

# **C1.20 - Aplicación de un Modelo de Expansión de la Generación Considerando el Requerimiento de Reserva Probabilística Dinámica en el Sistema Eléctrico Mexicano**

*Weslly Moraes – Ricardo Perez – Alessandro Soares*

**PSR**

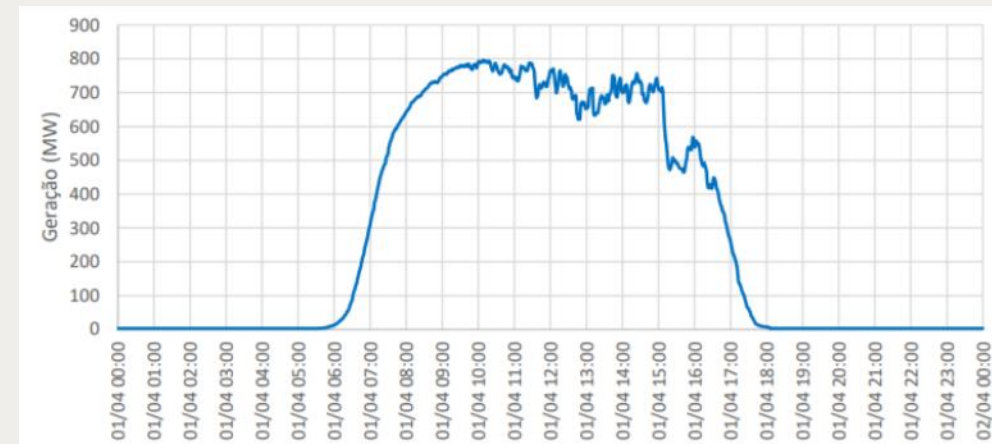
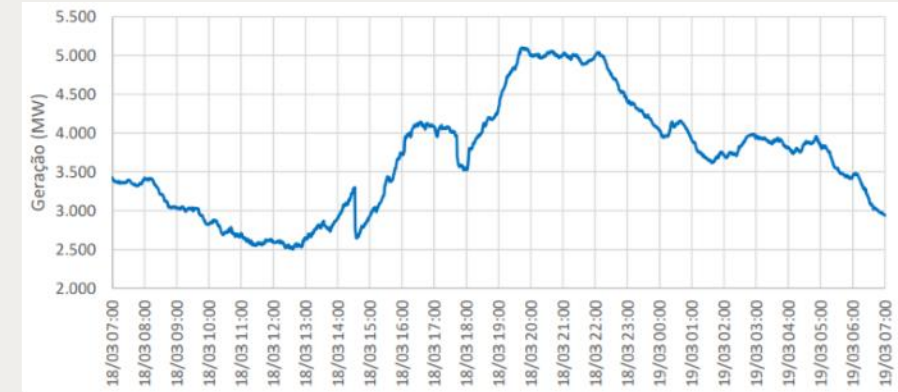


**Brasil**

# Motivación

## *Desafíos en la Integración de Renovables Intermitentes*

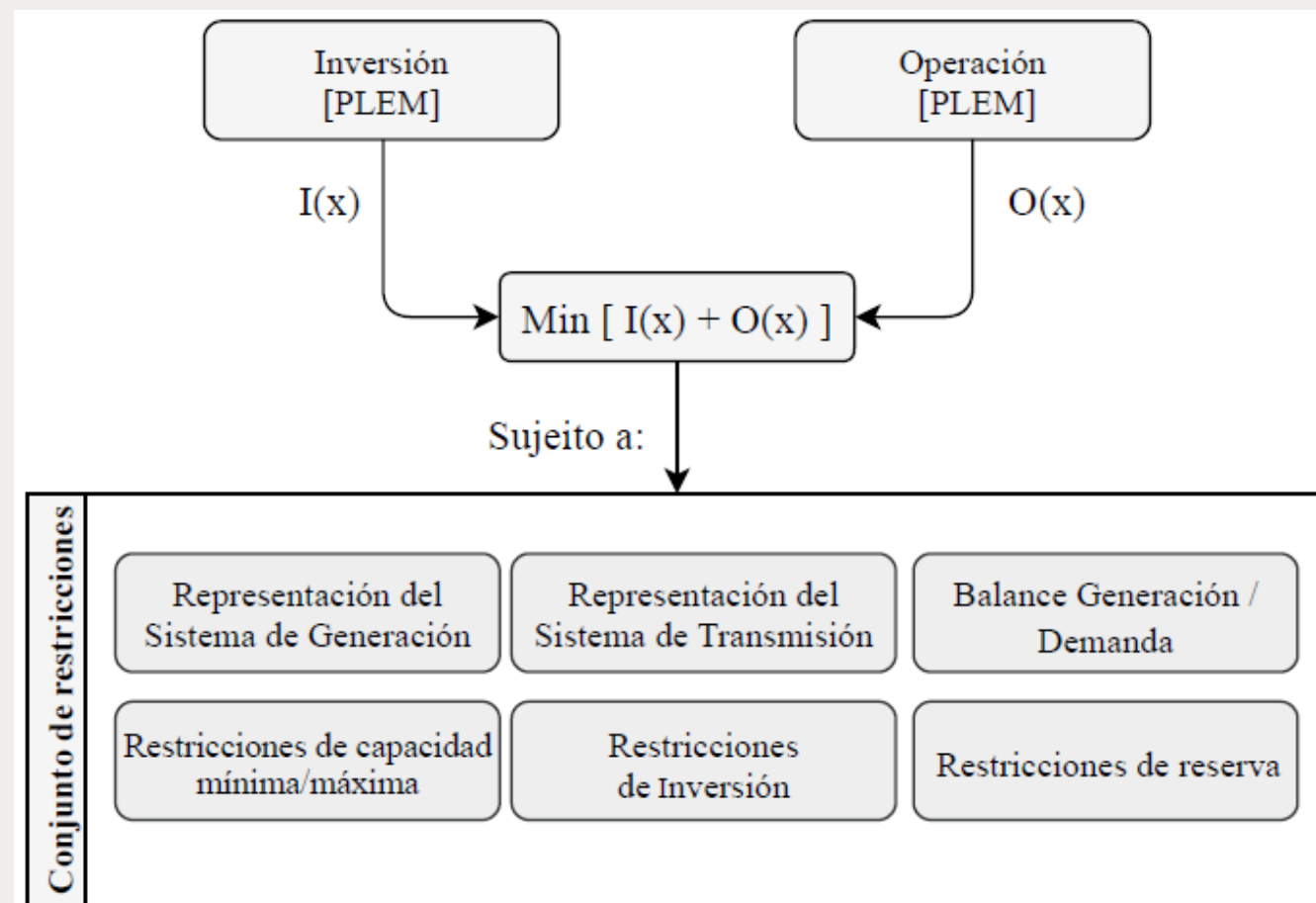
- Variabilidad e incertidumbre en la oferta de energía
- Rampas acentuadas (ascenso y descenso)
- Exceso / falta de generación
- Aumento de la necesidad de flexibilidad operativa



