

Criterios y modelos para el cálculo de la potencia de suficiencia

Presentación Mesa de Trabajo del Reglamento de Potencia

Esteban Gil

22/10/2020

Marco conceptual

1. Estimación de la suficiencia

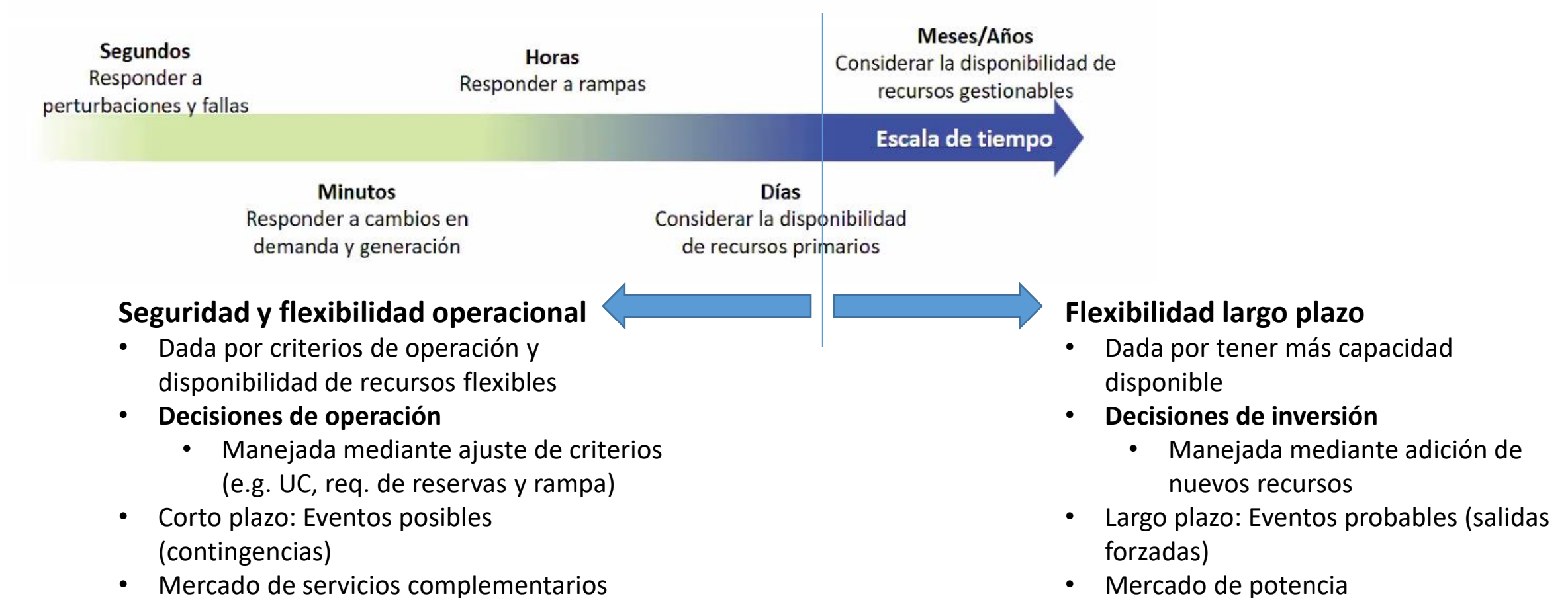


```
graph TD; A[1. Estimación de la suficiencia] --> B[2. Estimación de la Potencia de Suficiencia]; B --> C[3. Procurando niveles adecuados de suficiencia];
```

2. Estimación de la Potencia de Suficiencia

3. Procurando niveles adecuados de suficiencia

Suficiencia del sistema



1. Estimación de la suficiencia

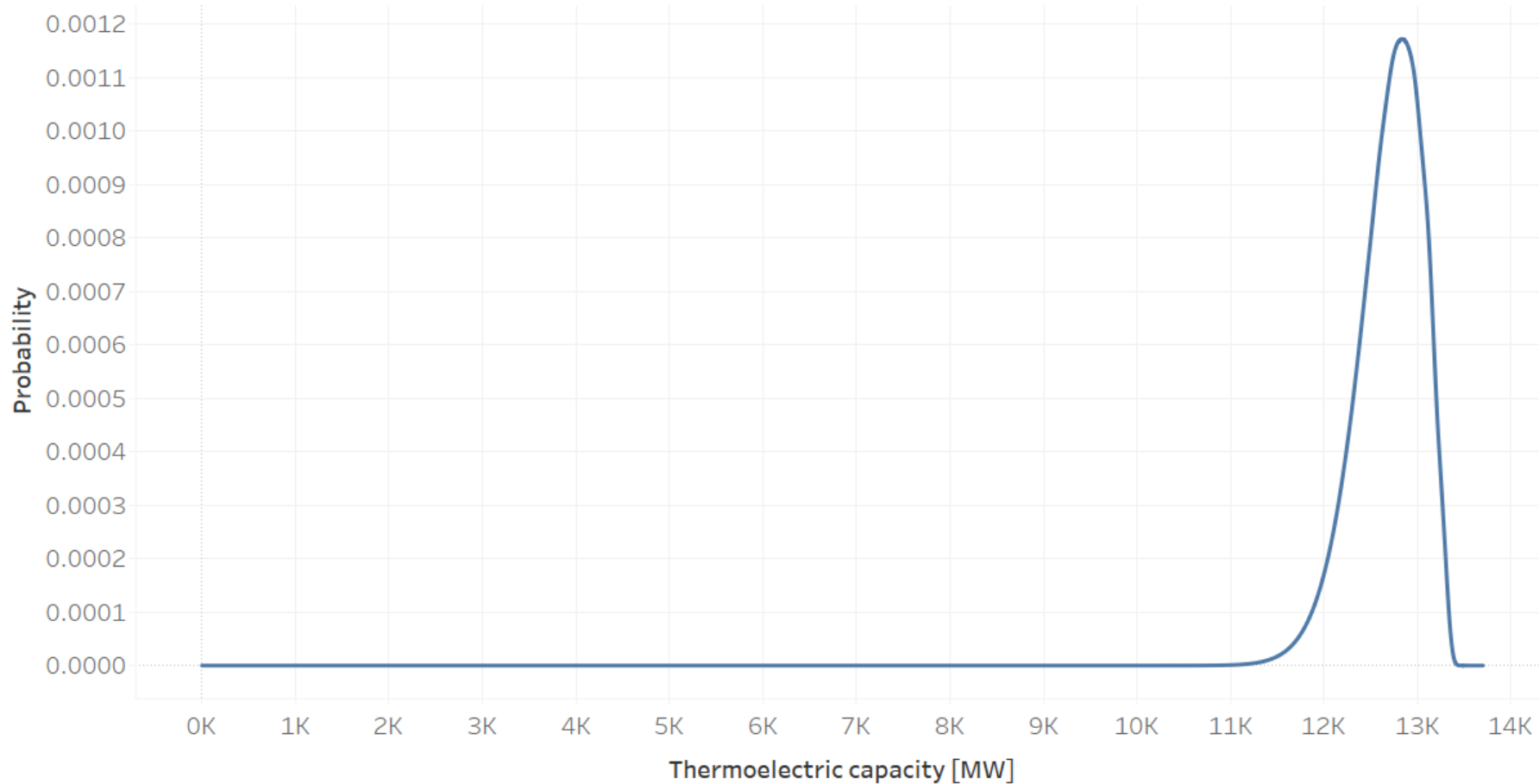
1. Estimación de la suficiencia

- ¿Cómo estimar la suficiencia de un sistema eléctrico?
 - EENS
 - Loss of Load Expectation: LOLE (suma del LOLP horario)

$$LOLP_t(E(Demanda_t)) = P(E(D_t) > C_t^{Térm} + C_t^{Hidro} + C_t^{Eólico} + C_t^{Solar} + C_t^{Almac.} + C_t^{otros} - error_t^{Demanda})$$

