



DESARROLLO ENERGÍAS RENOVABLES EN  
LATINOAMÉRICA: MARCO ACTUAL, ESTRATEGIAS,  
DSAFÍOS, OPORTUNIDADES

4 y 5 de julio de 2019 - Cusco - Perú.

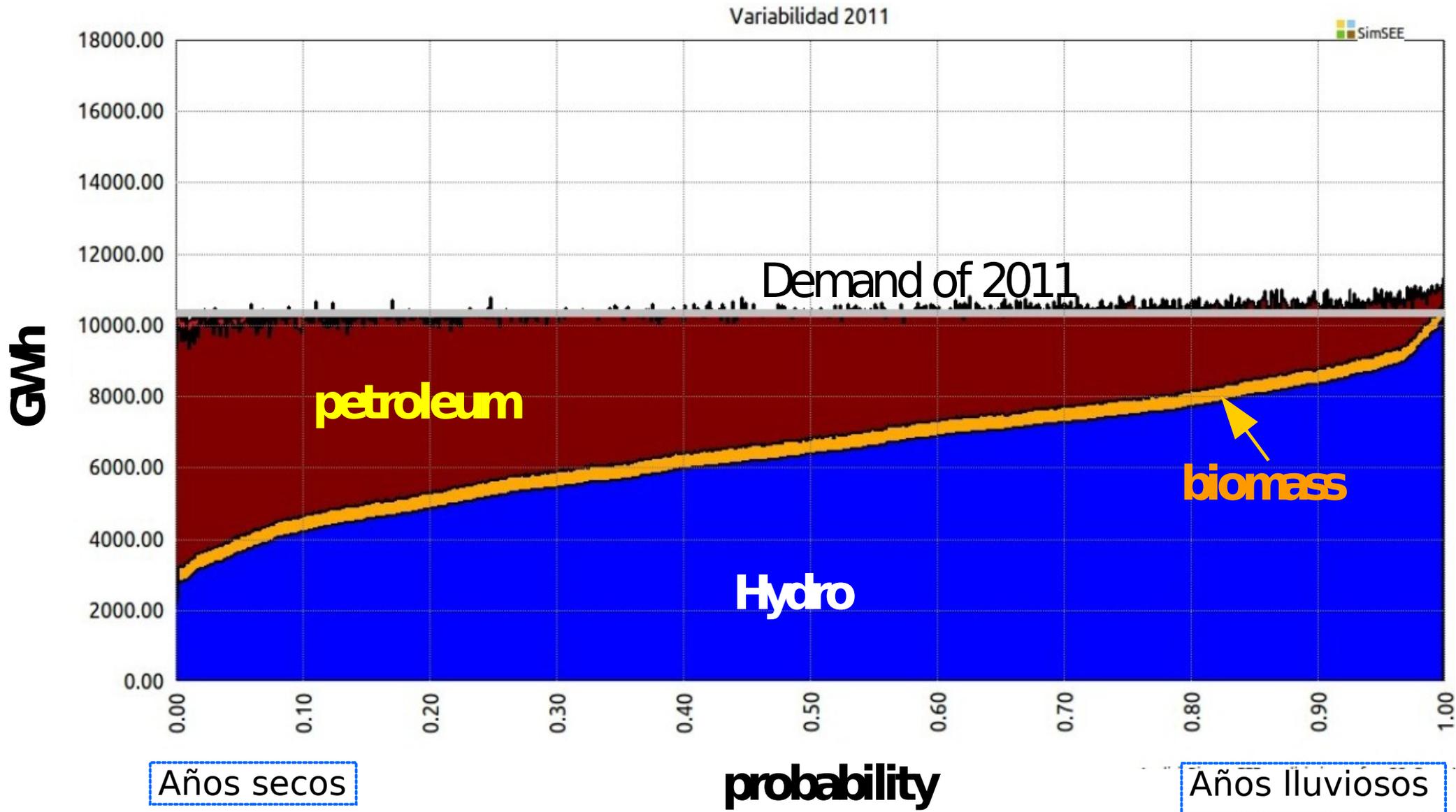


Caso:

**URUGUAY**

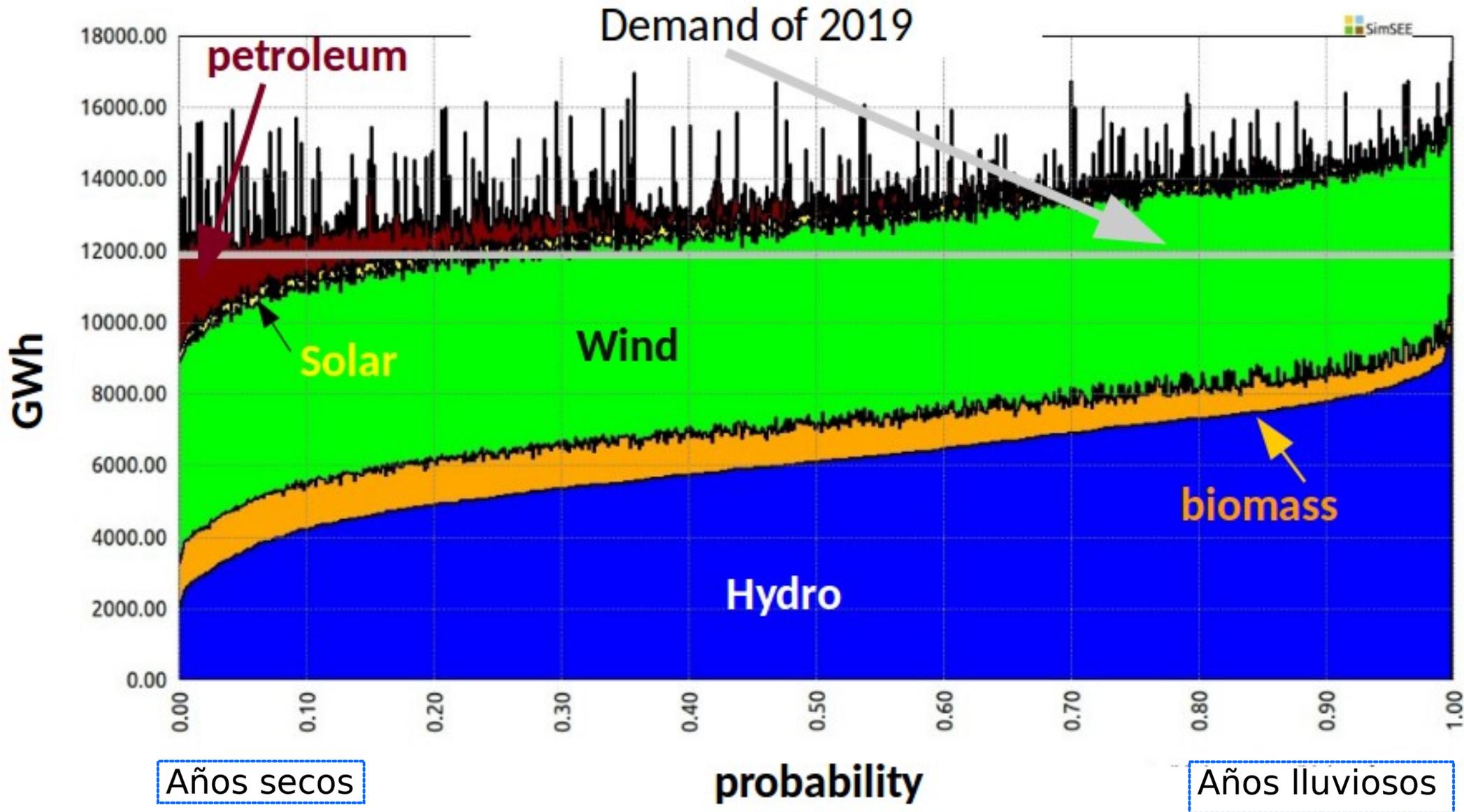
**MSc. Ing. Ruben Chaer**  
**Gerente de Técnica y Despacho Nacional de Cargas de ADME.**  
**Profesor Agregado del Instituto de Ingeniería Eléctrica del Uruguay. -IIE-FING-UDeLaR**  
**Senior Member of the IEEE**