# Optgen

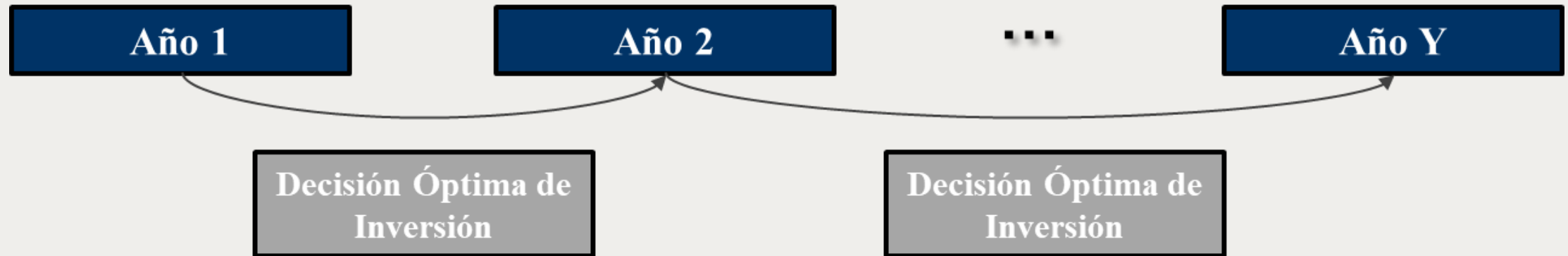
## Modelo de la Expansión Generación/Transmisión con Granularidad Horaria

- Resolución de un problema de programación lineal entera mixta (PLEM)
- Posibilidad de representación de la dinámica de operación, vía problema de *unit commitment*
- Co-optimización de la expansión y requisitos de reserva operativa



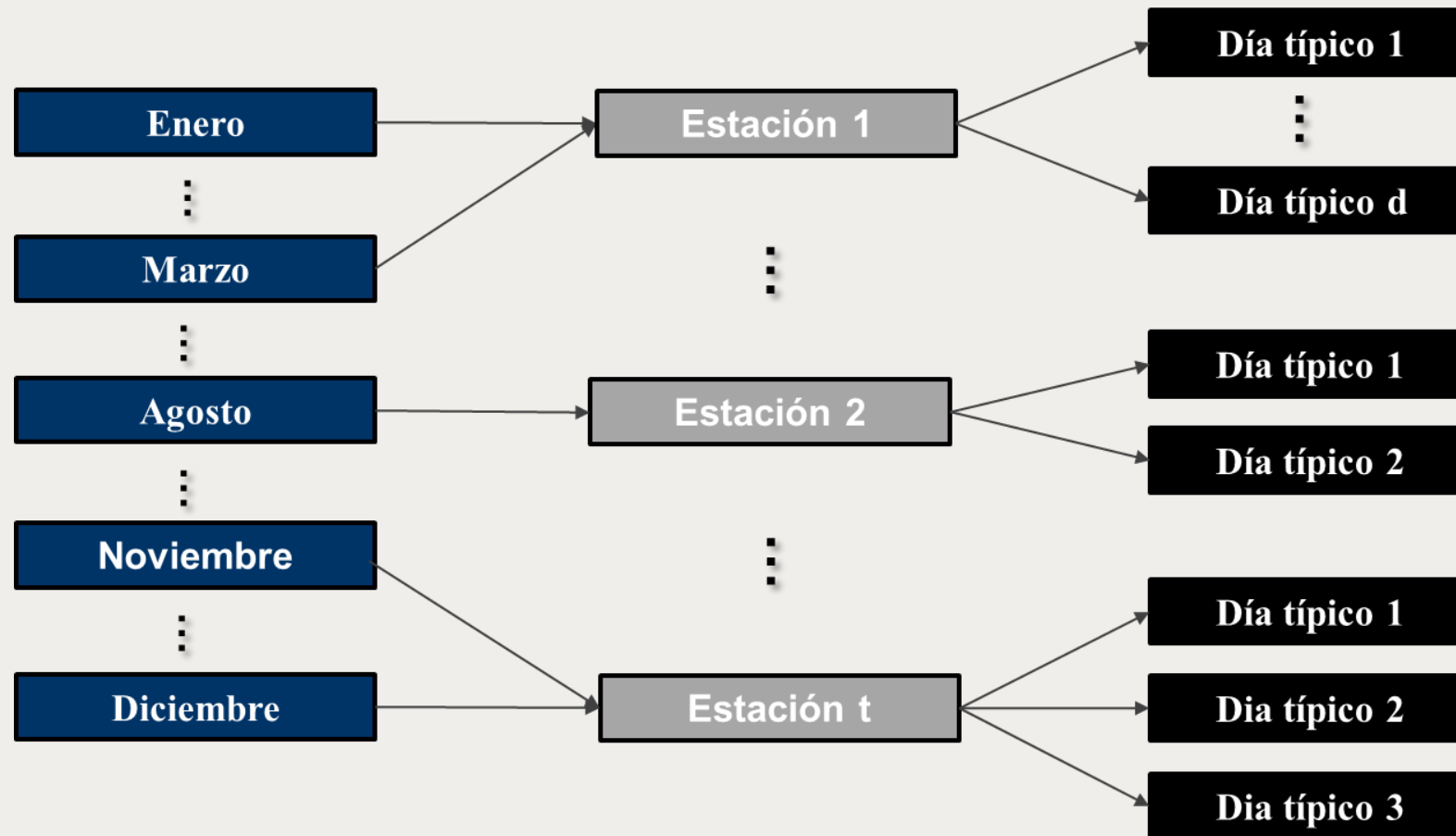
# Estrategía de Solución del Problema de Optimización