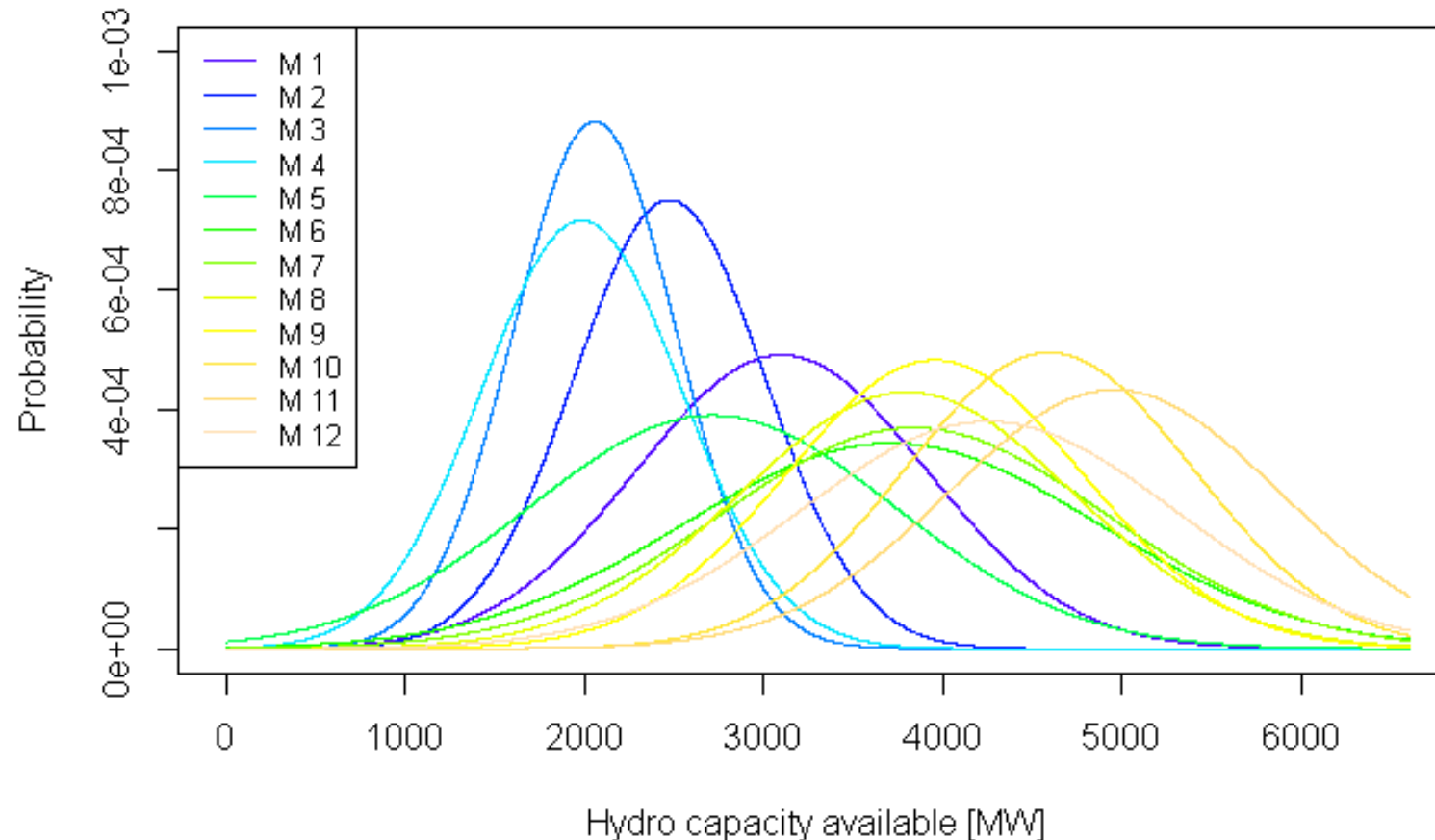
- **LOLP** se puede pensar como una **función de la demanda esperada**
- La capacidad disponible de **todos** los recursos (y la demanda) son **estocásticas**

1. Estimación de la suficiencia: Modelo termoeléctricas



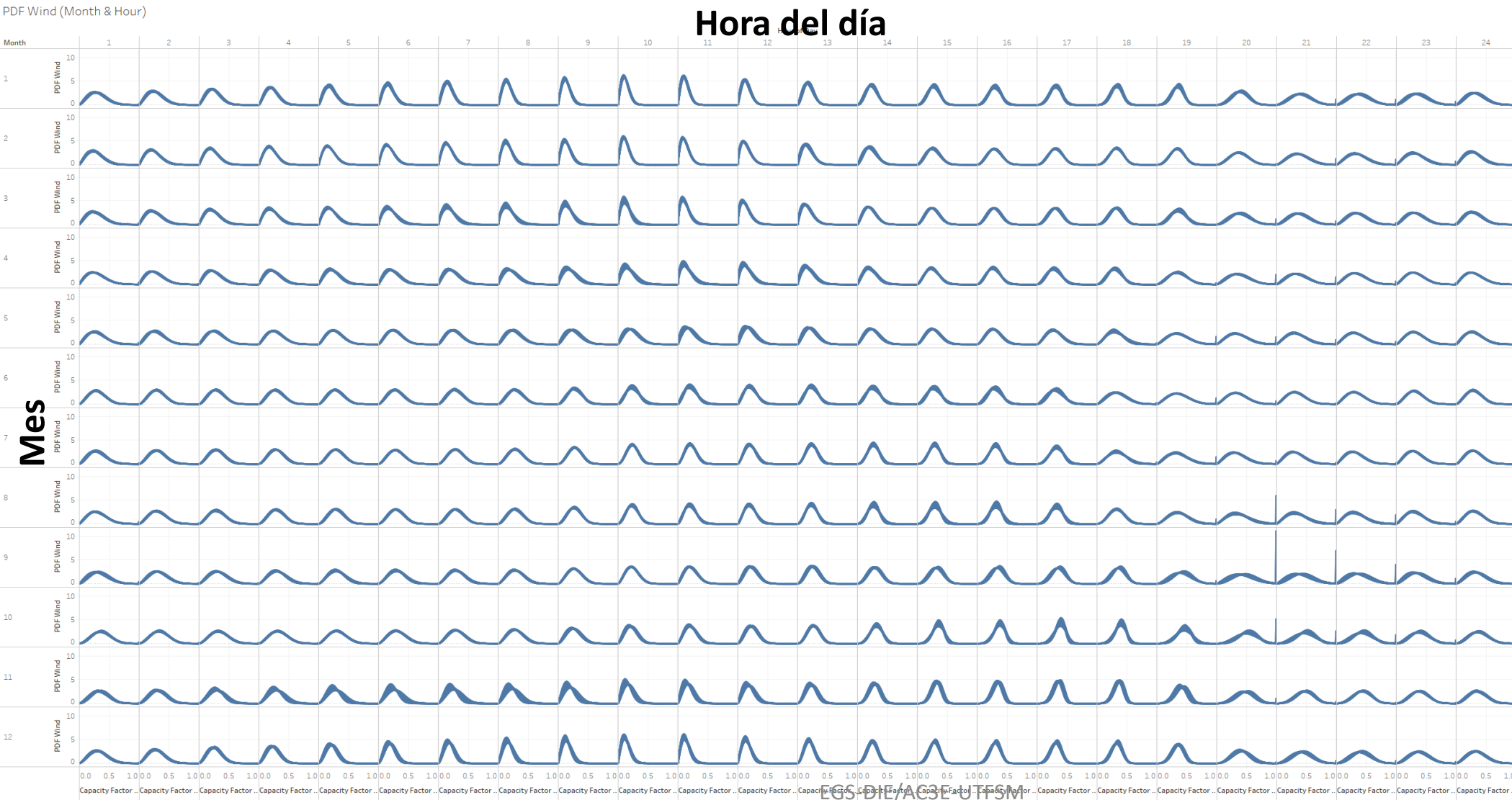
Distribución de probabilidad de la capacidad total de generación termoeléctrica en el SEN para el 2019, considerando sus tasas de salida forzada