# ¿Qué hicimos en Uruguay?.



Fuente: Estudio de planificación IIE 2010.

# El óptimo implica excedentes.



Fuente: Estudio de planificación IIE 2018.

# Caracterización de la variabilidad de las renovables en Uruguay.

Tiempo de promediación para recibir la energía esperada con  $\pm 10\%$  de error con confianza 90% como una medida del esfuerzo necesario para filtrar las intermitencias.



caudales hidro.



16 años

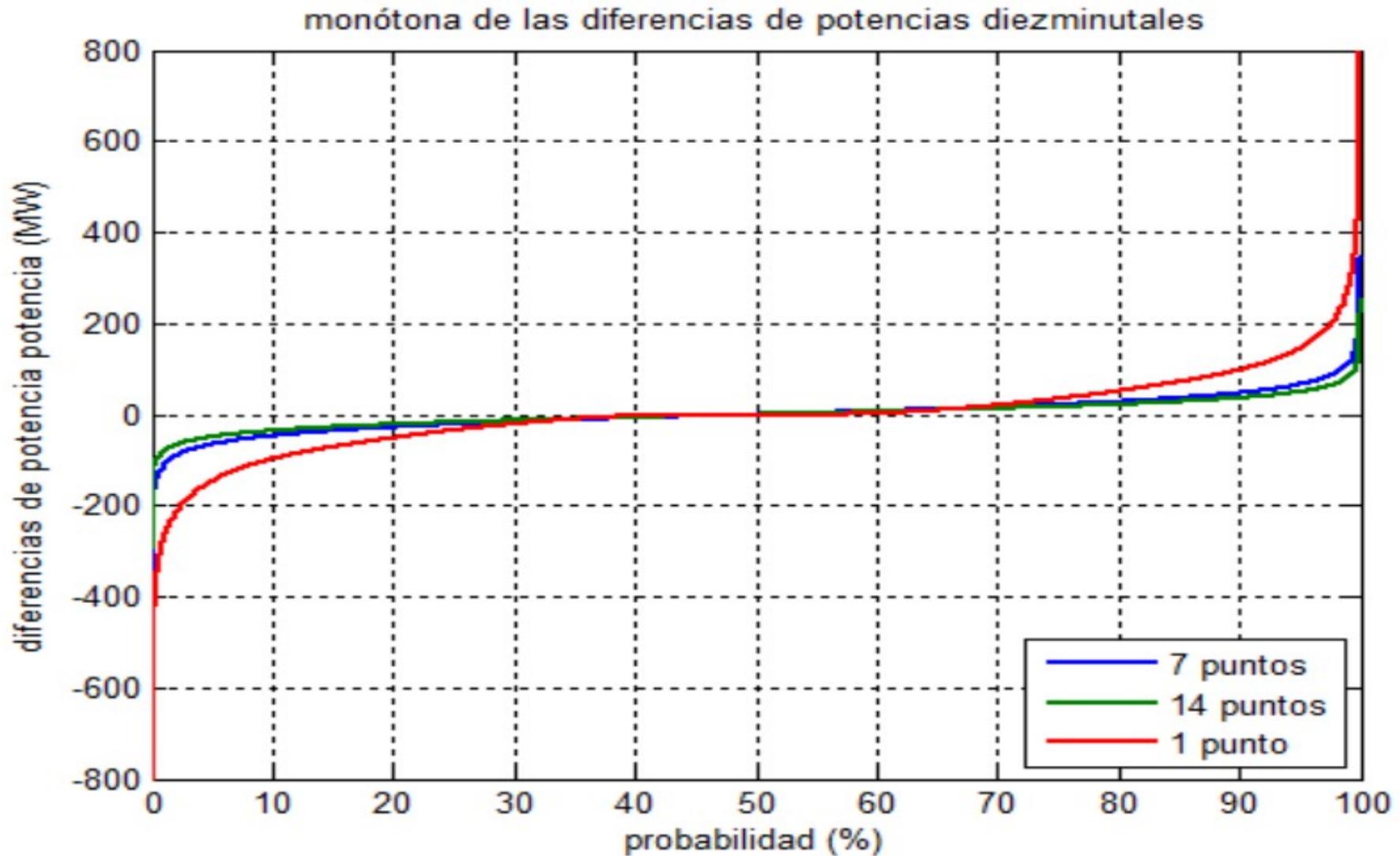
eólica & solar



2 meses

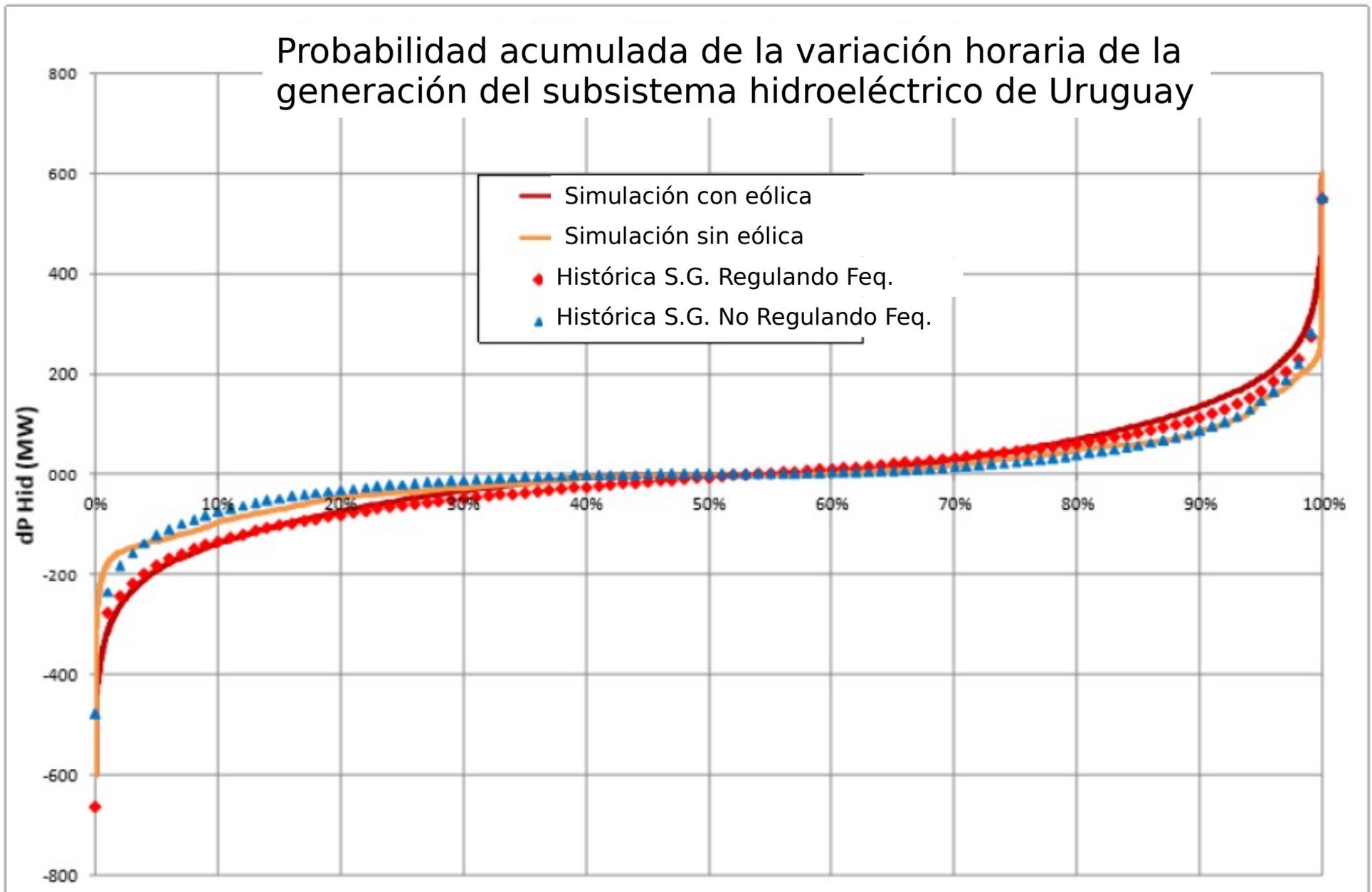
## VARIABILIDAD DE MUY CORTO PLAZO (10min-1 hora)

(600 MW, simulación 2011 en base a series de medidas de viento.)



La variabilidad de la generación eólica en el cortísimo plazo (plazos de hasta 1 hora) no representa problemas de manejo para el sistema. Se observa que esta variabilidad es menor cuanto más **distribuidos** se encuentran los parques.

