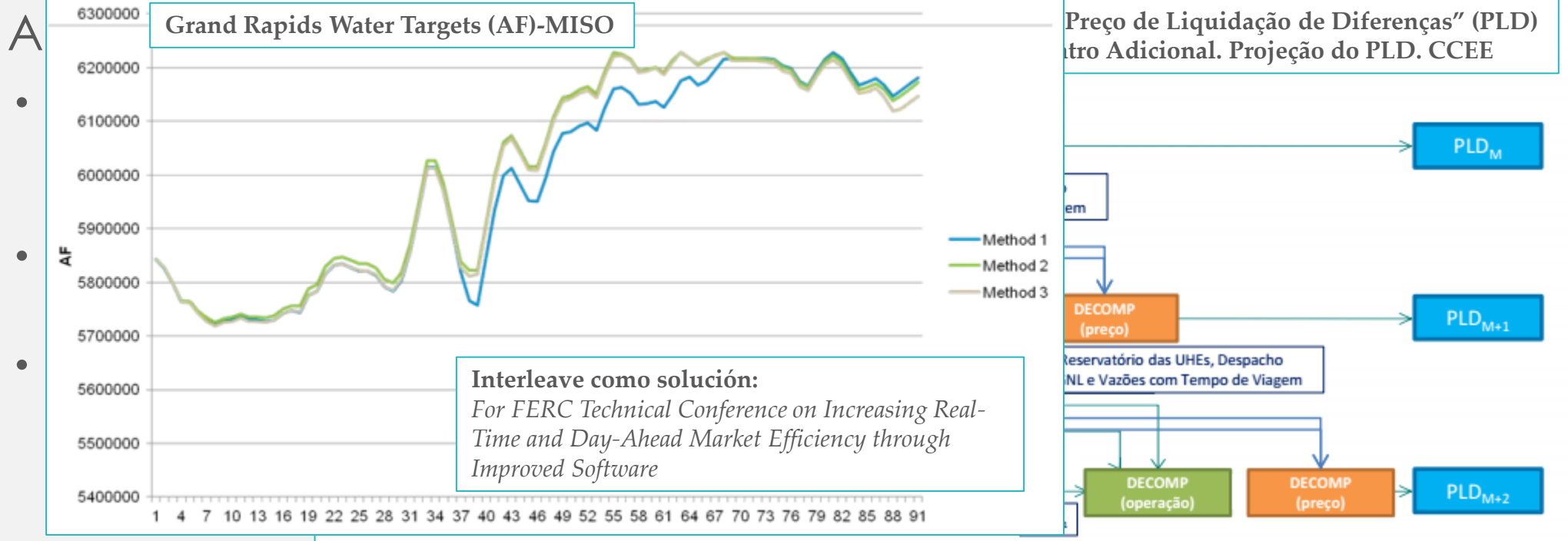
- Energías Renovables: Programación de Corto Plazo – Seguimiento en línea:



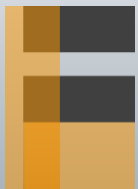


Modelación estocástica: Simulaciones operativas alternadas (Interleave)