1. Estimación de la suficiencia: Modelo hidroelectricidad



Distribución de probabilidad mensual de la capacidad total de generación hidroeléctrica en el SEN para el 2019, considerando conjunto de estadísticas hidrológicas desde 1960

1. Estimación de la suficiencia: Modelo capacidad eólica

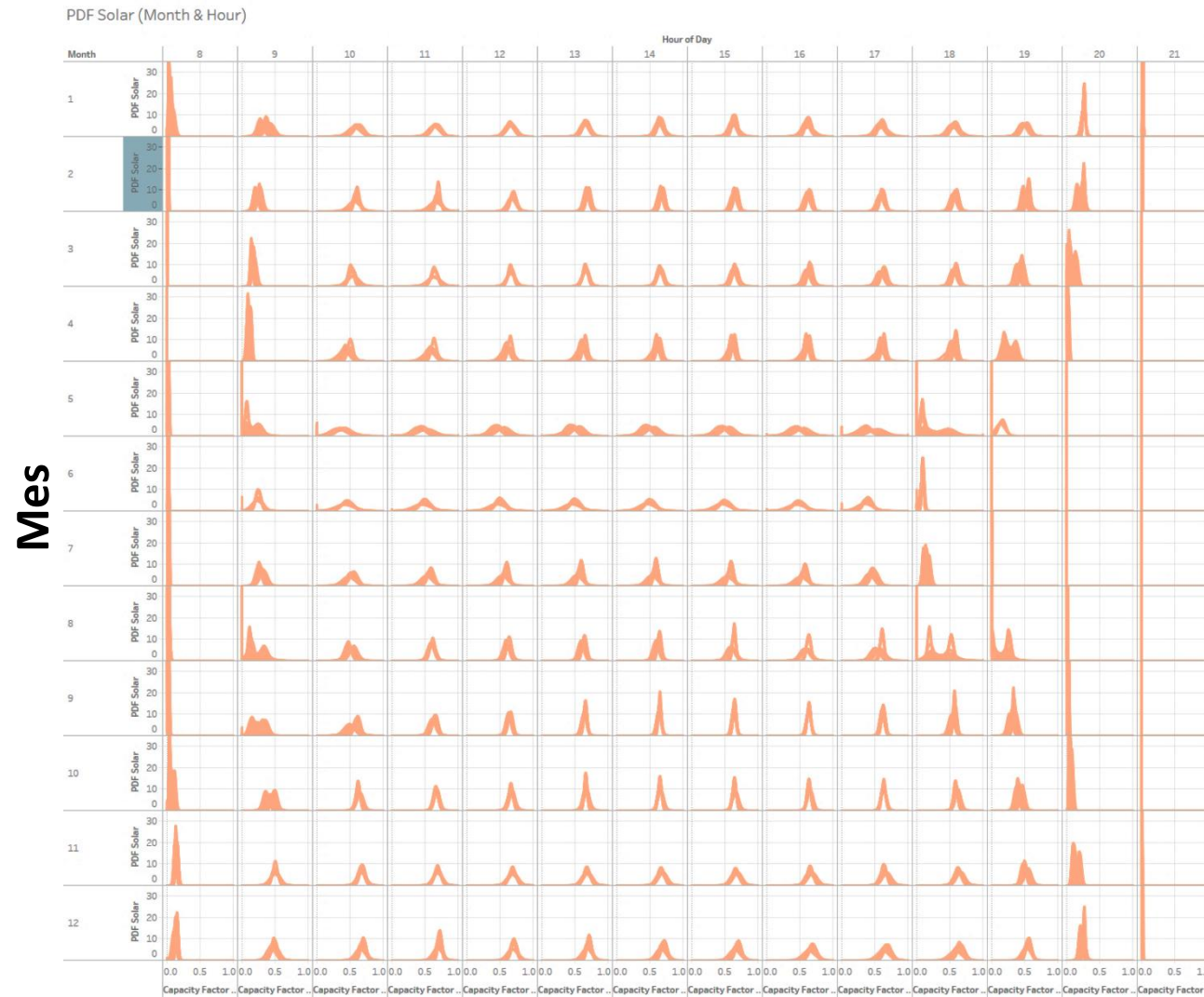


8760 distribuciones de probabilidad horarias de capacidad eólica total disponible para el SEN (datos del 2017-2019)

Datos actualizados al 2017-2019 a partir de modelamiento inicial en memoria de J. Berríos