# Capacidad de manejo de variaciones de Uruguay 2011. Simulaciones con 600 MW vs histórico del sistema hidráulico



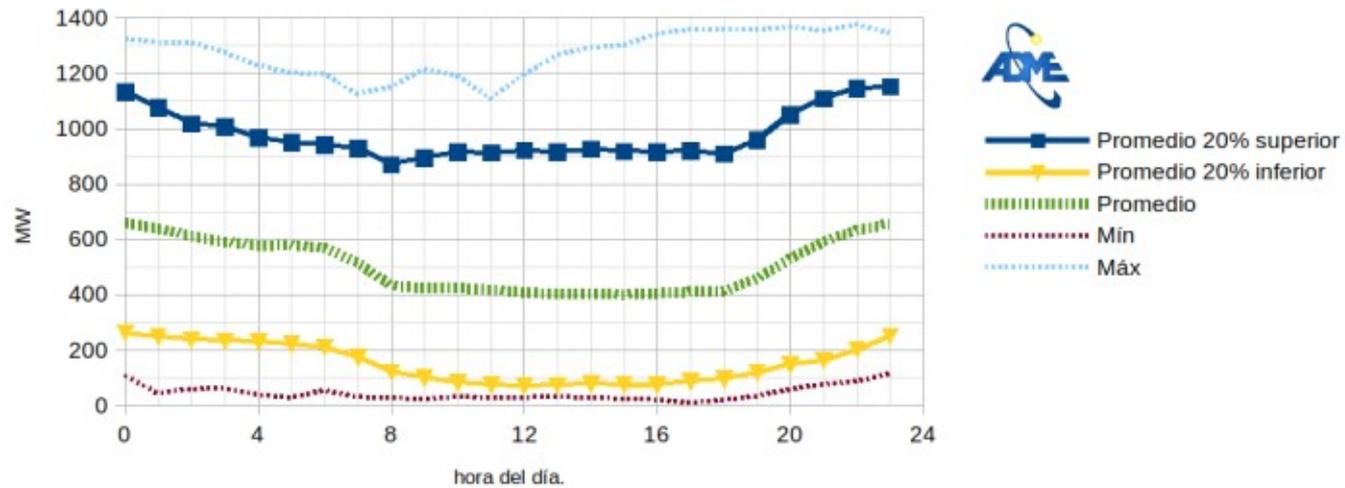
**Diseño 2011**



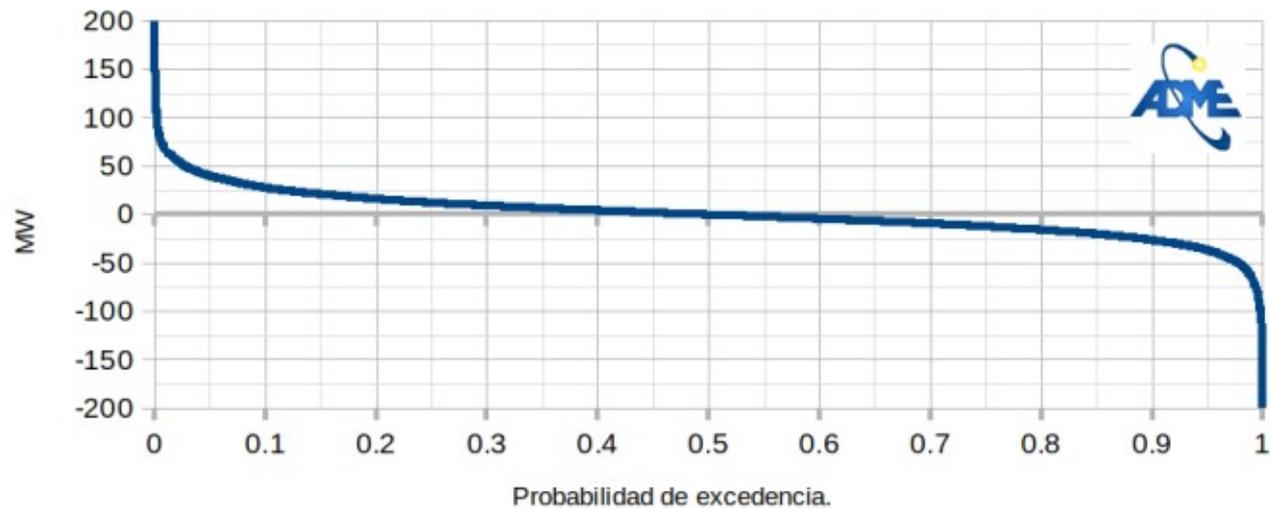
# Realidad 2016



Distribución horaria de la generación eólica diezminutal real de Uruguay del 1/1/2019 al 17/3/2019 (1482 MW instalados)

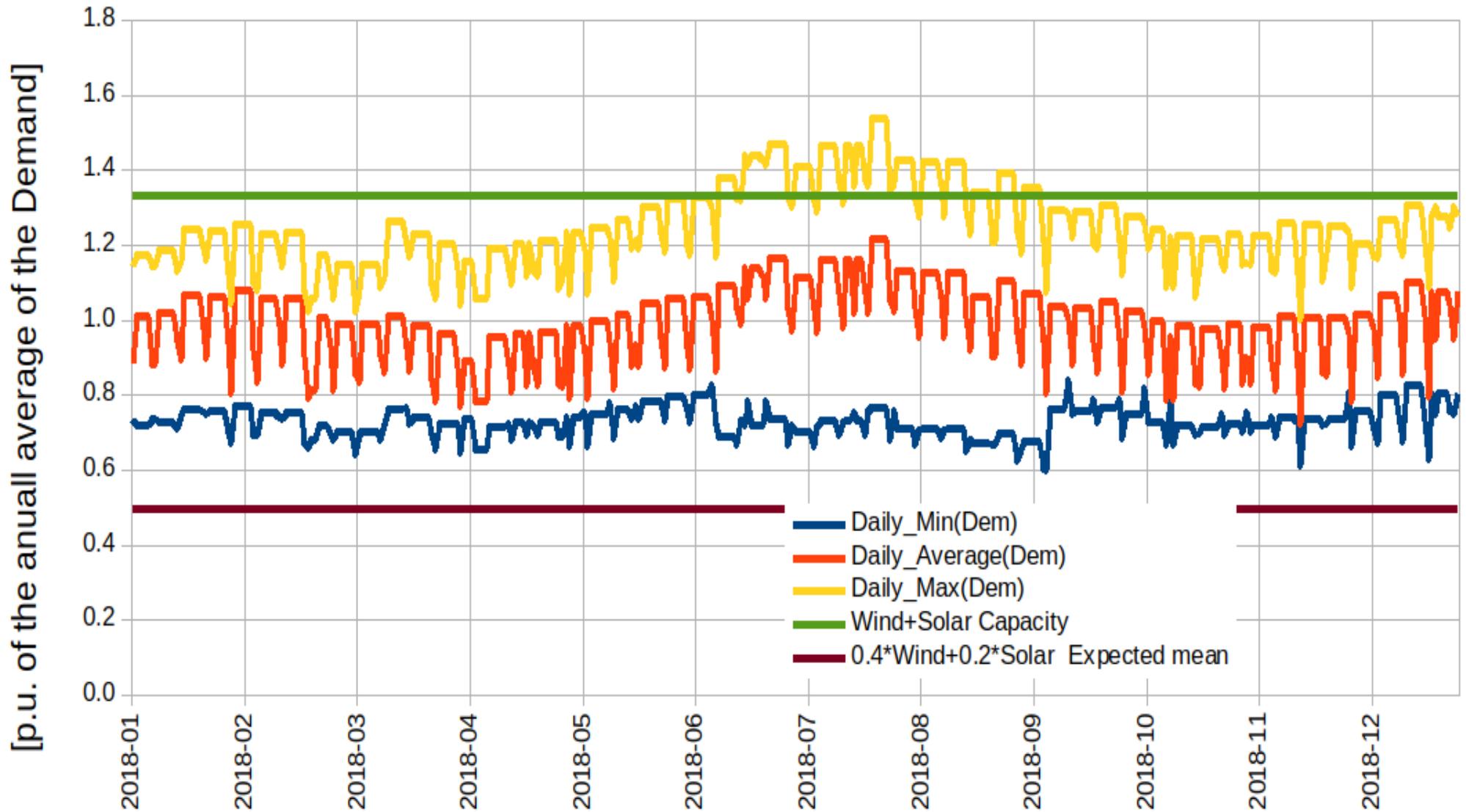


Distribución de la variación de generación eólica diezminutal real en Uruguay del 1/1/2019 al 17/3/2019 (1482 MW instalados)



# Uruguay 2018.

## Wind and Solar installed capacity compared with daily Demand.





# SimSEE

<https://simsee.org>

Plataforma de simulación de la operación óptima de sistemas hidro-térmicos con alta integración de energías renovables no-convencionales.