## *Problemas Anuales*



# Estrategía de Solución del Problema de Optimización

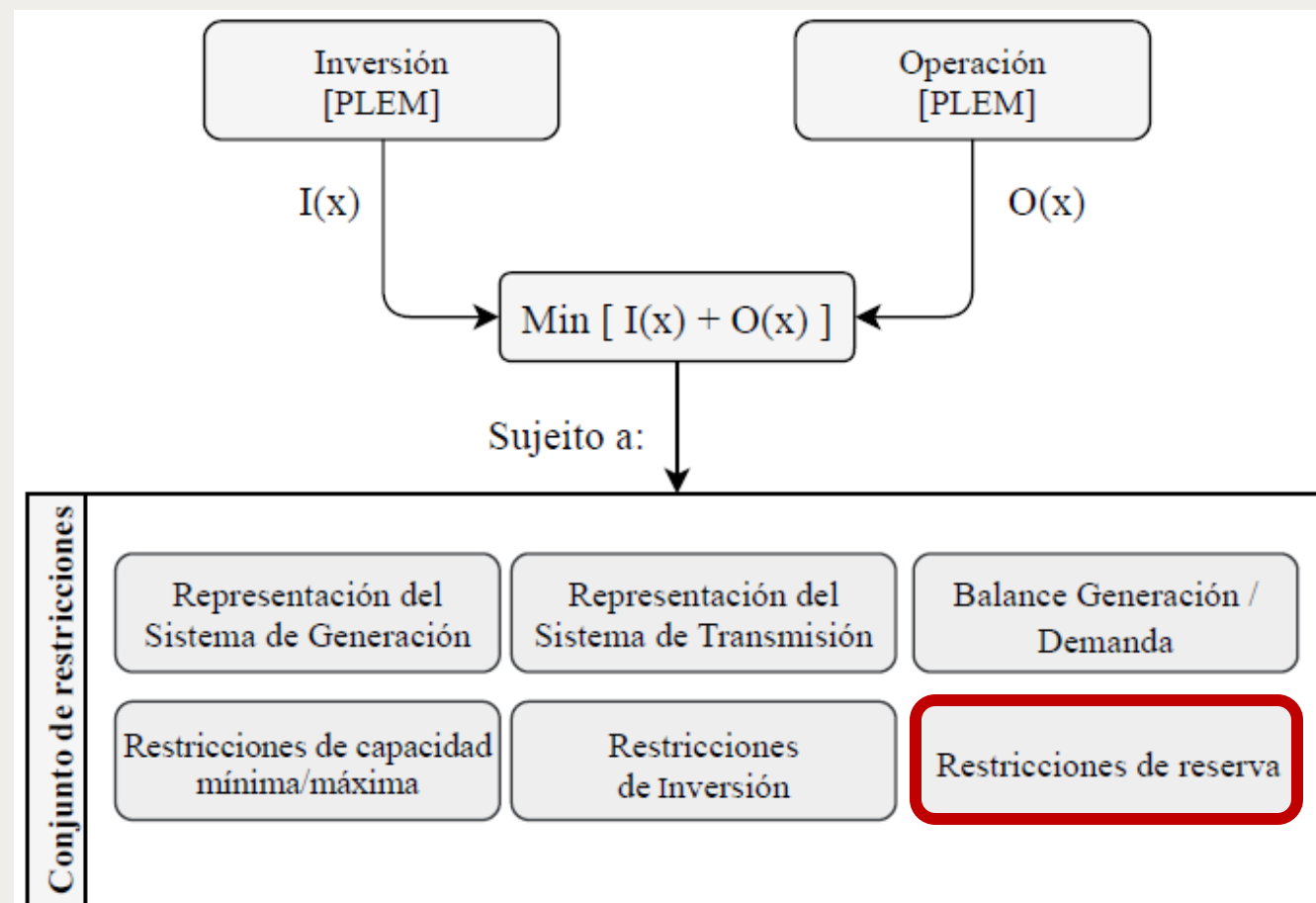
*Estaciones y Días Típicos*



# Optgen

## Modelo de la Expansión Generación/Transmisión con Granularidad Horaria

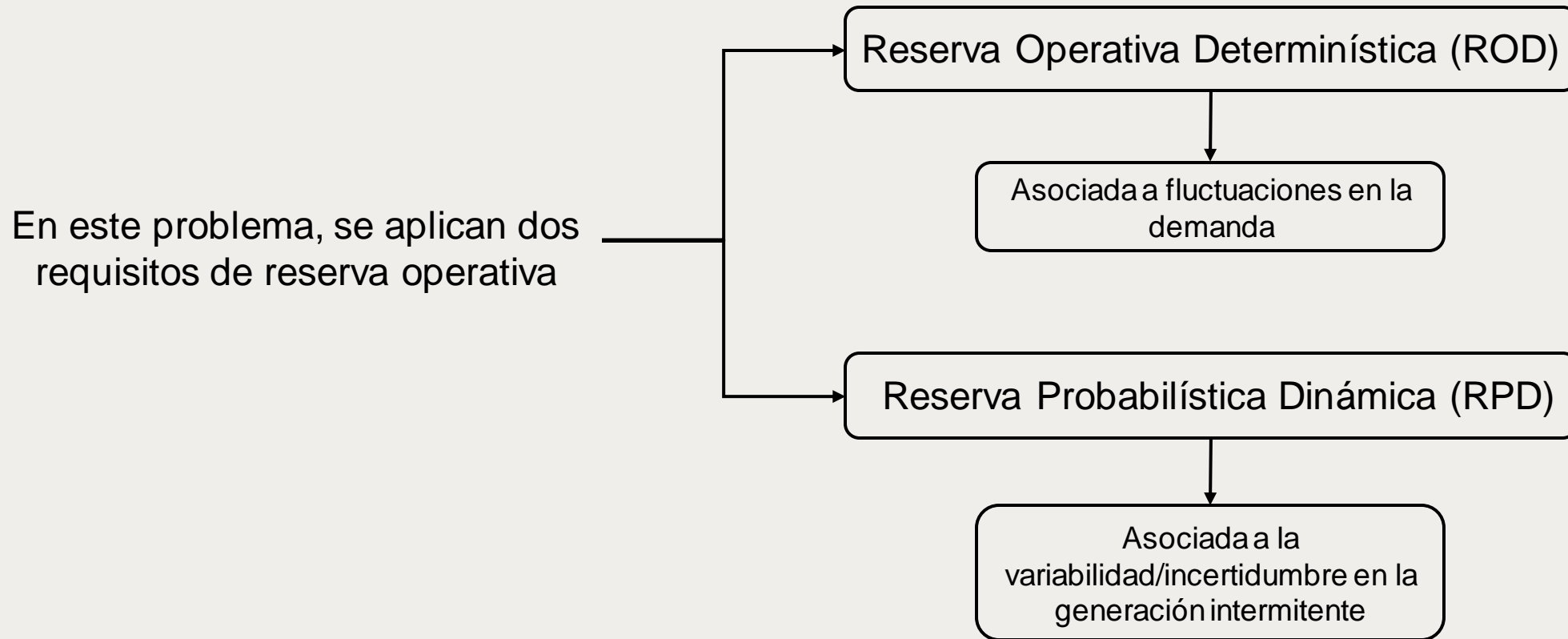
- Resolución de un problema de programación lineal entera mixta (PLEM)
- Posibilidad de representación de la dinámica de operación, vía problema de *unit commitment*
- Co-optimización de la expansión y requisitos de reserva operativa