1. Estimación de la suficiencia: Modelo capacidad solar

Hora del día

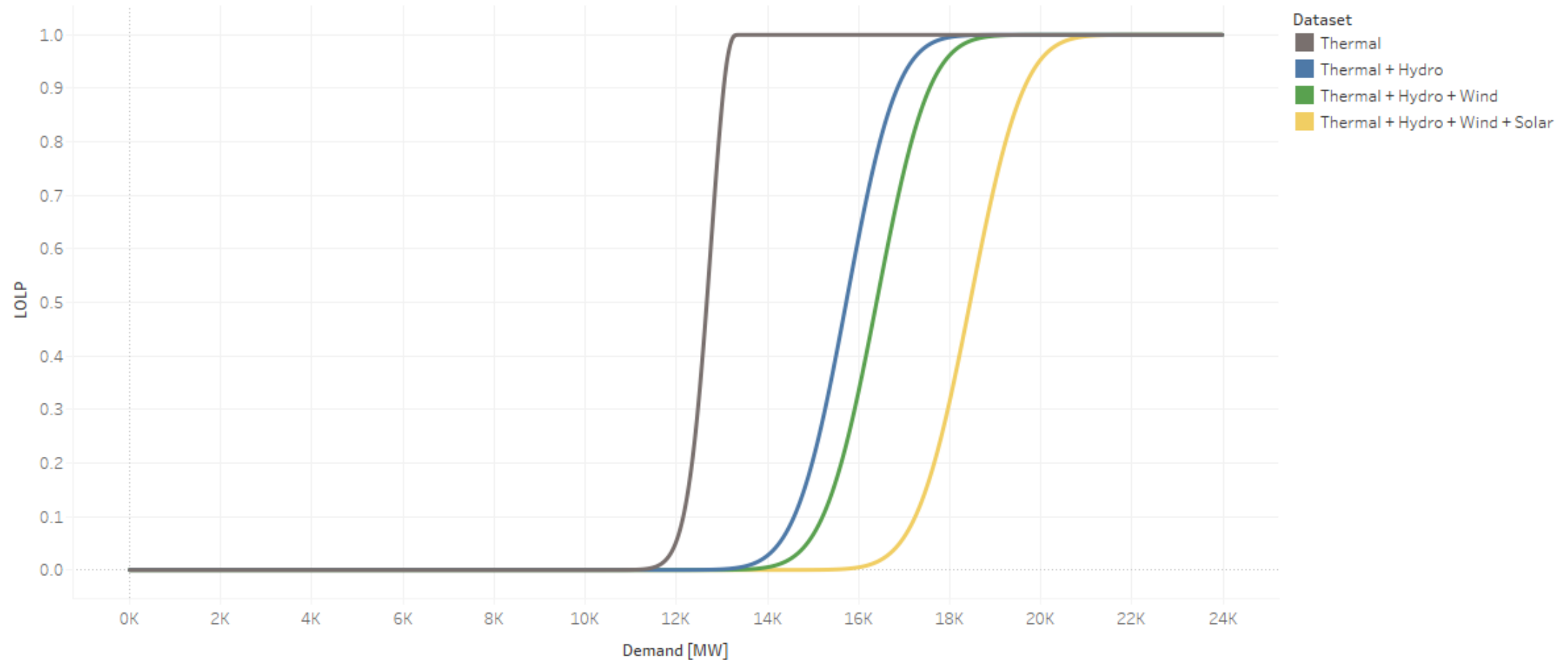


8760 distribuciones de probabilidad horarias de capacidad solar disponible para el SEN (datos del 2017-2019)

Datos actualizados al 2017-2019 a partir de modelamiento inicial en memoria de J. Berríos

1. Estimación de la suficiencia: Curvas LOLP vs Demanda

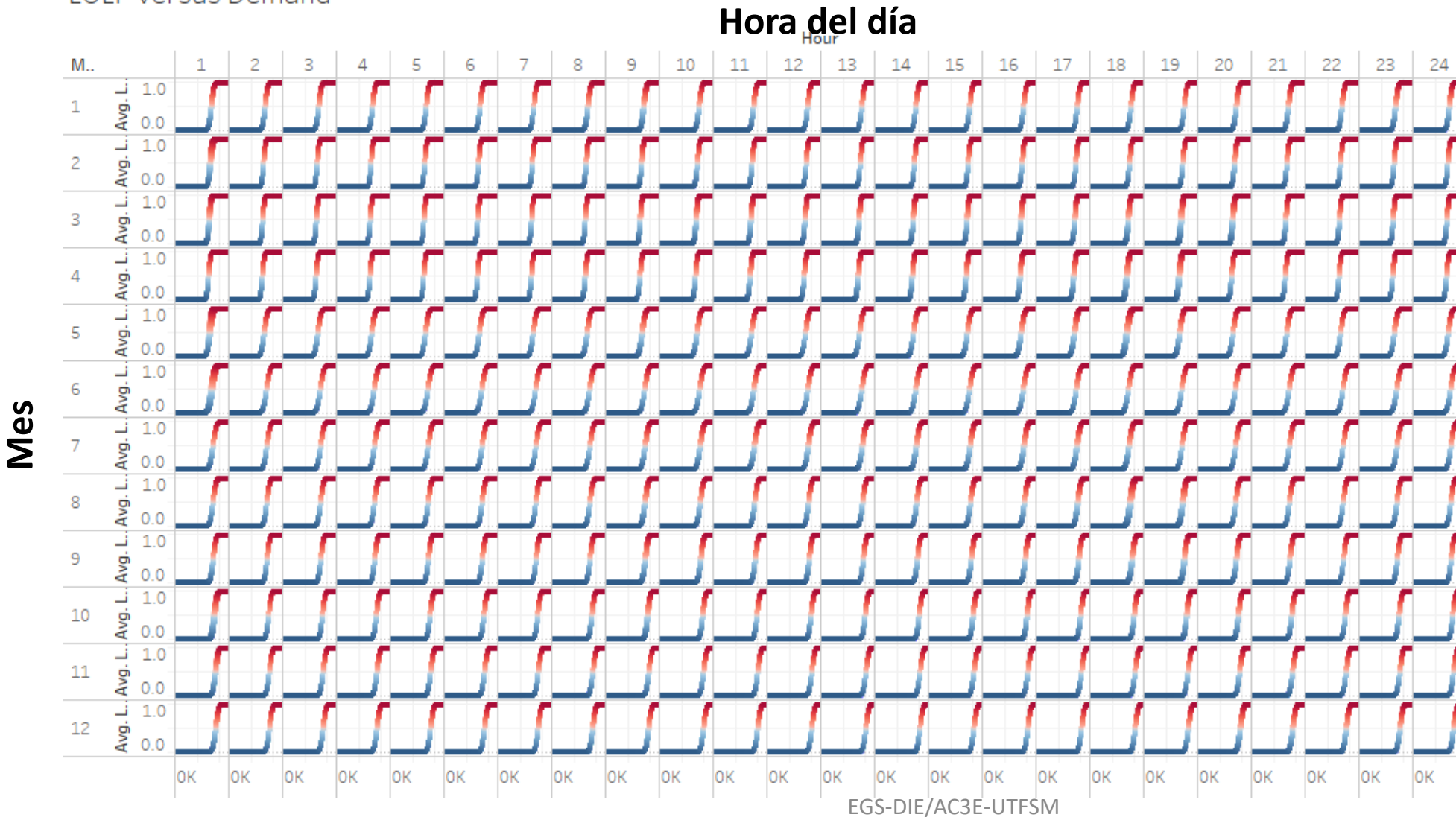
LOLP versus Demand



The trend of average of Lolp for Demand [MW]. Colour shows details about Dataset. Details are shown for Datapoint. The data is filtered on Date, Hour and Month. The Date filter keeps 01/01/2019 and Hour 16.