- Simulaciones

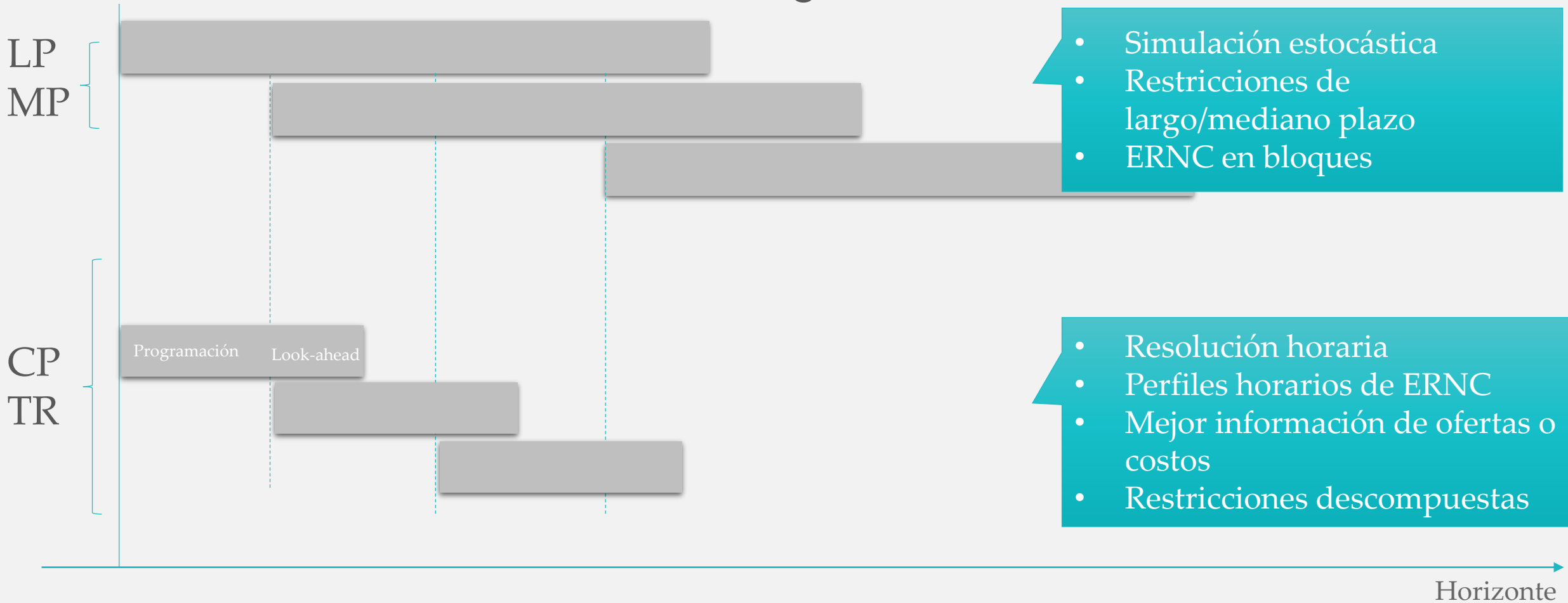


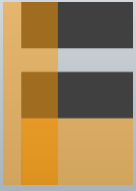
Muestras viento,
solar, agua
Resultados
precios,
trayectorias



Modelación estocástica: Simulaciones operativas alternadas (Interleave)

- Simulaciones “Interleave”: Largo Plazo ▶ Corto Plazo





Modelación estocástica: Simulaciones operativas alternadas (Interleave)

- Simulaciones “Interleave”: Programación ▶ Tiempo Real

CP

Day-Ahead (Día 1)

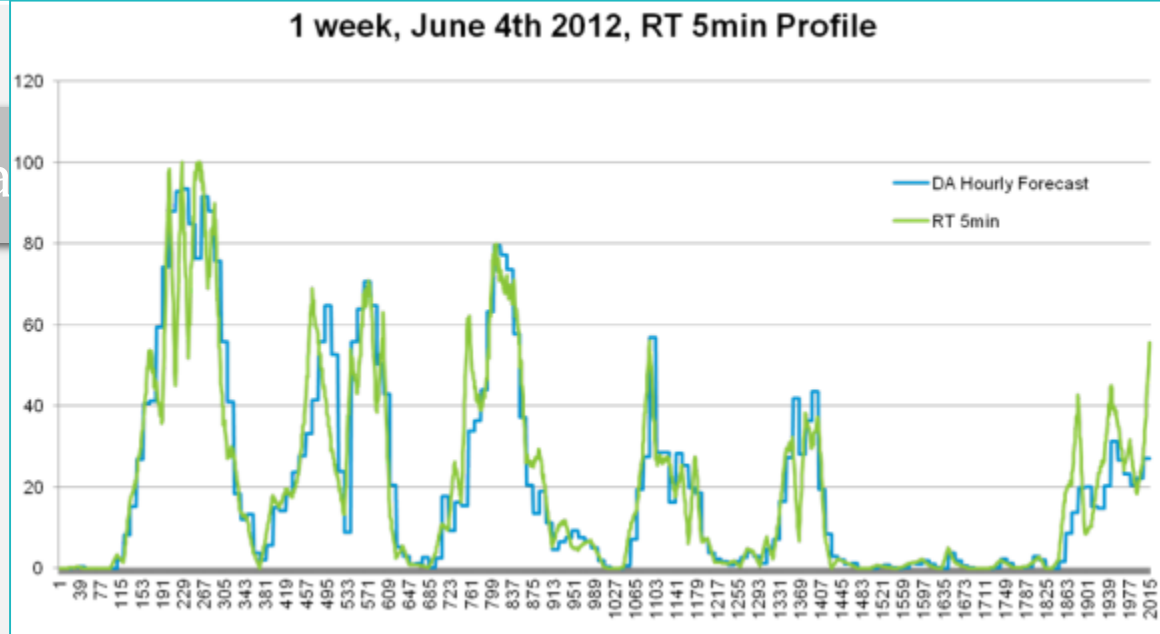
Day-Ahead (Día 2)