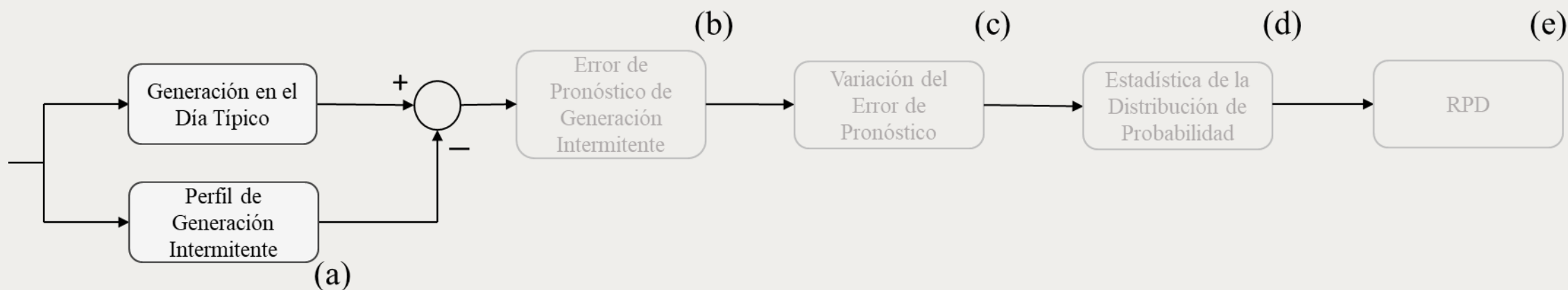


# Restrições de Reserva Operativa

## *ROD y RPD*

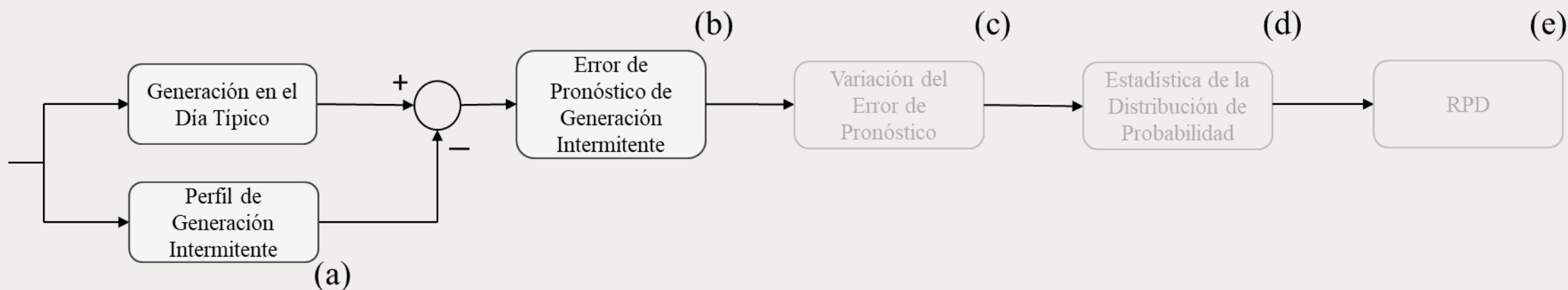
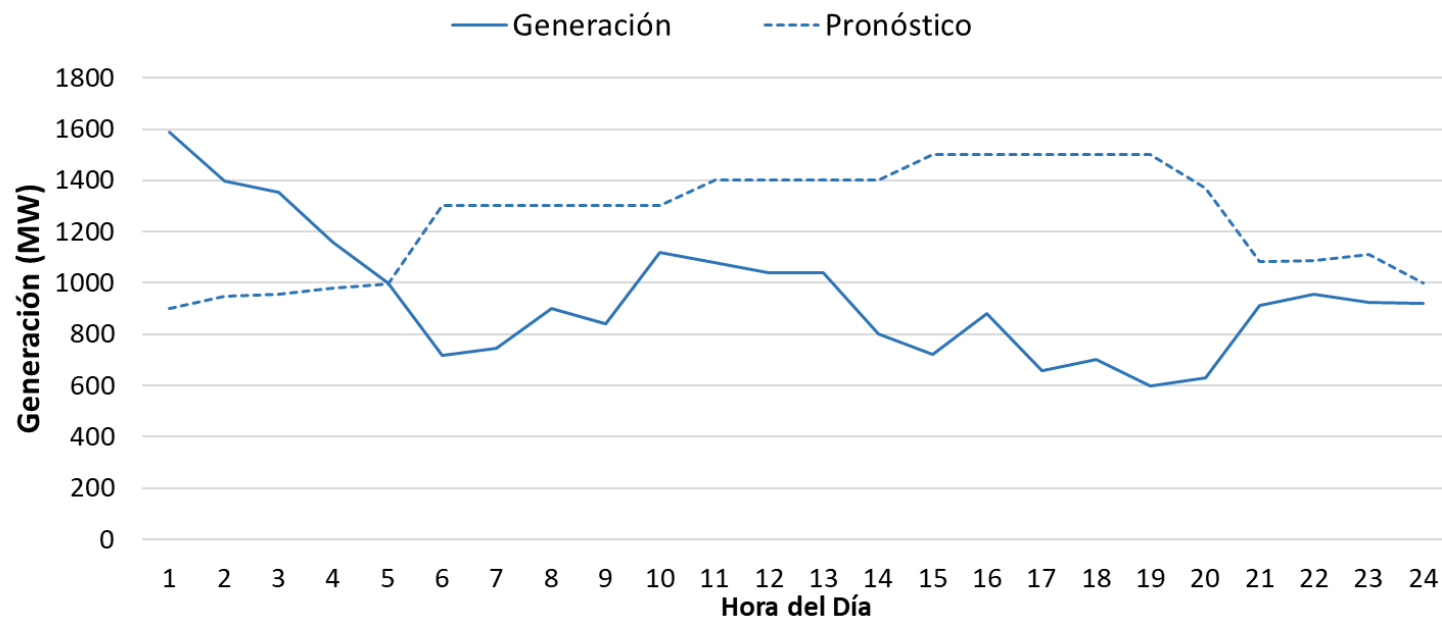


# Reserva Probabilística Dinâmica – Etapa 1

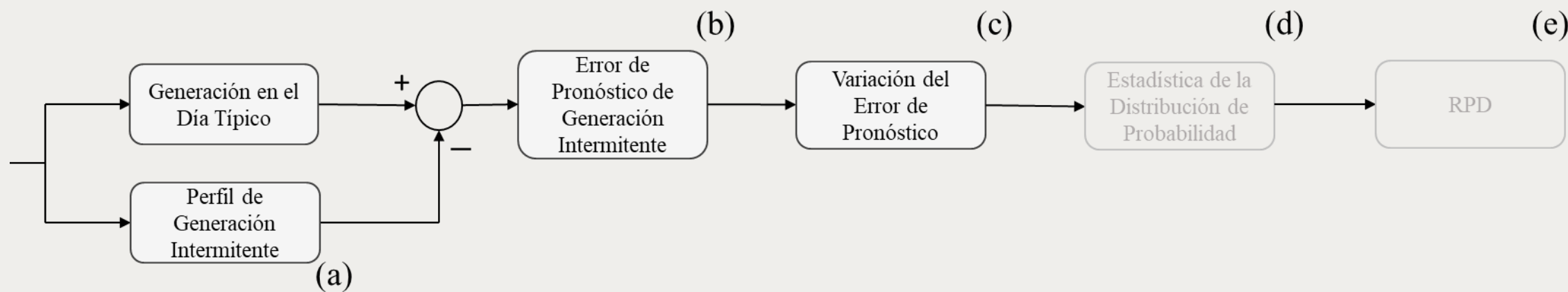
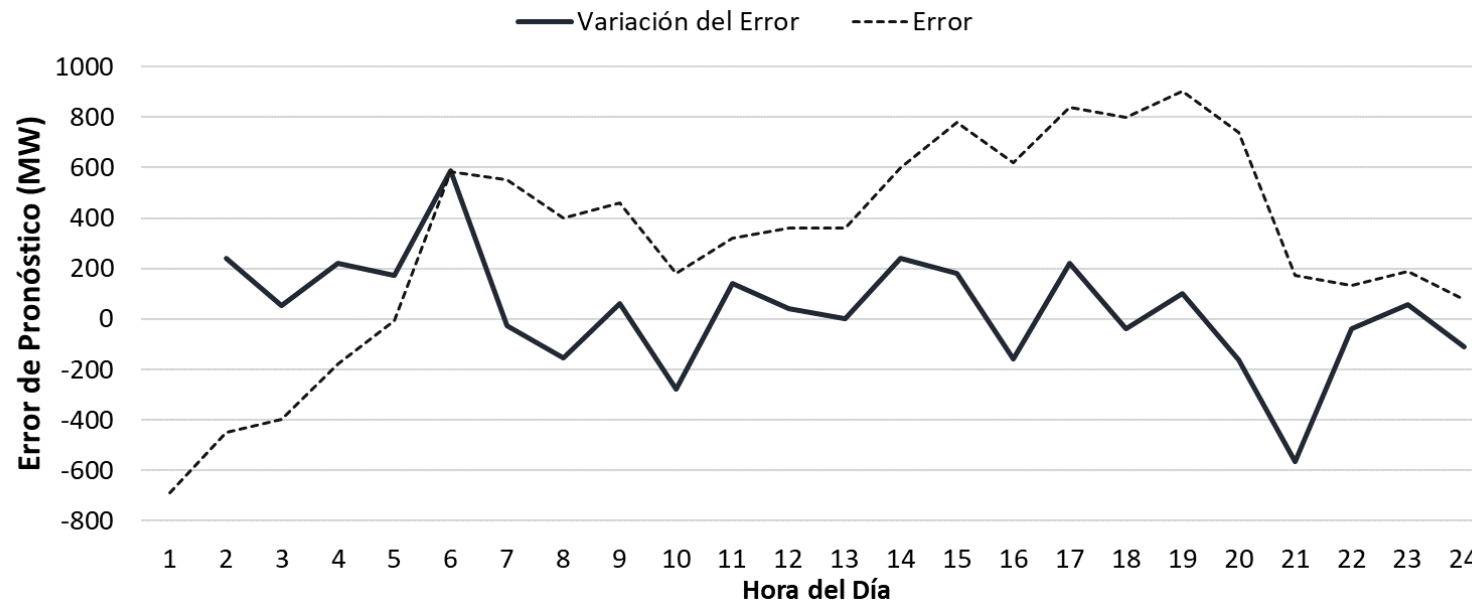