Creado por el Instituto de Ingeniería Eléctrica.

## ***Puntos fuertes:***

- :) Modelos de procesos estocásticos CEGH.
- :) Bandas horariras dinámicas.
- :) Software Libre, Código Abierto.
- :) Implementación 100% Orientada a Objetos.

# Representación de la incertidumbre.



Fuentes de aleatoriedad.  
Procesos estocásticos.

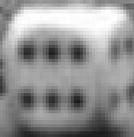
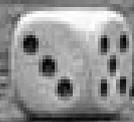
- Demanda y temperatura.
- Caudales hidráulicos.
- Velocidad de viento.
- Radiación solar.
- Precios de los mercados vecinos.
- Precios de combustibles.
- Disponibilidad de combustibles.
- Disponibilidad de generadores.
- Disponibilidad de redes.

El Niño, Hydro, Eólica, Solar,  
Demanda, Temperatura.  
(procesos correlacionados)

Disponibilidad de equipos  
(booleanas independientes)

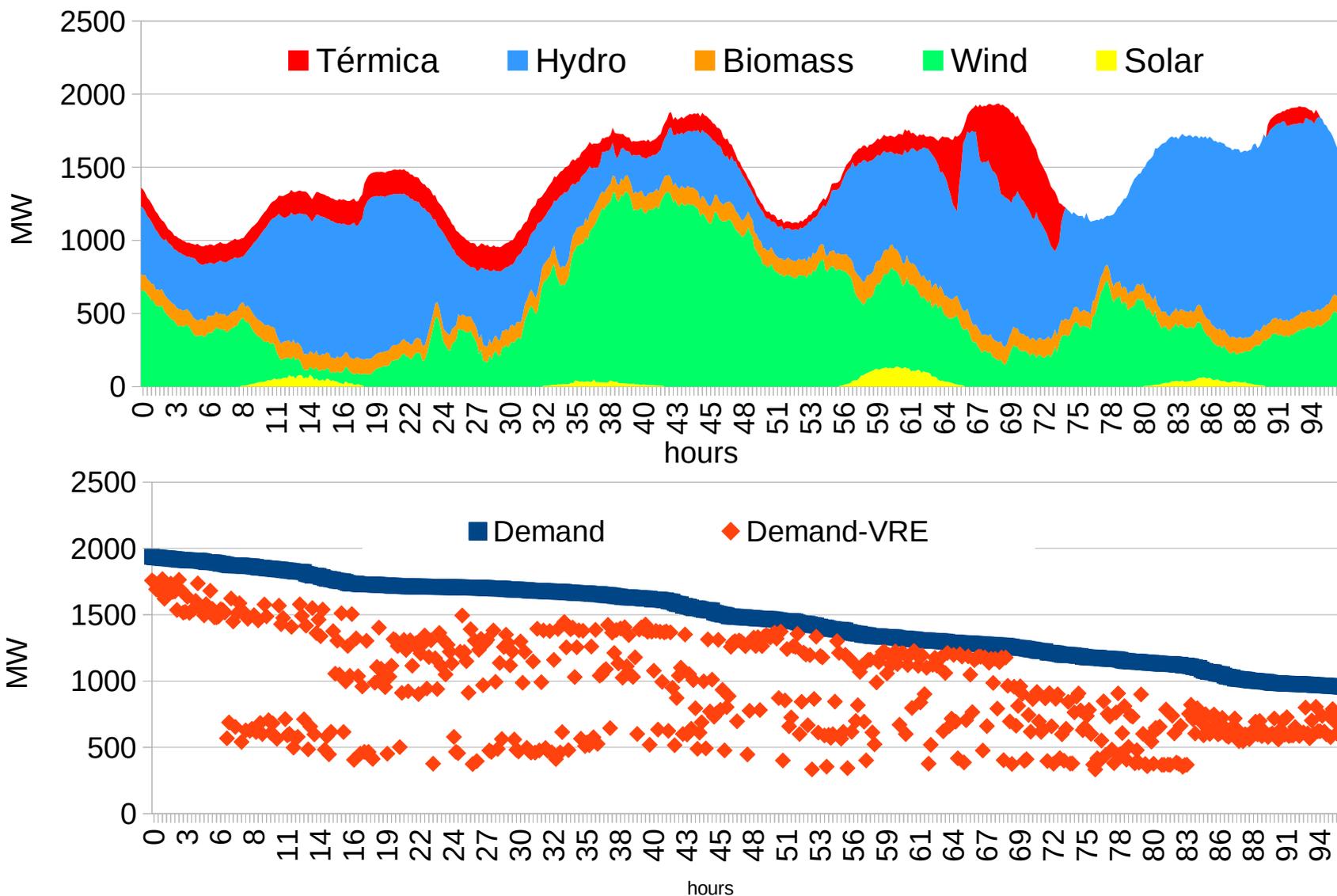
Estamos gestionando dinámicas más rápidas, por lo tanto, la correlación entre los diferentes recursos tiene mayor importancia. Necesitamos modelos de variabilidad que representen correctamente la correlación entre los recursos y la correlación con el pasado.

Es decir, tenemos que representar la inercia detrás de las variables estocásticas..