Day-Ahead (Día 3)

TR

Real

Real-Time



Información se transfiere a las simulaciones tiempo

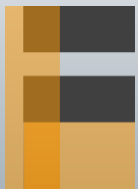
operativos de los embalses (o alternativamente las FCF)

de despacho (on-/off) de grandes térmicas:

combinados, Carbón, Nuclear

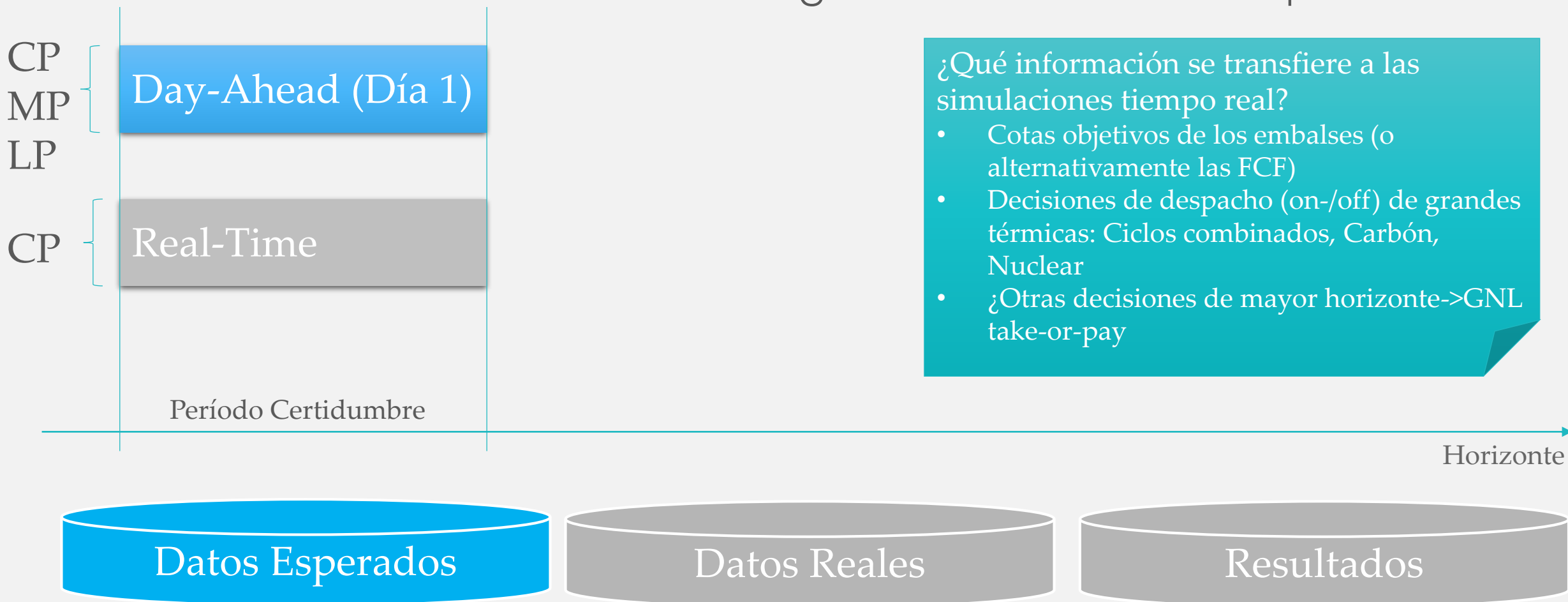