# Reserva Probabilística Dinâmica – Etapa 2

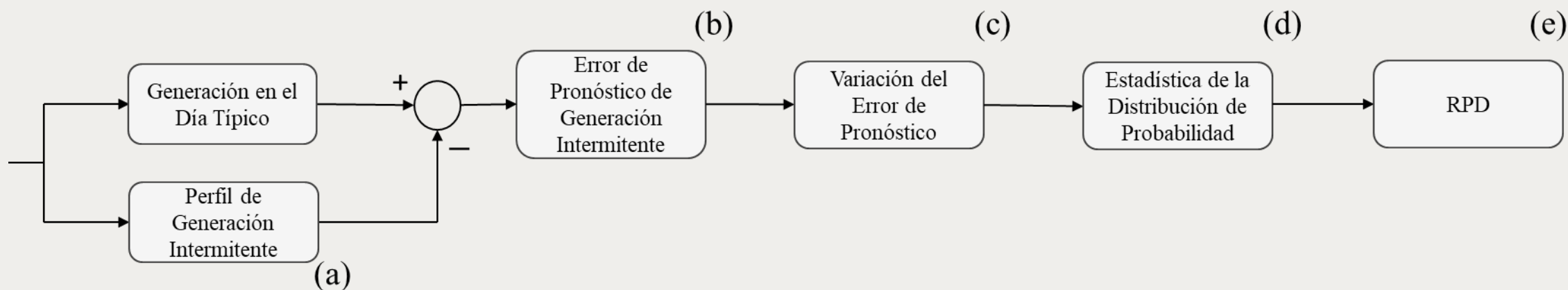


# Reserva Probabilística Dinâmica – Etapa 3



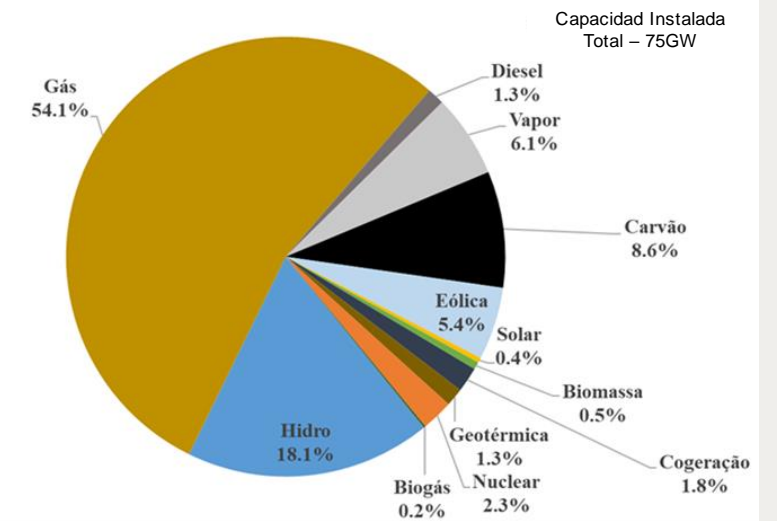
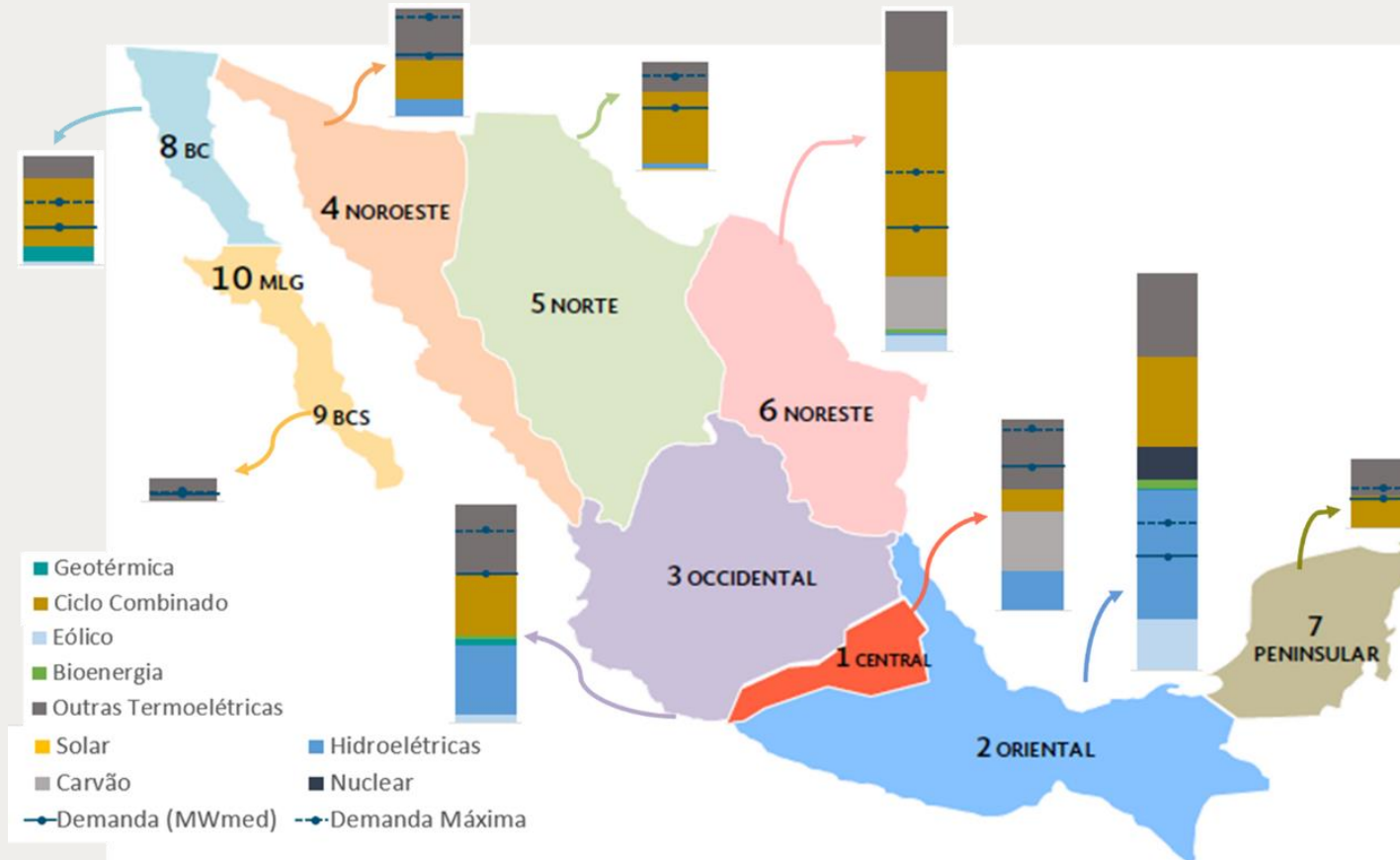
# Reserva Probabilística Dinâmica – Etapa 4