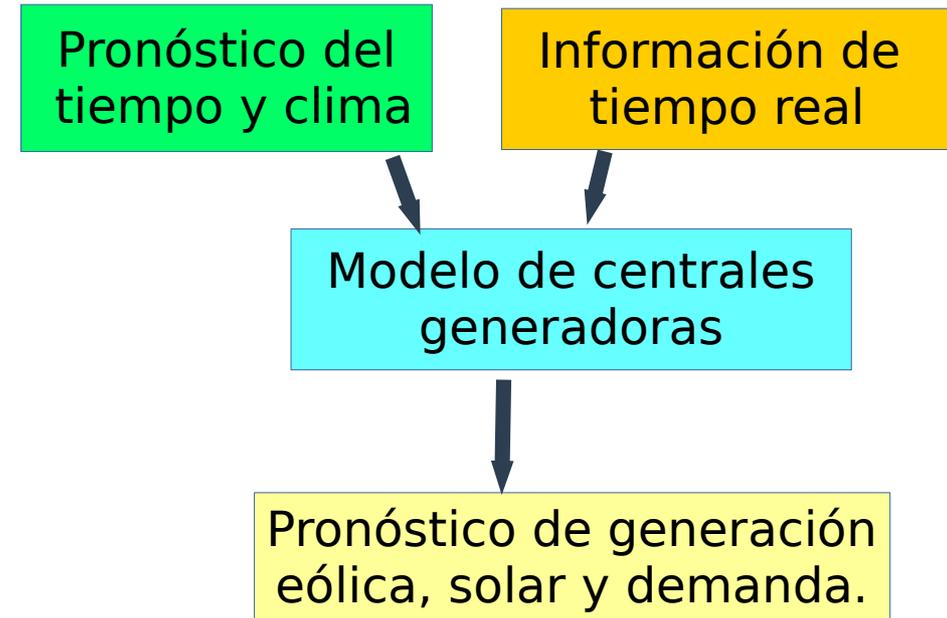
# Bandas Horarias (Patamares) definidos por la monótona de carga ... ¿tienen sentido?

Solo un ejemplo, 4 días de julio-2018-Uruguay



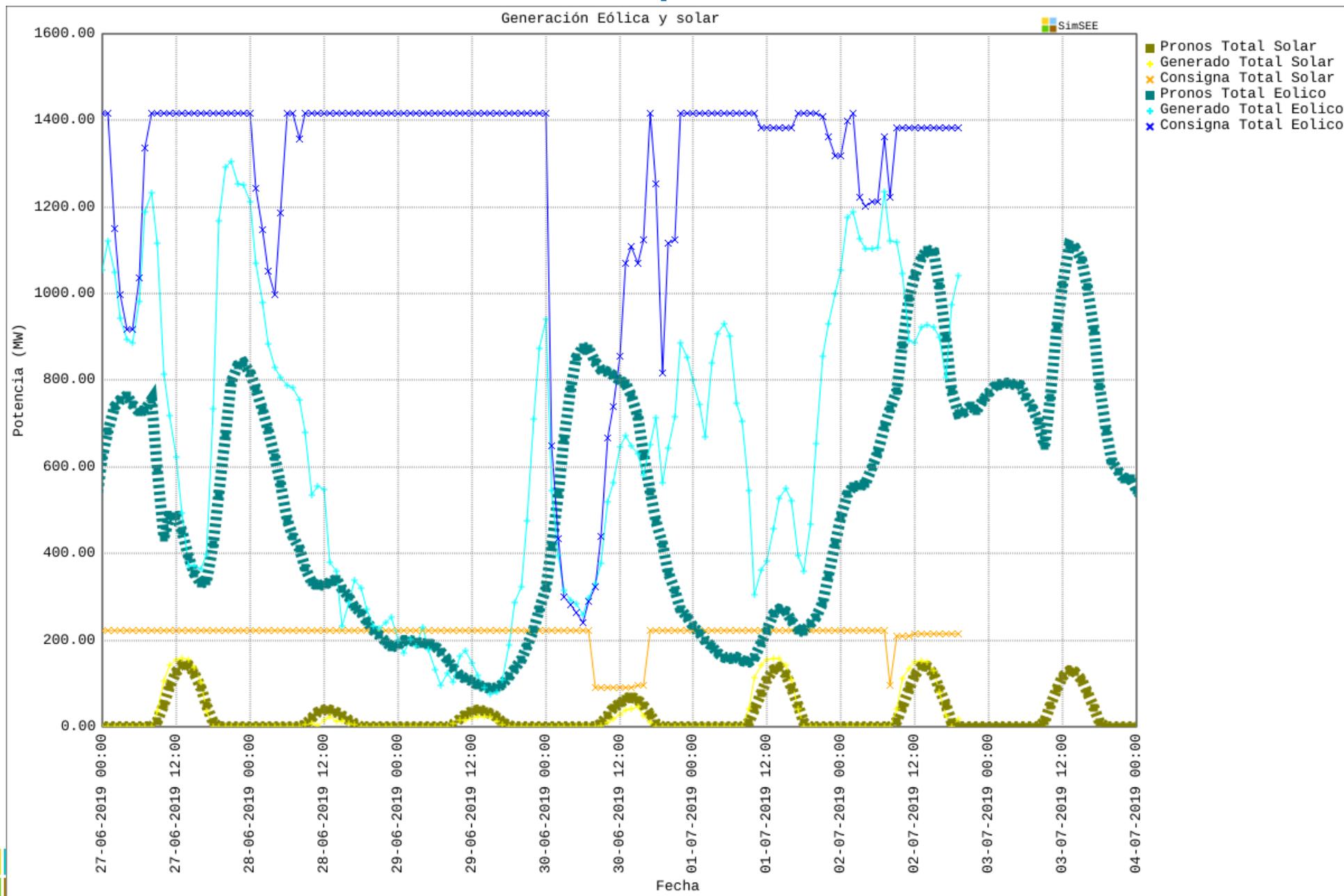
Fuente: ADME - SCADA series diezminutales