Decisiones de mayor horizonte->GNL

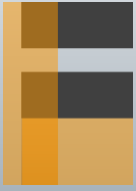
Horizonte



Modelación estocástica: Simulaciones operativas alternadas (Interleave)

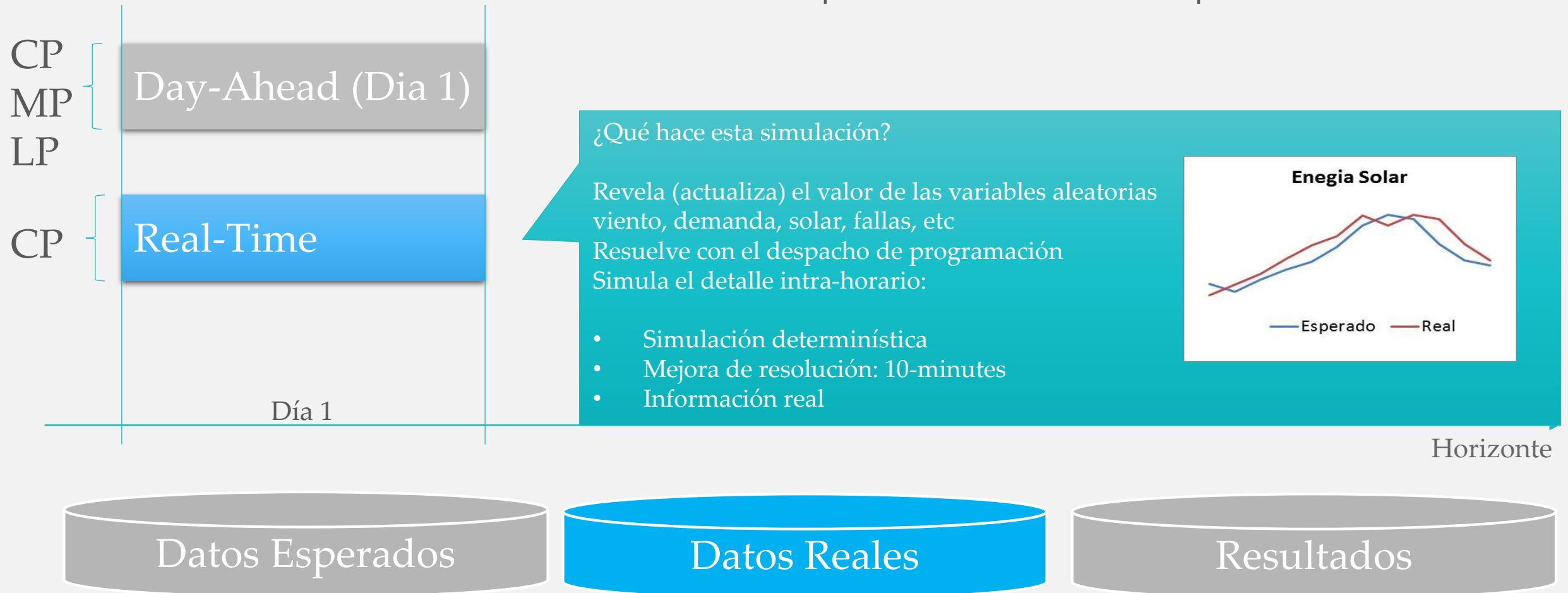
- Simulaciones “Interleave”: Programación con datos esperados