1. Estimación de la suficiencia: Curvas LOLP vs Demanda

LOLP versus Demand



Curvas de LOLP versus Demanda para el año 2019, para distintas horas del día y meses del año

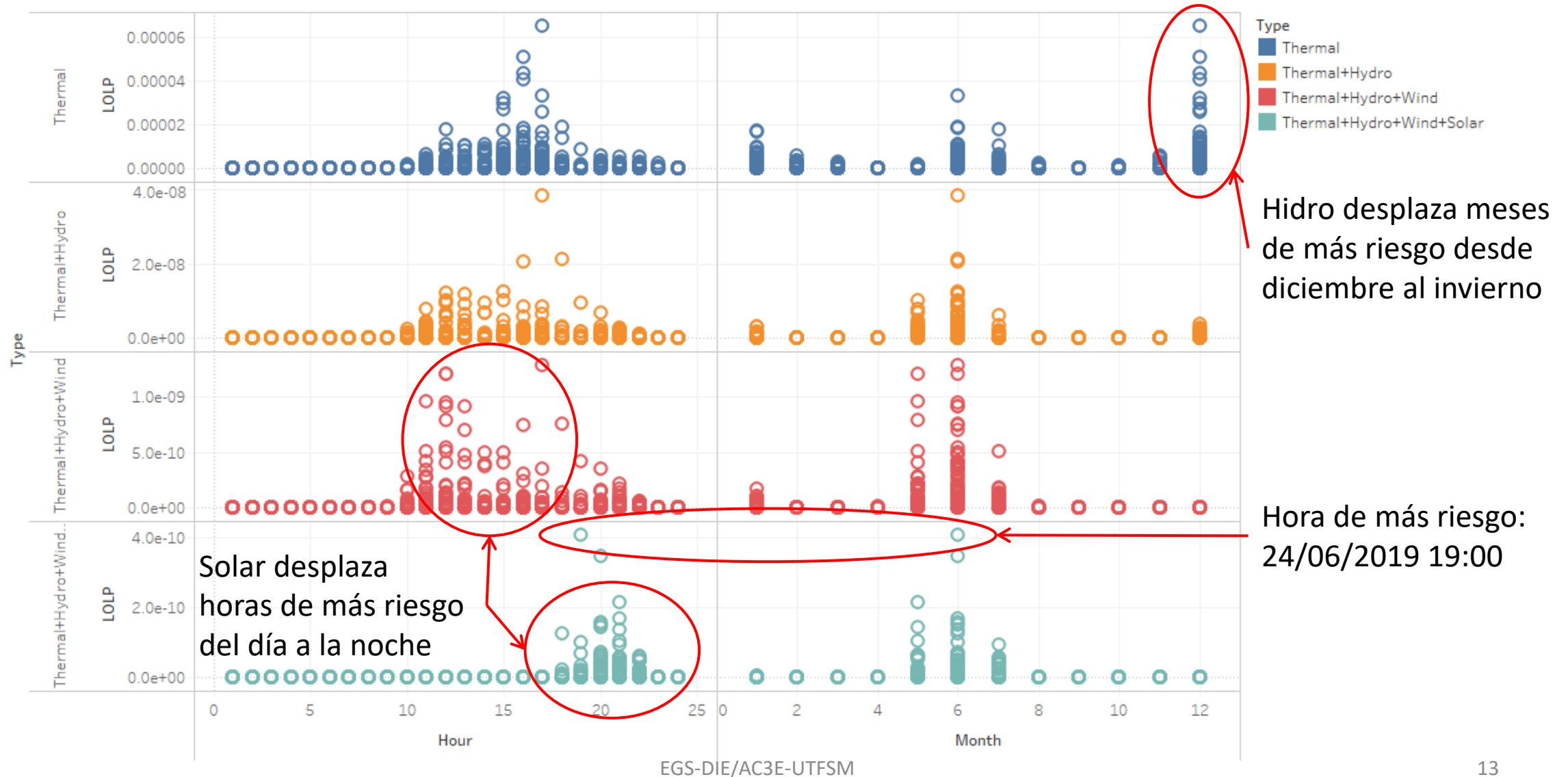
Se evalúan las curvas horarias respectivas en los valores esperados de demanda horaria y se obtiene el LOLP horario

1. Estimación de la suficiencia: ¿Cuándo hay más riesgo?

- ¿Cuándo hay más riesgo en el sistema?
 - Más demanda solía implicar mayor probabilidad de insuficiencia
 - ERNCs han cambiado esto en dos formas:
 - Generación ERNC tiene variabilidad
 - Se concentra en ciertas horas, aumentando la generación disponible para satisfacer la demanda neta
 - Por ejemplo, bloque solar no tiene riesgo de insuficiencia elevado, ya que hay suficiente capacidad extra disponible
 - Generación ERNC tiene incertidumbre
 - La estimación de suficiencia debe tomar en cuenta dicha incertidumbre

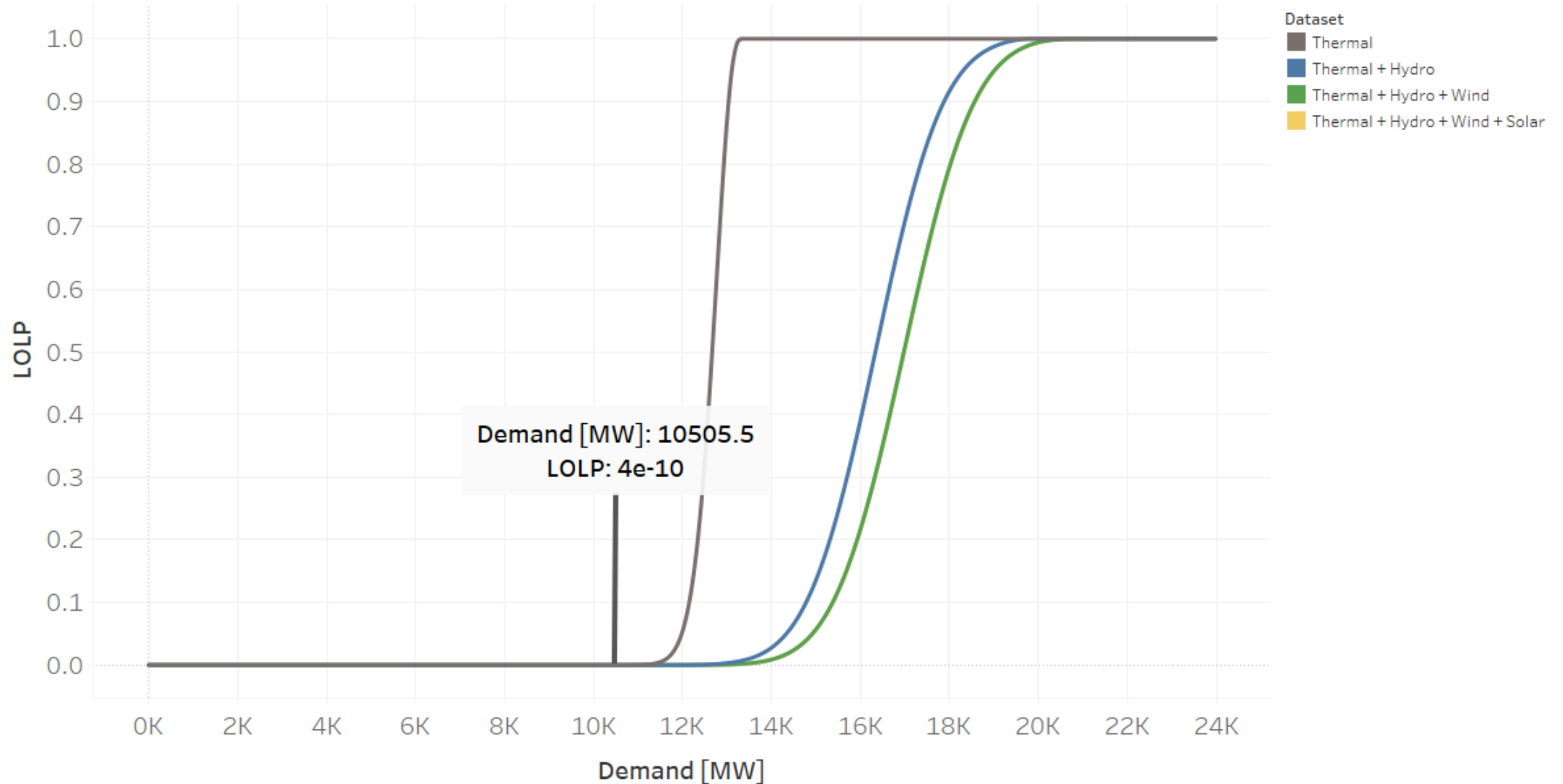
1. Estimación de la suficiencia: ¿Cuándo hay más riesgo?