# PRONOS

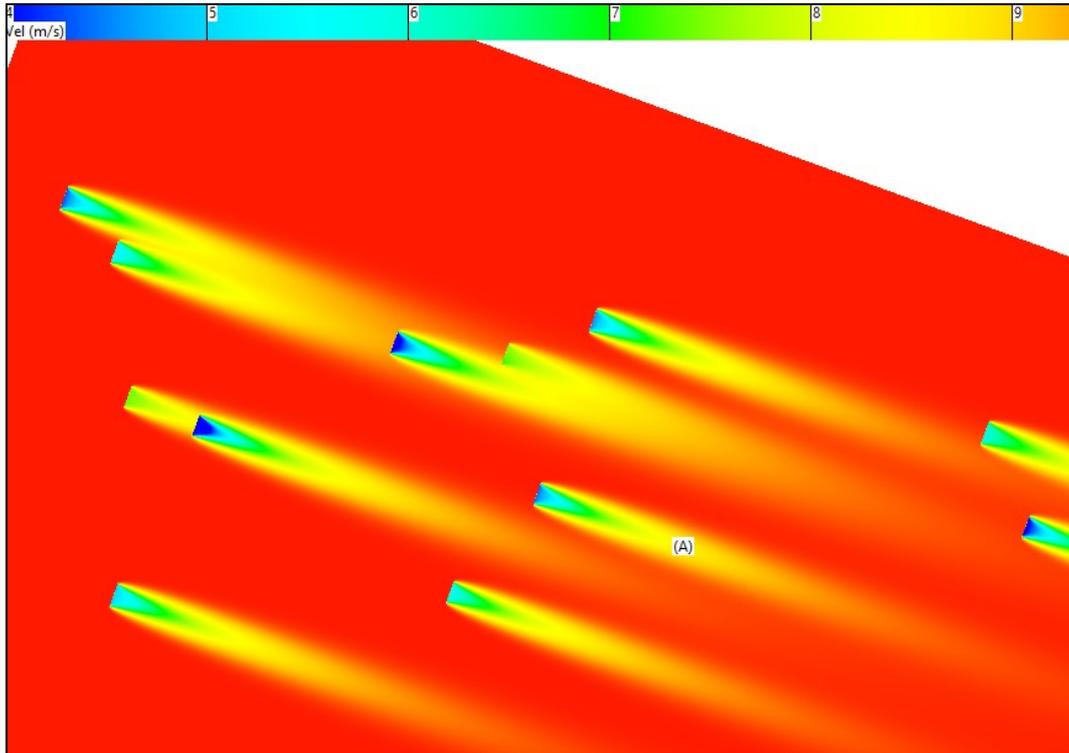


<https://pronos.adme.com.uy>

# Control de la generación Eólica y Solar - Restricciones Operativas -



# Buenos modelos de los parques generadores.



# VATES

Pronóstico continuo de las siguientes 168 horas de la operación óptima.



<https://vates.adme.com.uy>

## ¿Qué nos espera en el futuro?

ADME, debe asegurar que con la expansión prevista, continuando con la incorporación de solar y eólica la operación seguirá siendo segura y la energía suministrada en forma confiable.



# Imaginamos dos escenarios:

## **PIE): Plan de Inversiones Estándar.**

Opciones de exp.: Solar, Eólica y Turbinas de Gas.

## **PID): Plan de Inversiones Descarbonizado.**

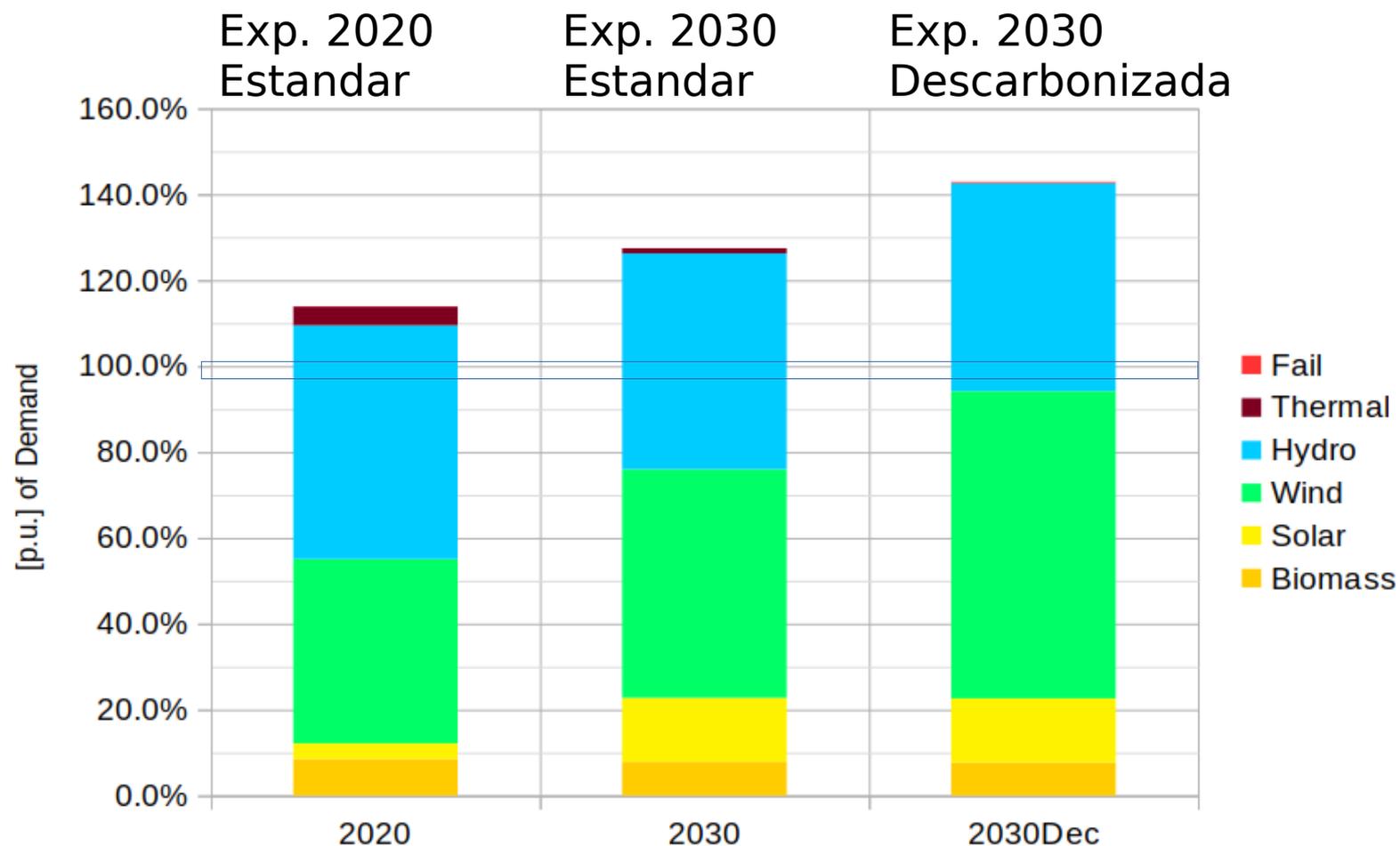
Opciones de exp.: Solar, Eólica y Baterías.