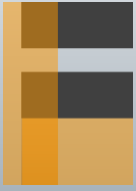




Modelación estocástica: Simulaciones operativas alternadas (Interleave)

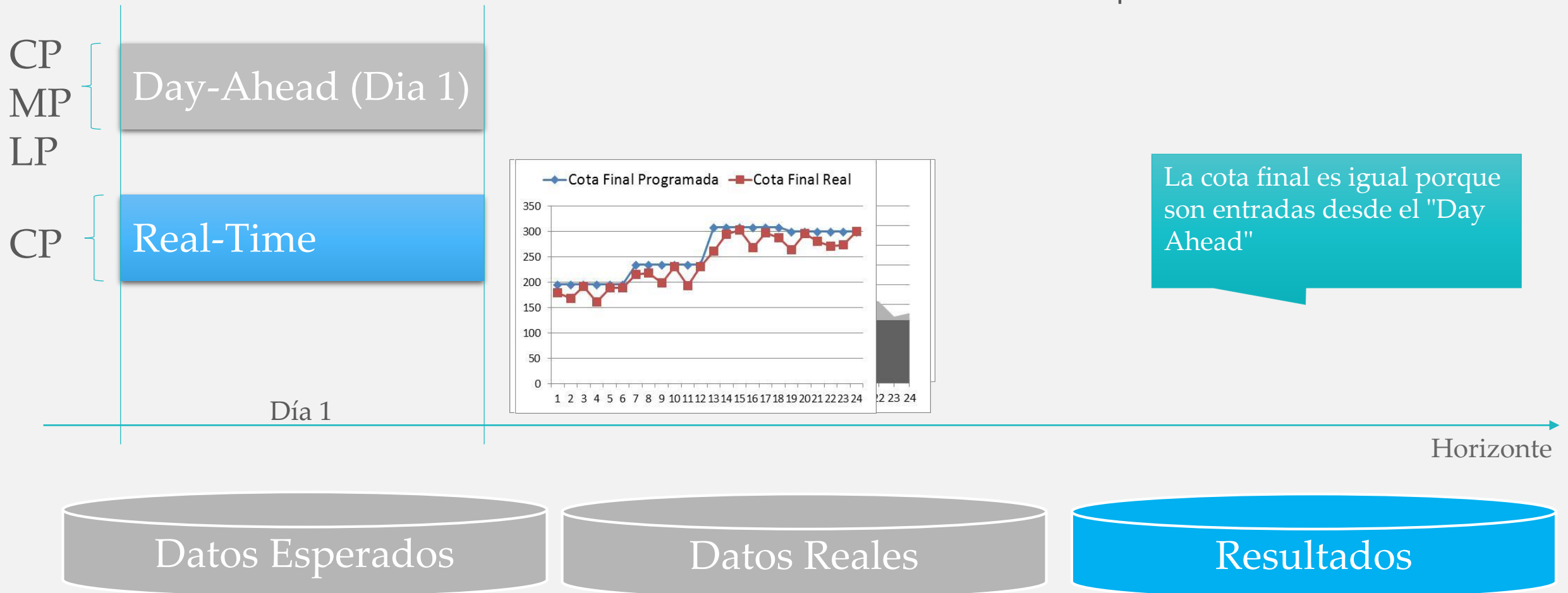
- Simulaciones “Interleave”: Tiempo Real con datos precisos

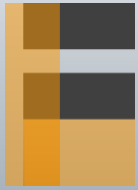




Modelación estocástica: Simulaciones operativas alternadas (Interleave)