Hora del Día	$\Delta(h,1)$	$\Delta(h,2)$	$\Delta(h,3)$	RPD
6	9	44	2	44
7	127	72	44	127
8	82	198	135	198
9	176	192	54	192
10	122	248	86	248
11	29	53	95	95
12	19	42	7	42
13	40	78	36	78
14	40	24	13	40
15	42	48	41	48



# Estudio de Caso

## Sistema Eléctrico Mexicano - Generación



# Estudio de Caso

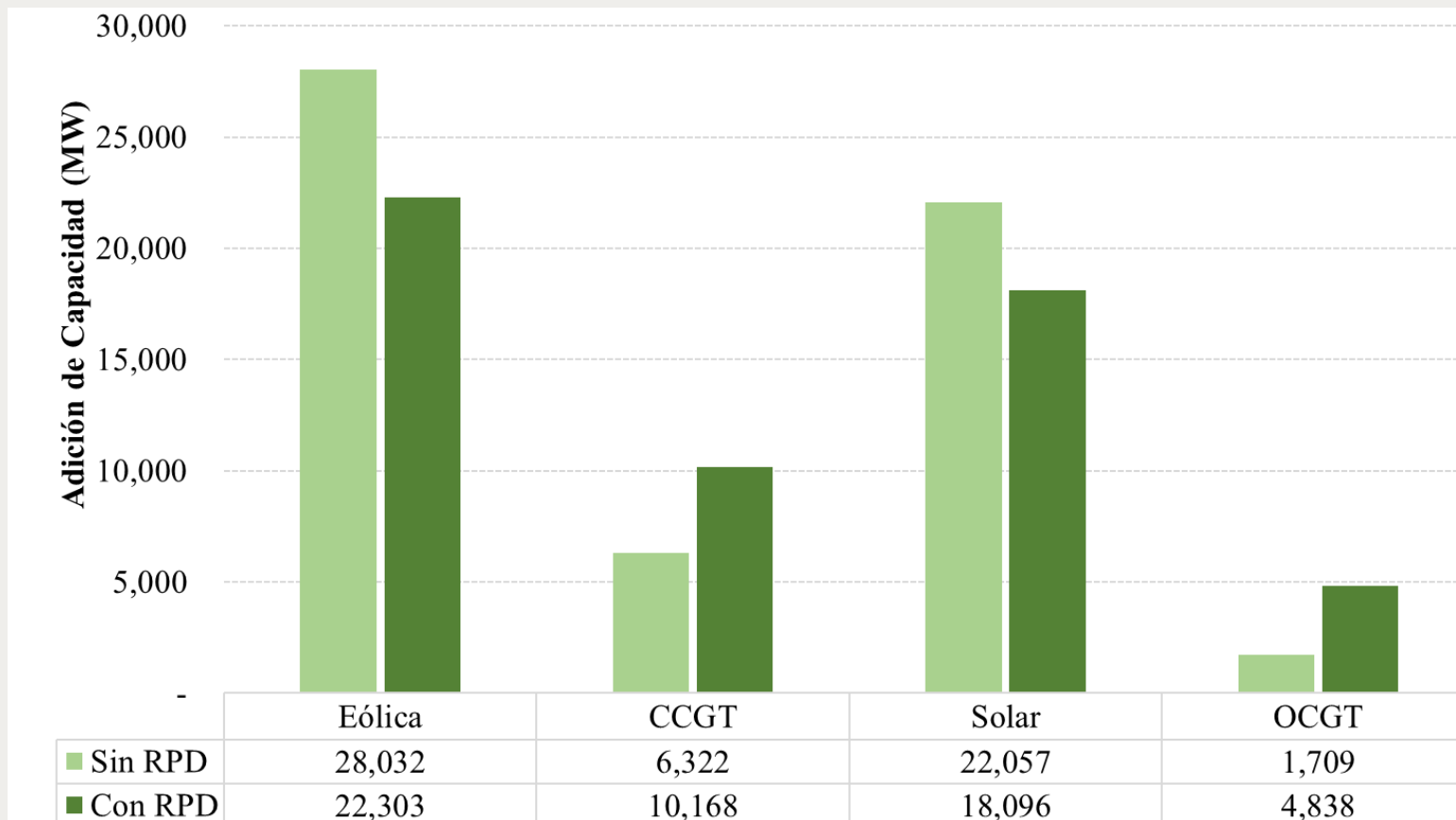
## *Sistema Eléctrico Mexicano – Red de Transmisión*