LOLP distribution across the year



1. Estimación de la suficiencia: ¿Hay exceso de capacidad?

LOLP versus Demand curve for 24/06/2019, 19:00



EGS-DIE/AC3E-UTFSM

1. Estimación de la suficiencia: ¿Hay exceso de capacidad?

- LOLE para el SEN 2019:

- Considerando solo el parque:

- Térmico: 0.00152 (h/año)

- Térmico + Hidro: 5.63e-07 (h/año)

- Térmico + Hidro + Eólico: 3.24e-08 (h/año)

- Térmico + Hidro + Eólico + Solar: 4.33e-09 (h/año)

- Criterio 1 en 10 años:

- LOLE = 0.1 (h/año)

1. Estimación de la suficiencia: ¿Cómo se hace en Chile?

¡NO SE HACE!

- Criterio actual en Chile asume que todo el riesgo se concentra en 52 horas de mayor demanda
- Tiene varios problemas graves:
 - **No estima la suficiencia del sistema**
 - No toma en cuenta criterios probabilísticos
 - **No considera efectos ni de la variabilidad ni de la incertidumbre** de ningún tipo de recurso en la suficiencia
 - Es binario: O hay riesgo (en 52 horas), o no hay riesgo (8708 horas restantes)
 - En las 52 horas, asume que todo el riesgo es igual

1. Estimación de la suficiencia: criterios regulatorios

Criterio 1

- Estimación de la suficiencia debe hacerse de manera **probabilística y basándose en el riesgo**, no solo la demanda

Criterio 2

- Estimación de la suficiencia debe hacerse de manera horaria, **para todas las horas**

Criterio 3

- Estimación de la suficiencia debe tomar en cuenta la **variabilidad e incertidumbre** de **todos los tipos de recursos**, incluyendo los recursos energéticos variables

1. Métodos para la estimación de la suficiencia

Métodos analíticos

- Usan teoría de probabilidades (convolución)
- **No permiten incluir criterios operacionales de manera sencilla**
- **Dan valores más bajos de riesgo**
- Permiten incluir variabilidad e incertidumbre de ERNC
- Son sencillos de implementar
- **Son rápidos de calcular y fáciles de reproducir**

Métodos basados en simulación

- Usan simulación de Monte Carlo
- **Permiten incluir criterios operacionales**
- Sin restricciones operacionales, convergen a los resultados de modelos analíticos
- **Dan valores más altos de riesgo**
- Permiten incluir variabilidad e incertidumbre de ERNC
- Dado un modelo de producción, son relativamente sencillos de implementar
- **Son lentos de calcular y difíciles de reproducir**

1. Métodos para la estimación de la suficiencia

- Pero, ¿**deben considerarse criterios operacionales en la estimación de la suficiencia?**
 - Se arriesga mezclar criterios de largo plazo (suficiencia) con criterios de corto plazo (seguridad), que quizás debieran ser del dominio exclusivo de los SSCC
- **Corolario metodológico**
- Si se decide no modelar ciertos criterios operacionales en la estimación de la suficiencia, los **métodos analíticos** son una mejor alternativa que los métodos de simulación dada su relativa **simplicidad, rapidez y reproducibilidad**

2. Estimación de la potencia de suficiencia

2. Potencia de suficiencia: Definiciones y métodos

- Es la **contribución que recursos individuales hacen a la suficiencia de un sistema**
- Potencia de suficiencia = Valor de capacidad (*Capacity Value, CV*)
- Distintos métodos de estimación:
 - Contribución promedio en horas de punta
 - **ELCC** (*Effective Load Carrying Capability*)
 - **EFC** (*Equivalent Firm Capacity*)
- ELCC y EFC se pueden calcular de distintas formas

2. Potencia de suficiencia: Distintas formulaciones

Por ejemplo, para un recurso g con perfil $\mathbf{E}(G_t^g)$:

- ELCC Incremental:
 CV^{inc}

$$= \arg \min_{\Delta D} \left| \sum_{\forall t} LOLP_t^0(D_t + \Delta D) - E(G_t^g) - \sum_{\forall t} LOLP_t^0(D_t) \right|$$

- EFC Incremental:
 CV^{inc}

$$= \arg \min_{\Delta C} \left| \sum_{\forall t} LOLP_t^0(D_t) - E(G_t^g) - \sum_{\forall t} LOLP_t^0(D_t - \Delta C) \right|$$

- ELCC Marginal:

$$CV^{marg} = \frac{\sum_{\forall t} LOLP_t'(D_t) E(G_t^g)}{\sum_{\forall t} LOLP_t'(D_t)}$$

- EFC Marginal:

$$CV^{marg} = \frac{\sum_{\forall t} LOLP_t'(D_t) E(G_t^g)}{\sum_{\forall t} LOLP_t'(D_t)}$$

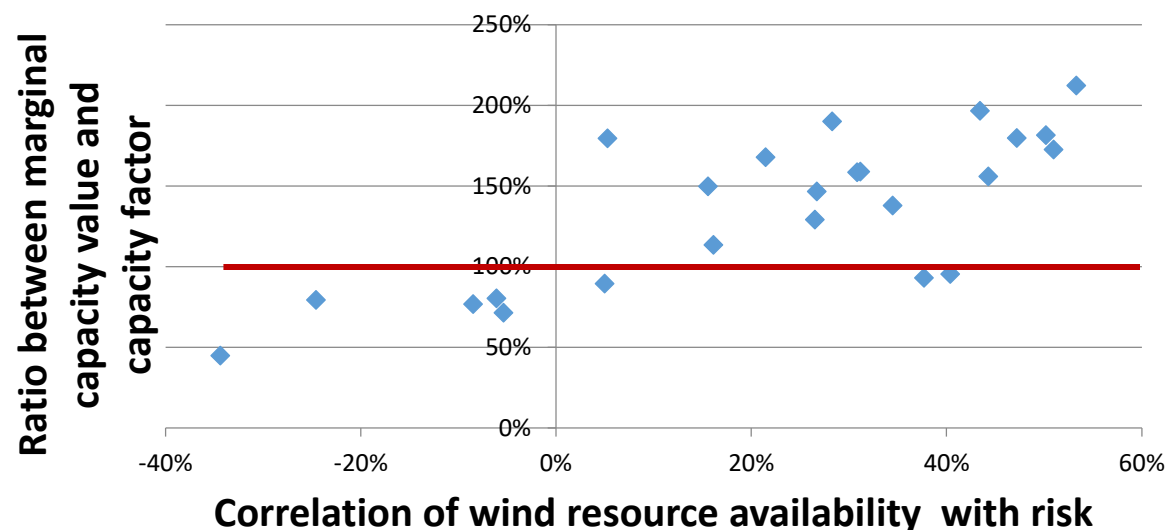
- ELCC Total para el recurso:

$$CV^{bulk} = \arg \min_{\Delta D} \left| \sum_{\forall t} LOLP_t^1(D_t + \Delta D) - \sum_{\forall t} LOLP_t^0(D_t) \right|$$