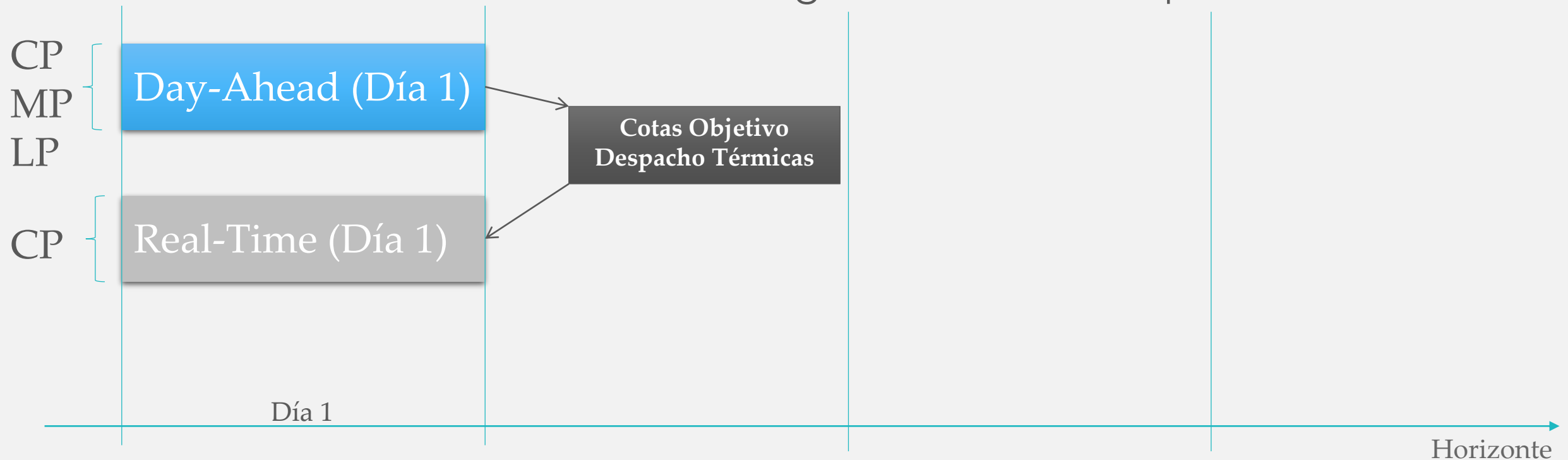
- Simulaciones “Interleave”: Resultados del Tiempo Real

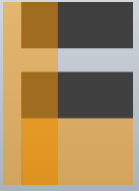




Modelación estocástica: Simulaciones operativas alternadas (Interleave)

- Simulaciones “Interleave”: Programación ▶ Tiempo Real



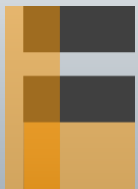


Modelación estocástica: Simulaciones operativas alternadas (Interleave)