## Optimización del plan de inversiones.

**OddFace**

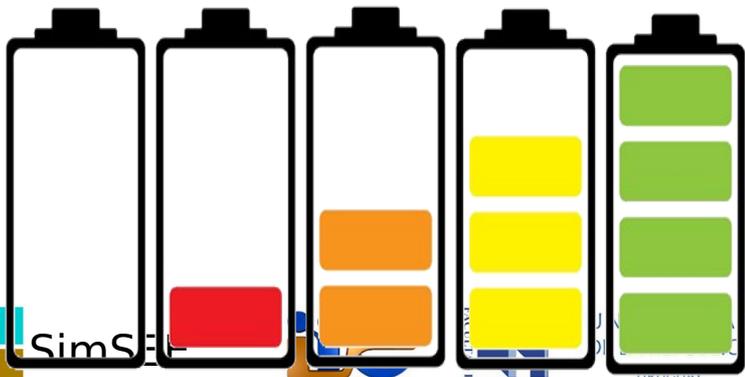
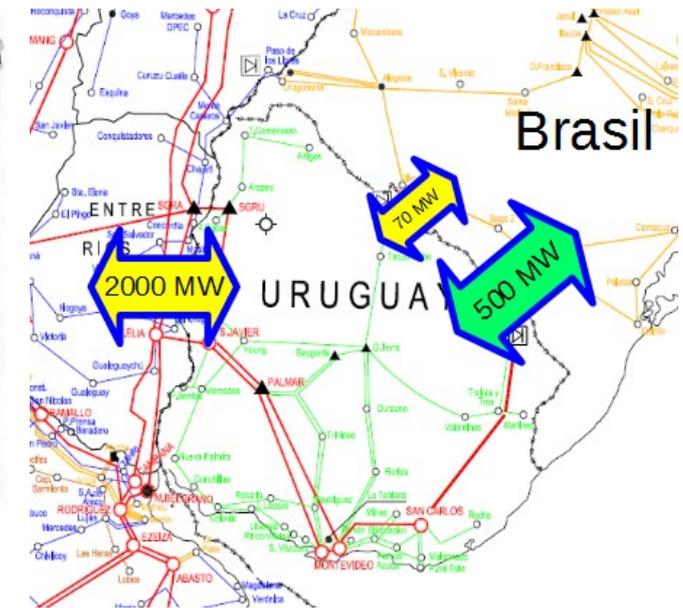


# Expansión Estandar vs. Descarbonizada



Case	Biomass	Solar	Wind	Hydro	Thermal	Fail	Surplus
<b>2020</b>	8.5%	3.6%	42.9%	54.4%	4.4%	0.06%	13.9%
<b>2030</b>	7.9%	14.9%	53.2%	50.3%	1.2%	0.04%	27.5%
<b>2030Dec</b>	7.7%	14.9%	71.5%	48.5%	0.0%	0.29%	42.9%

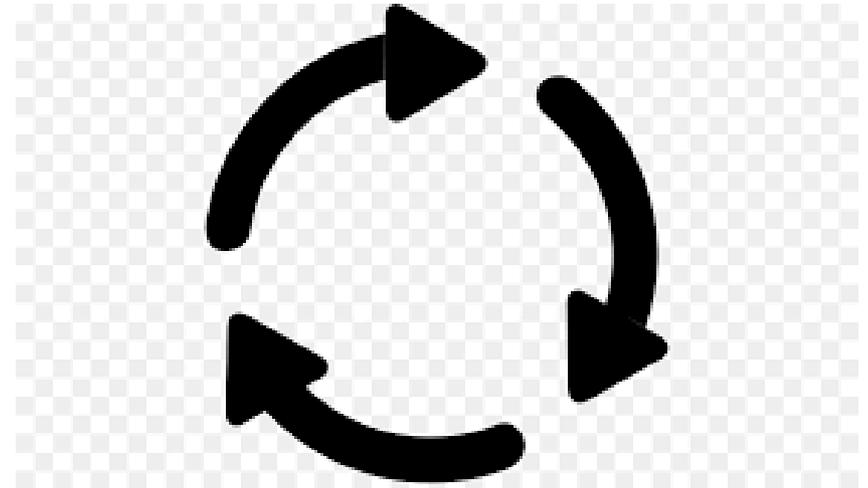
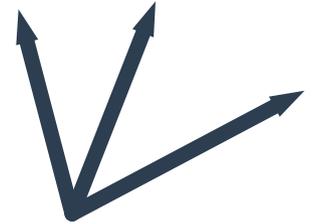
Pasdo el 2030, cuando se agote la capacidad de filtrado del subsistema hidroeléctrico, la integración regional, las demandas con respuesta y el almacenamiento en baterías serán la clave para filtrar las variaciones de disponibilidad de energía dentro de la semana.



# En qué estamos trabajando ahora para el futuro.



Dinámicas más rápidas a considerar.  
Generación distribuida  
variabilidad de recursos  
restricciones de red.  
Almacenamiento distribuido  
Demanda con respuesta .

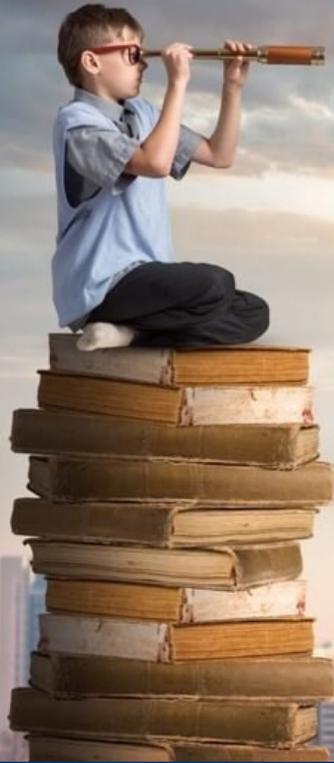


Lucha contra la Maldición de la Dimensionalidad de Bellman en base a un sistema que aprende en forma continua la Política de Operación.

## Conclusiones.

Sobre la base de los resultados obtenidos, se puede afirmar que el sistema uruguayo podría mantener la confiabilidad del suministro en niveles similares a los actuales, incluso en un horizonte como el año 2030, con un 65% esperado del suministro basado en Energías Renovables Intermitentes.

La Integración Regional sería una herramienta útil para aumentar la capacidad de integrar Energías Renovables Intermitentes.



Pensando a largo plazo, nadie sabe cuáles serán las tecnologías disponibles y sus costos a partir de 2030, ni la velocidad con la que la movilidad eléctrica y las redes inteligentes permitirán que se utilicen nuevas demandas como elementos de filtrado para la variabilidad.

**Como siempre, viene un futuro desafiante y divertido.**

**Muchas gracias por su atención.**  
**Muito obrigado pela sua atenção!**  
**Thank you so much for your attention!**