- EFC Total para el recurso:

$$CV^{bulk} = \arg \min_{\Delta C} \left| \sum_{\forall t} LOLP_t^1(D_t) - \sum_{\forall t} LOLP_t^0(D_t - \Delta C) \right|$$

2. Potencia de suficiencia: Ejemplo eólico



Efecto de la correlación entre la disponibilidad del recurso con el riesgo:

Central	Pot. Inst. MW	Correl. con demanda	Correl. con riesgo	Factor de planta		$CV^{marg} /$ Pot
Eólica Renaico	88	-38%	-25%	36%	>	28.39%
Eólica Taltal	99	-82%	53%	34%	<	72.32%

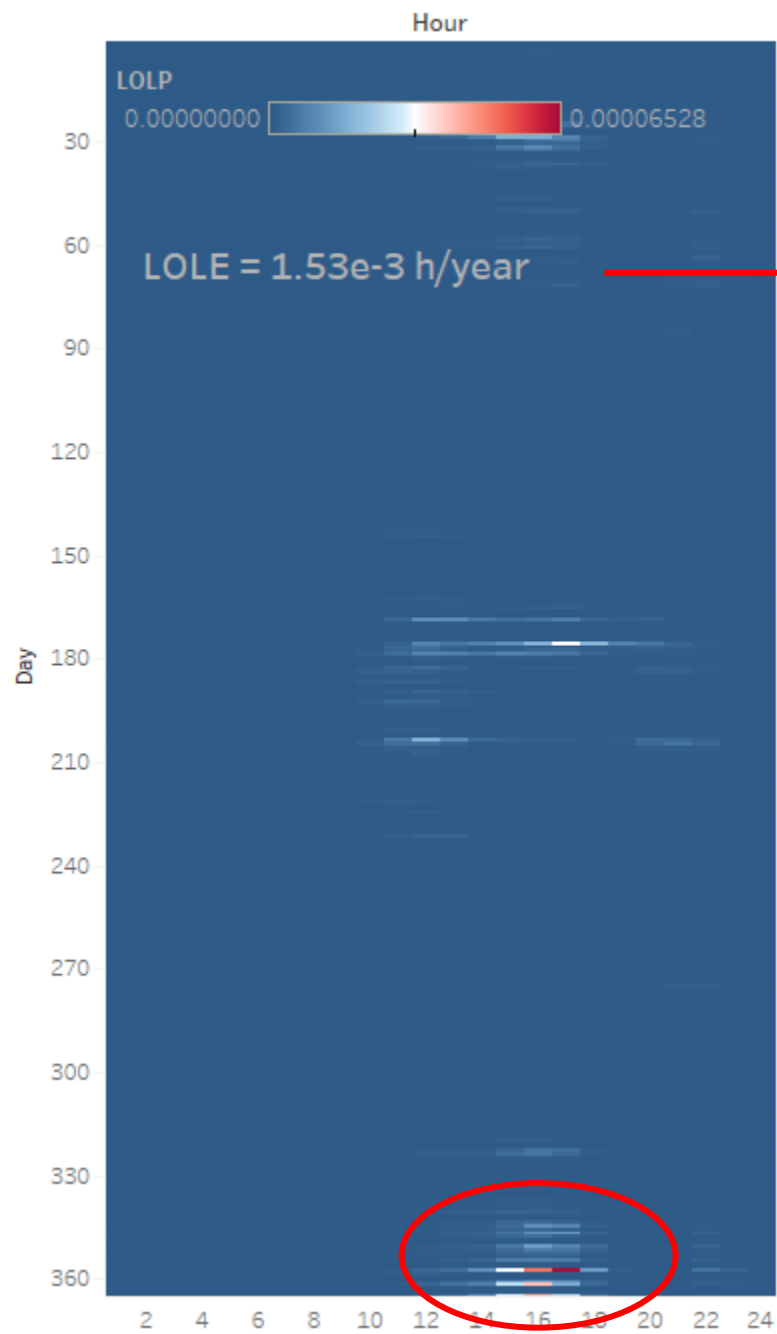
2. Potencia de suficiencia: Ejemplo solar

- **Ejemplo:** Planta solar, 200 MW con factor de planta 59%

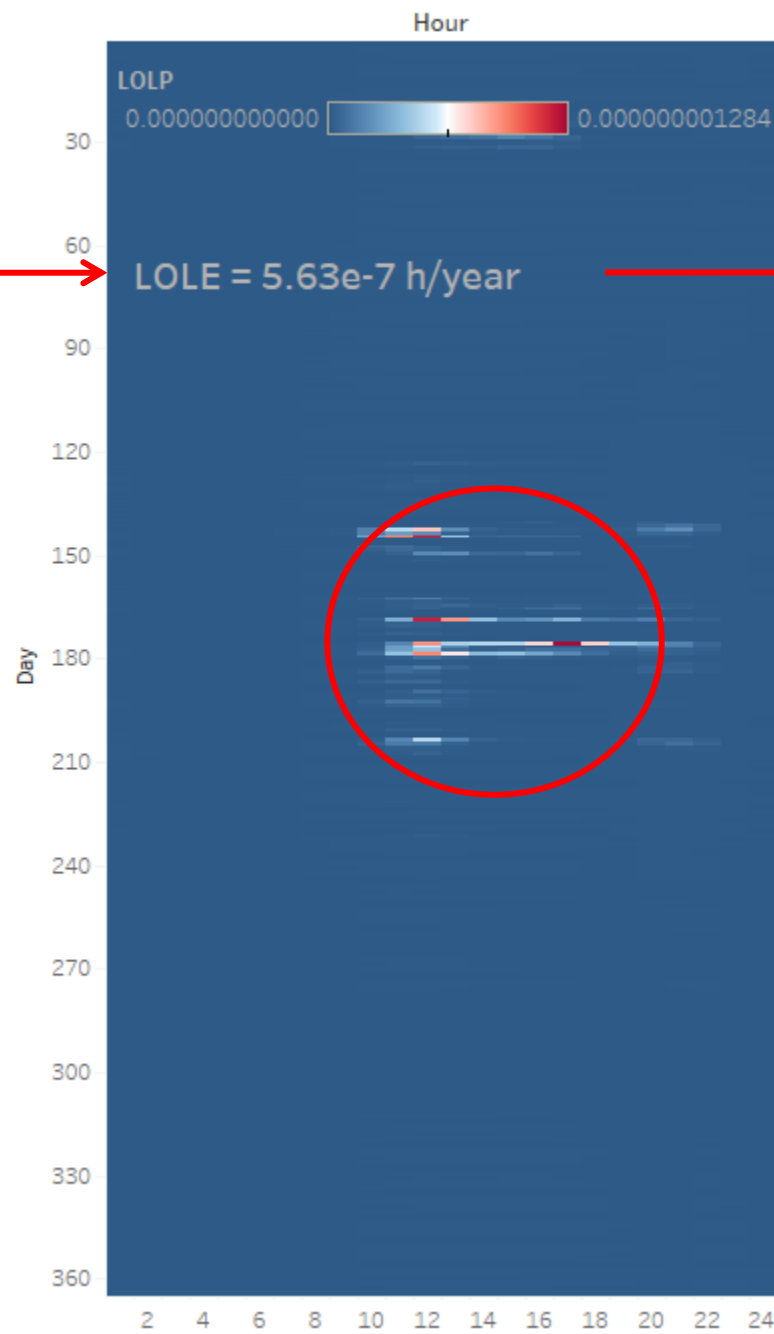
- ELCC: $CV^{inc} = 0.4710\%$ < $CV^{marg} = 0.5182\%$ < $CV^{bulk} = 9.995\%$
> >