- Simulaciones “Interleave”: Programación ▶ Tiempo Real

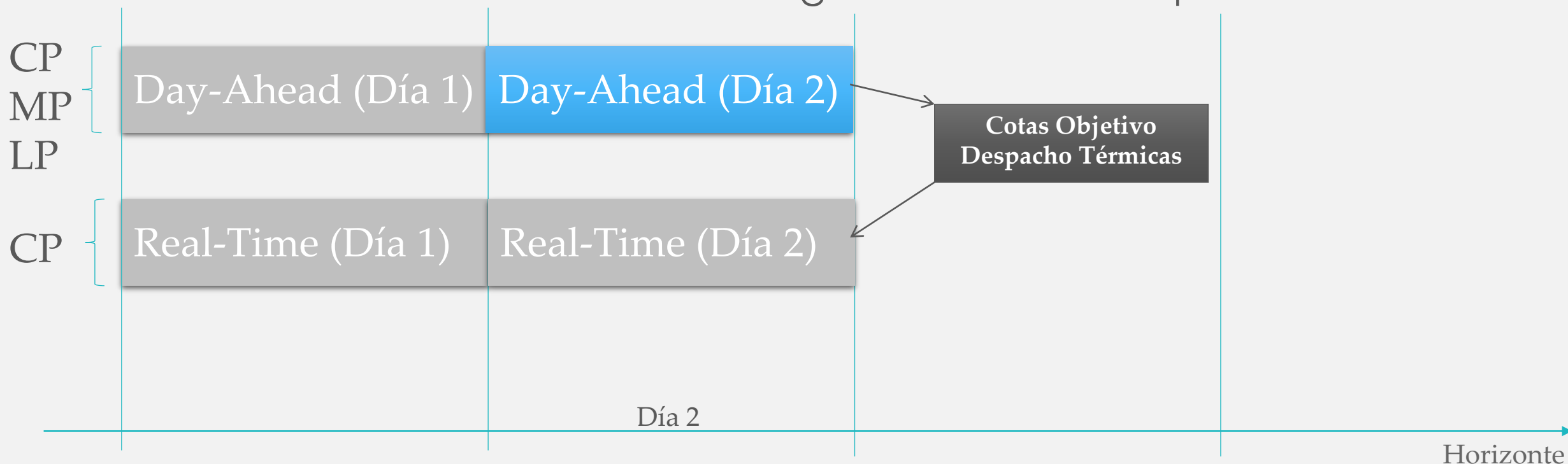


PROCESO AUTOMÁTICO DE SIMULACIONES OPERATIVAS “INTERLEAVE” – ETAPA DE **SIMULACION TIEMPO REAL**

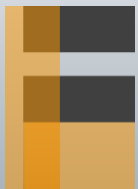


Modelación estocástica: Simulaciones operativas alternadas (Interleave)

- Simulaciones “Interleave”: Programación ▶ Tiempo Real

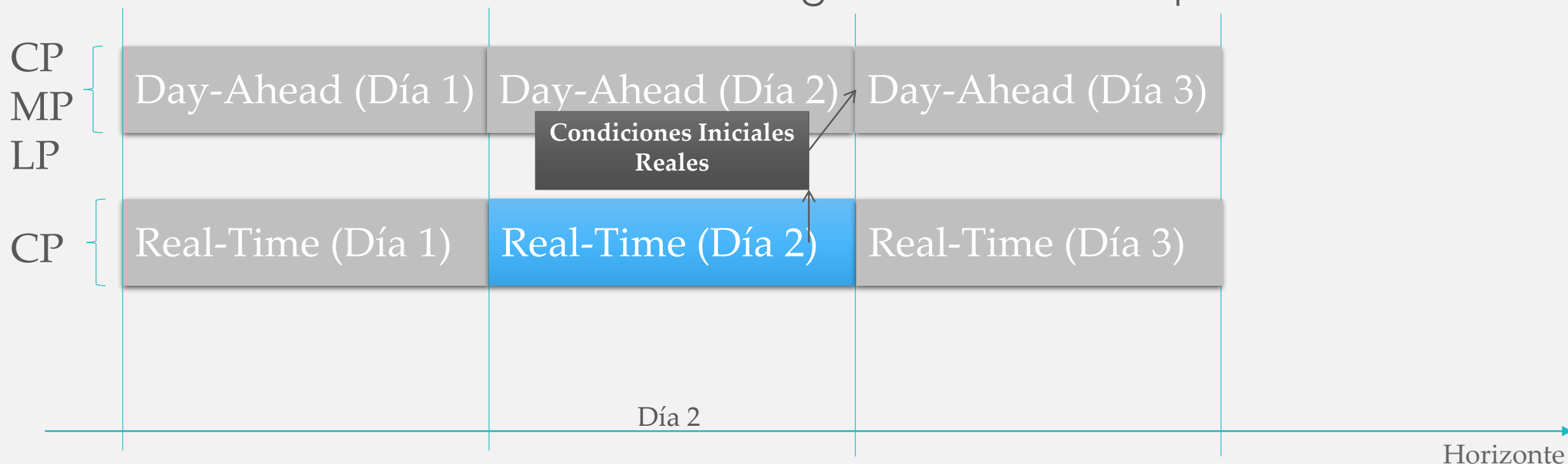


PROCESO AUTOMÁTICO DE SIMULACIONES OPERATIVAS “INTERLEAVE” – ETAPA DE PROGRAMACION

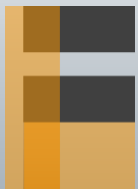


Modelación estocástica: Simulaciones operativas alternadas (Interleave)