## Resultados

### *Expansión de la Generación*

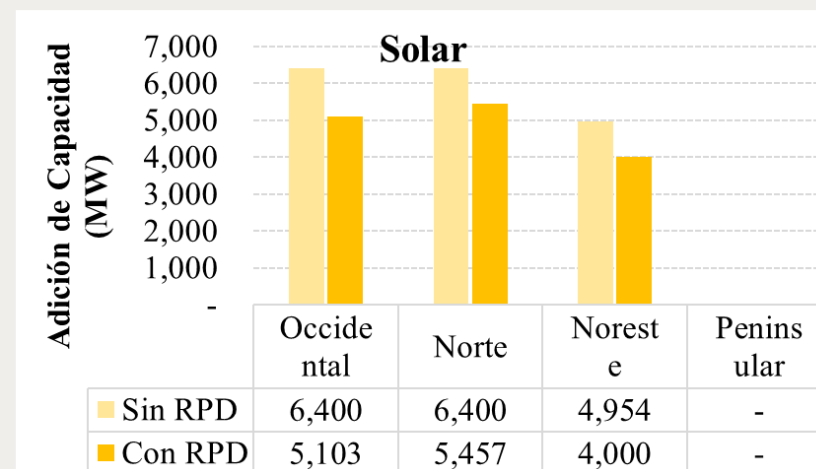
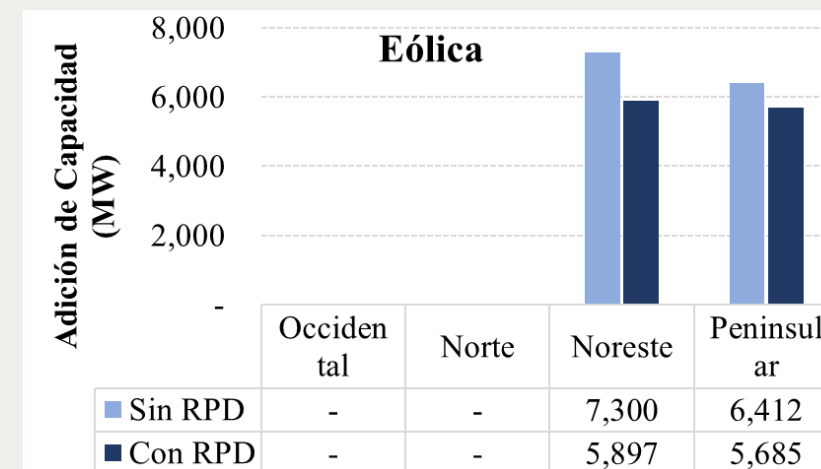
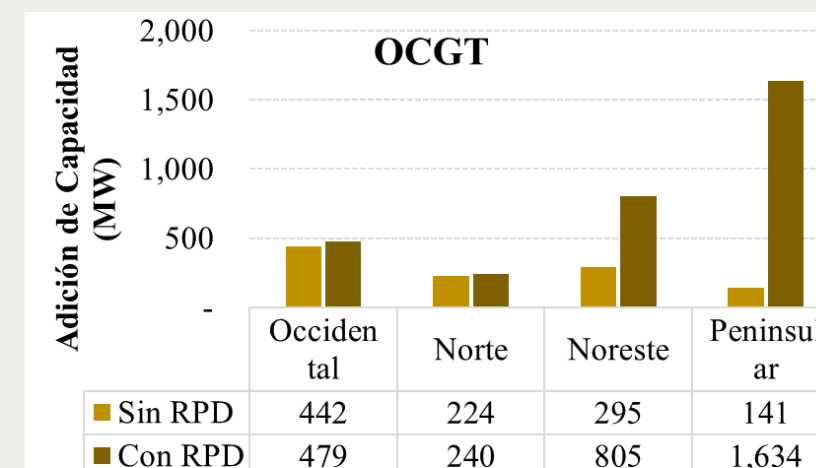
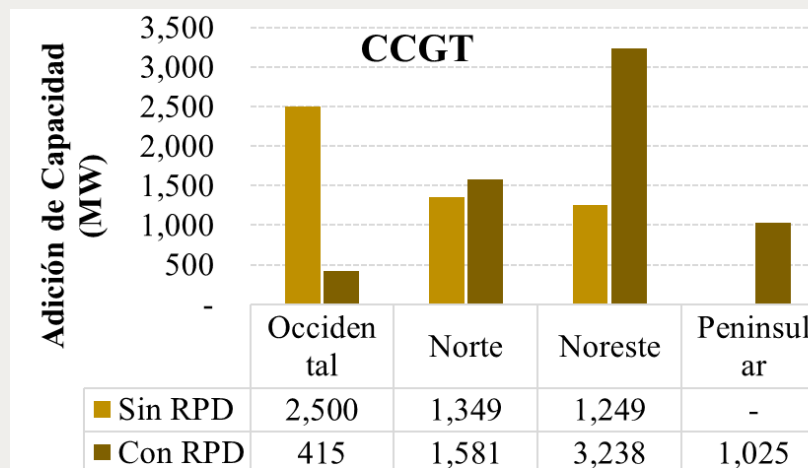
- Se observa aumento de la capacidad despachable en el sistema al introducir la restricción de RPD
- Reducción de la inversión en fuentes intermitentes
- Indicativo de que los costos para absorber la expansión de fuentes intermitentes del caso ROD aumentarían mucho cuando hay RPD



## Resultados

### Expansión de la Generación por Región

- Las regiones con mayor expansión eólica, como la Peninsular, tienen un aumento en la oferta de capacidad despachable cuando el requerimiento de RPD está activo
- En algunas regiones, las fluctuaciones de la demanda pueden ser más impactantes que la intermitencia de renovables, como en la región Norte

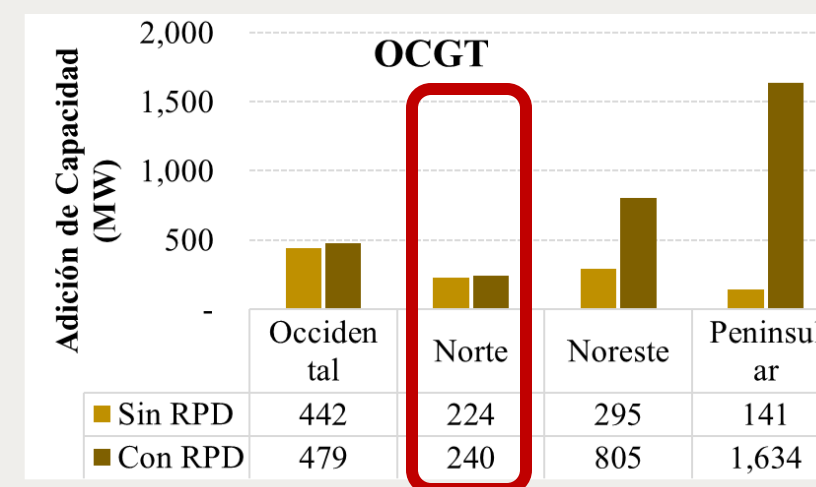
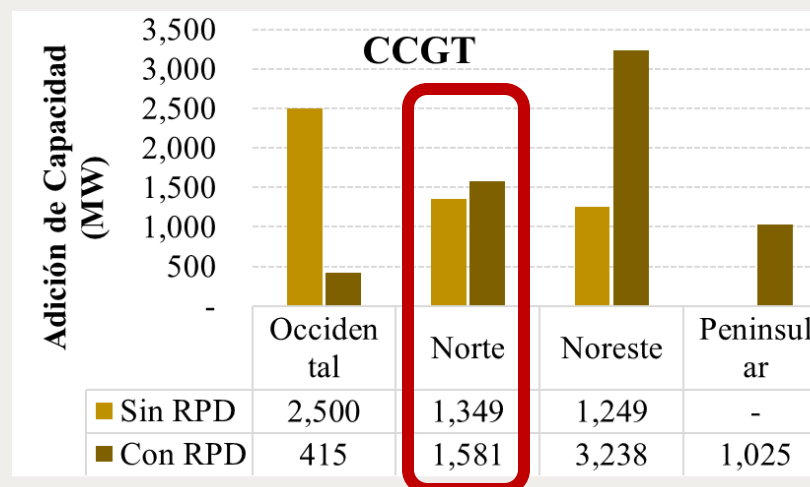
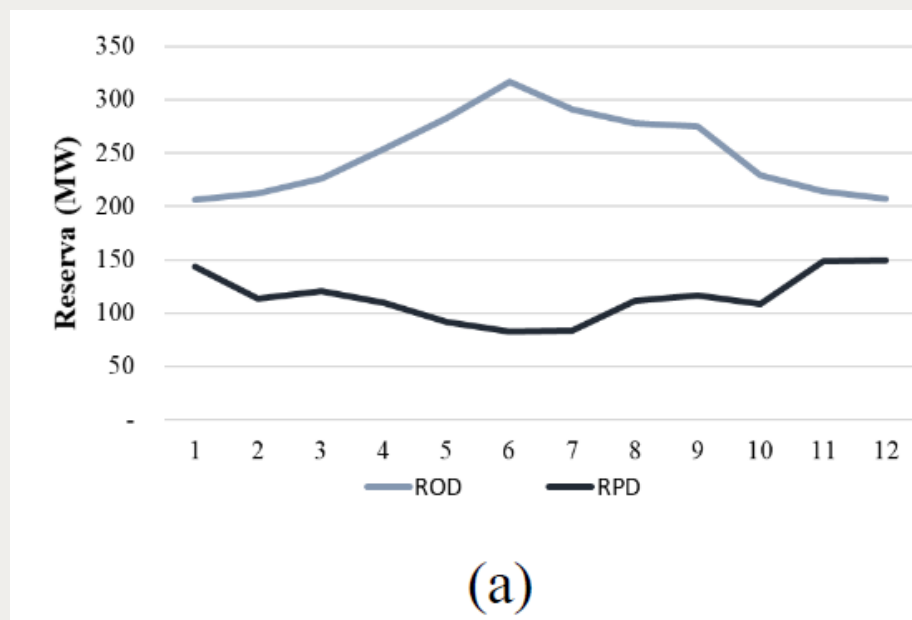