- EFC: $CV^{inc} = 0.4698\%$ < $CV^{marg} = 0.5182\%$ < $CV^{bulk} = 9.808\%$

System risk: Thermal capacity only



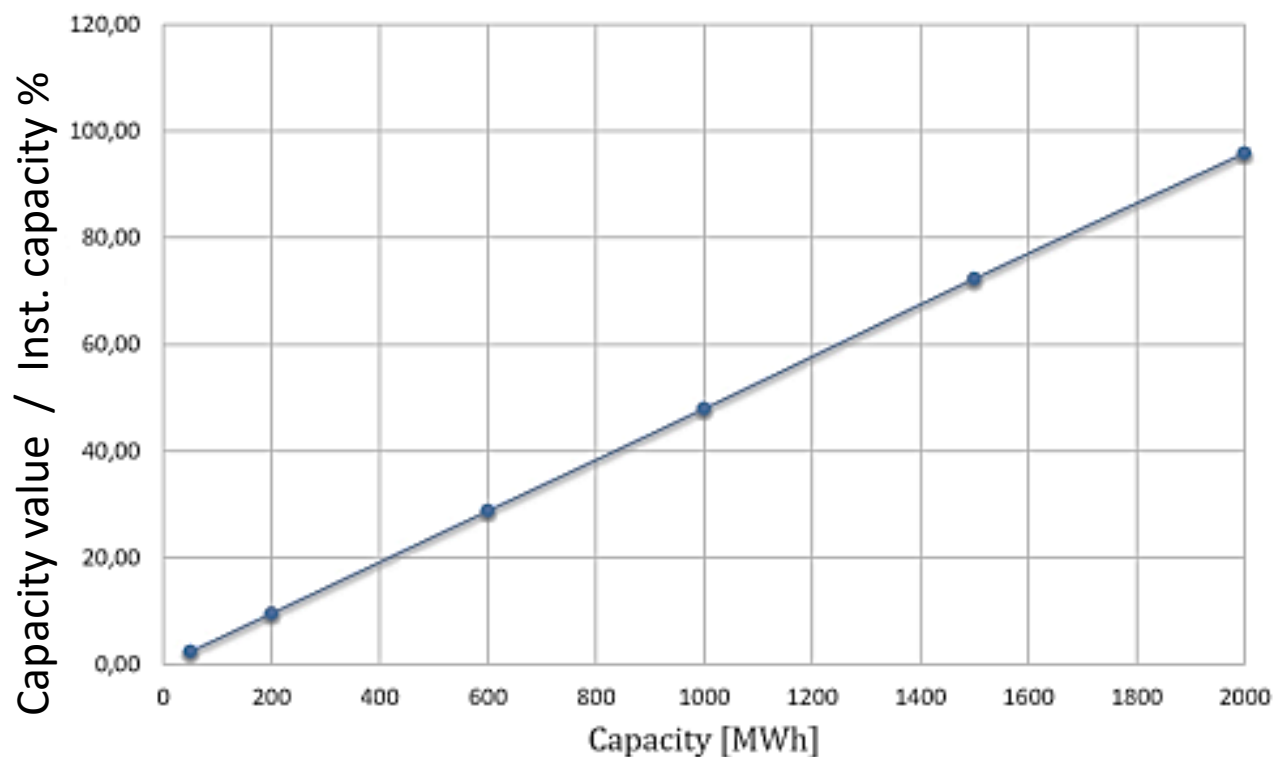
System risk: Thermal & hydro only



System risk: Thermal & Hydro & ERNC



2. Potencia de suficiencia: Ejemplo almacenamiento



- PHES

$\eta=78\%$, 200 MW, 2000 MWh

Arbitraje de energía: CV = 37.61%

Minimizando LOLP: CV = 98.07%

- BESS

$\eta=88\%$, 20 MW, 10 MWh

Arbitraje de energía: CV = 9.27%

Minimizando LOLP: CV = 29.95%

2. Potencia de suficiencia: Criterios regulatorios

Criterio 4

- Estimación de potencia de suficiencia debe considerar **criterios probabilísticos** y evaluando la **contribución esperada** que hacen los recursos **en forma horaria** a mejorar la suficiencia del sistema

Criterio 5

- La **correlación con el riesgo** debiera ser más importante que la correlación con la demanda al calcular la potencia de suficiencia

Criterio 6

- Debe decidirse entre remunerar el **aporte incremental, marginal o total de los recursos variables**

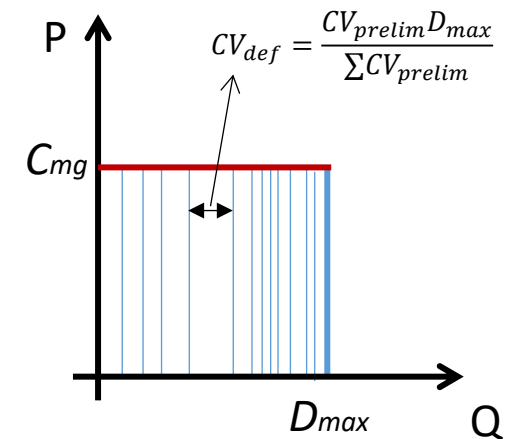
Criterio 7

- Distintos **modos de operación** pueden implicar distintos aportes a la suficiencia

3. Procurando niveles adecuados de suficiencia

3. Procurando niveles adecuados de suficiencia

- En Chile no funciona un mercado de capacidad, pues no se cruzan oferta y demanda
 - Es un **pago administrativo**, que **no promueve la eficiencia económica**
 - Se fija el precio
 - En base a tecnología que quizás no sea la más eficiente
 - Se fija la cantidad
 - Se usa demanda máxima en vez de una reserva de capacidad o criterio de suficiencia
 - **Precio x Cantidad** y se reparte la torta
 - Más comensales implica una tajada más chica a cada uno
 - Repartición castiga desmesuradamente a los recursos energéticos variables
- Mientras se siga pagando a un precio fijo y el pedazo de torta que toque supere los costos fijos, **no hay incentivo para retirar unidades**
 - Pero sí es una barrera de entrada a recursos más eficientes
 - Más capacidad achica las porciones



Conclusiones principales

- Debe haber una **definición clara** de suficiencia, y un **requerimiento explícito** para la misma
- La estimación de la suficiencia y la contribución **esperada** a la suficiencia de **todo** tipo de recursos individuales debe basarse en **criterios probabilísticos**
- Debe elegirse un **método claro y no discriminatorio** para estimar la potencia de suficiencia, especialmente hacia los **recursos energéticos variables**
- Actualmente hay **un exceso de capacidad instalada**
 - La seguirá habiendo mientras exista el diseño de mercado actual
 - Nuevos recursos no perciben los incentivos adecuados



Advanced Center
for Electrical and Electronic Engineering

esteban.gil@usm.cl

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

Eléctrica
UTFSM

EGS-DIE/AC3E-UTFSM



UNIVERSIDAD TÉCNICA
FEDERICO SANTA MARÍA