- Simulaciones “Interleave”: Programación ▶ Tiempo Real

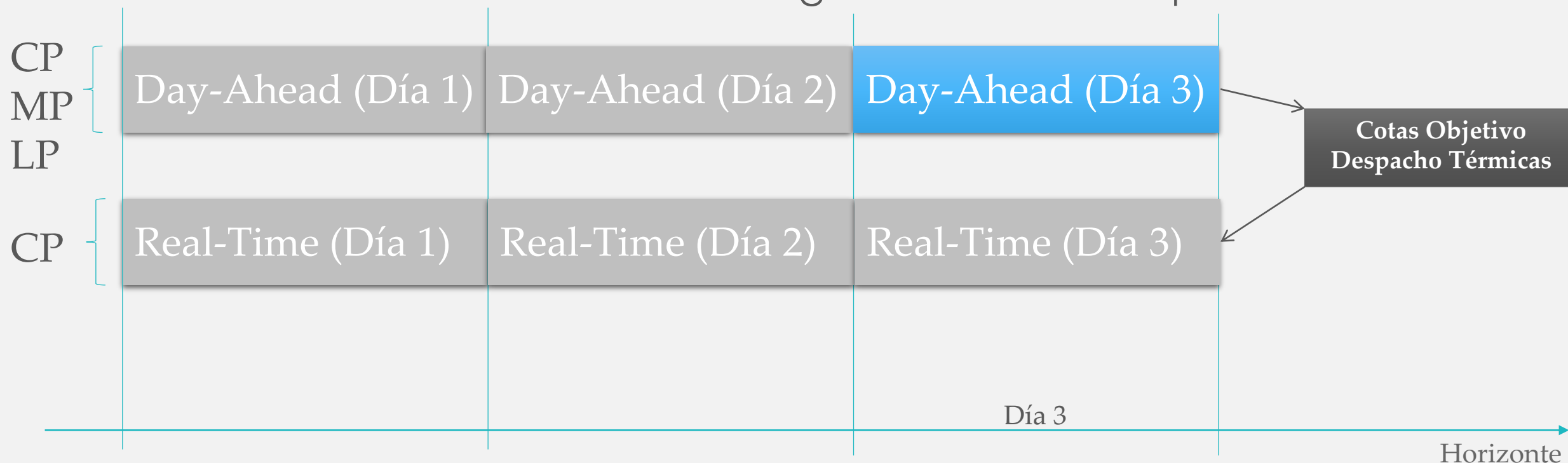


PROCESO AUTOMÁTICO DE SIMULACIONES OPERATIVAS “INTERLEAVE” – ETAPA DE **SIMULACION TIEMPO REAL**

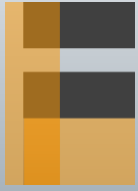


Modelación estocástica: Simulaciones operativas alternadas (Interleave)

- Simulaciones “Interleave”: Programación ▶ Tiempo Real



PROCESO AUTOMÁTICO DE SIMULACIONES OPERATIVAS “INTERLEAVE” – ETAPA DE PROGRAMACIÓN



Conclusiones

- Una Latinoamérica más interconectada tiene mejor posibilidad de:
Explotar recursos ✓ Integración de retos particulares ✗
- Brasil y necesidad de complementariedad: ¿Apuesta por ERNC (local) o Interconexión?
- Particularidades de los sistemas se refieren a restricciones:
¿Necesidad de generalizar en lugar de especializar?
- Procedimientos se sofistican → Simulaciones responden: Acople largo-mediano-corto plazo, múltiples horizontes, rampas y resolución, reservas y transmisión.



Alternativas y sugerencias para Chile

¿Más retos a futuro? Sin dudas!

- Reservas zonales, reserva en giro en mediano plazo
- ¿Transmission switching?
- Coordinación Internacional
- Mercado Intra-horario
- Mercado de bonos de carbono

Preparado por:
Frank Leañez
fleanez@gmail.com