## Resultados

### Requerimientos de Reserva

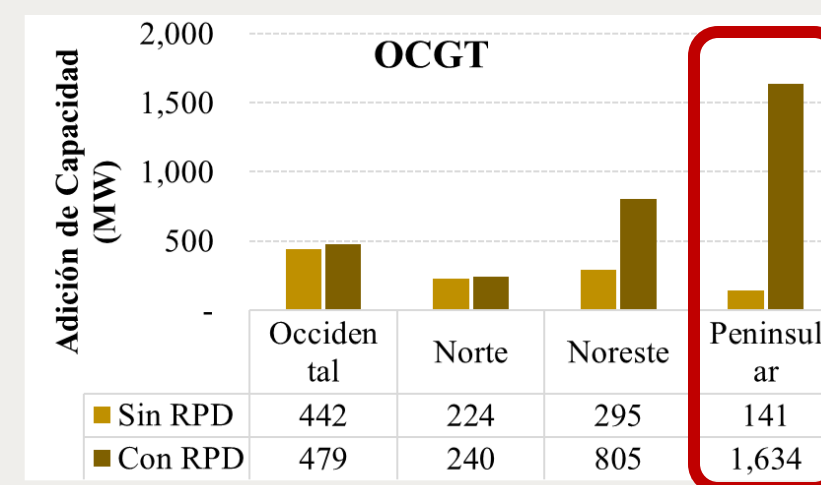
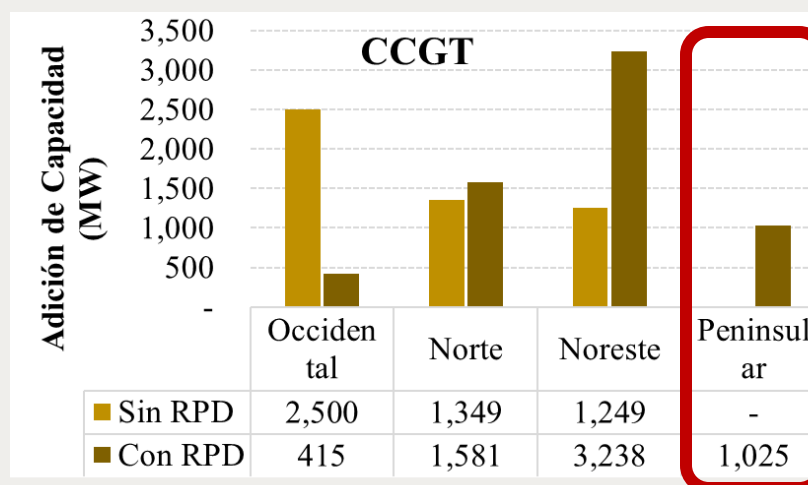
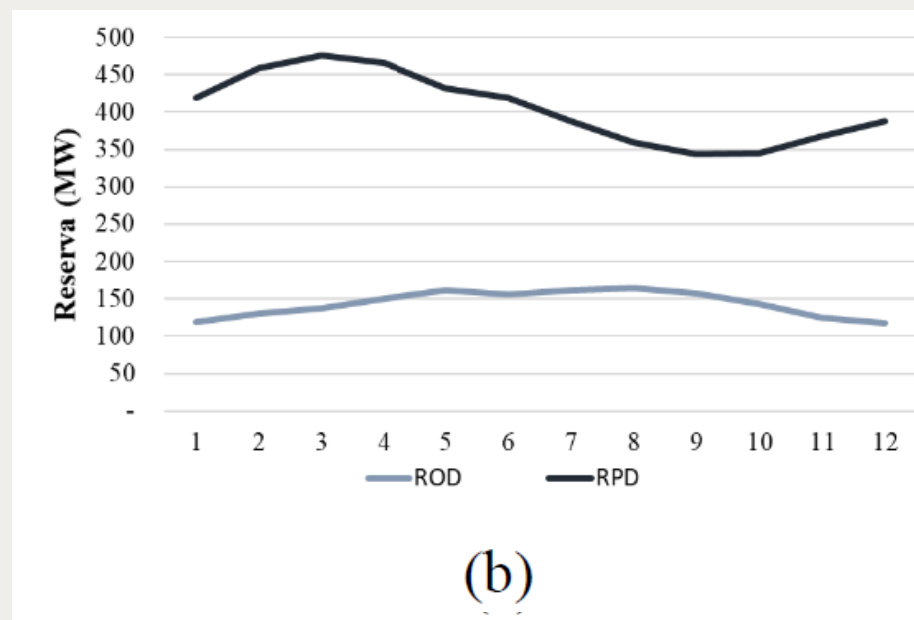
- (a) Norte: presenta baja intermitencia en la oferta de energía. No hubo necesidad de aumentar la capacidad despachable
- (b) Peninsular: presenta una alta intermitencia en la oferta de energía. Aumento de la necesidad de capacidad despachable



## Resultados

### Requerimientos de Reserva

- (a) Norte: presenta baja intermitencia en la oferta de energía. No hubo necesidad de aumentar la capacidad despachable
- (b) Peninsular: presenta una alta intermitencia en la oferta de energía. Aumento de la necesidad de capacidad despachable



## Conclusión

- El uso de un modelo de expansión con granularidad horaria trae beneficios en análisis de la expansión de la generación, al permitir capturar con más detalle la dinámica de operación del Sistema con restricciones de *unit commitment* y representación de la variabilidad en la oferta de energía de usinas intermitentes, por ejemplo.
- El requisito de RPD tiende a calcular un plan de expansión que trae mayor confiabilidad al Sistema, ya que la intermitencia de la generación renovable fue considerada en el proceso de decisión de inversión. Uno de los efectos observados es la reubicación geográfica de usinas despachables, como forma de reducir la intermitencia en la oferta de energía en estas áreas
- Se observó que, al considerar la variabilidad de la generación renovable no convencional en el requisito de reserva debido a la intermitencia, el modelo adapta el plan de expansión para acomodar esas centrales en el sistema, optimizando siempre los costos involucrados en el proceso de expansión.

Muchas Gracias!  
E-mail: [weslly@psr-inc.com](mailto:weslly@psr-inc.com)



**cigre**

For power system expertise