



Planificación de sistemas eléctricos considerando la penetración de fuentes renovables no convencionales.

Congreso Investigación Desarrollo e Innovación en Sostenibilidad Energética 2017

20-22 de setiembre 2017 - Quito - Ecuador

Ing. Ruben Chaer , email: rchaer@fing.edu.uy

Gerente de Técnica y Despacho Nacional de Cargas - ADME - Uruguay.

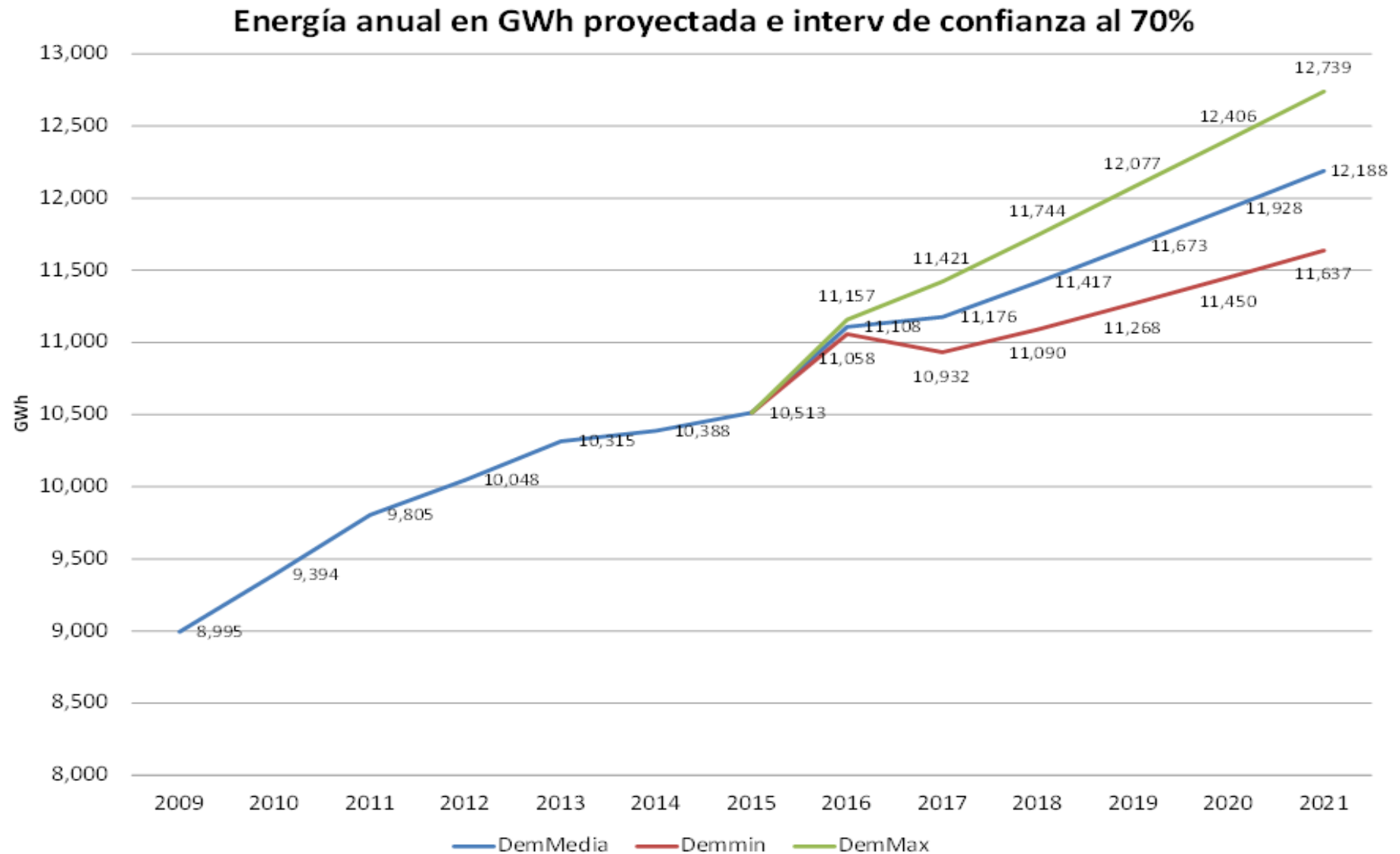
Índice:

- Elementos de planificación.
- Operación óptima bajo incertidumbre.
- Energías intermitentes.
- El caso de Uruguay.
- Elementos de control.
- Mercados de Energía y Capacidad.
- Excedentes de energía.
- Integración regional.

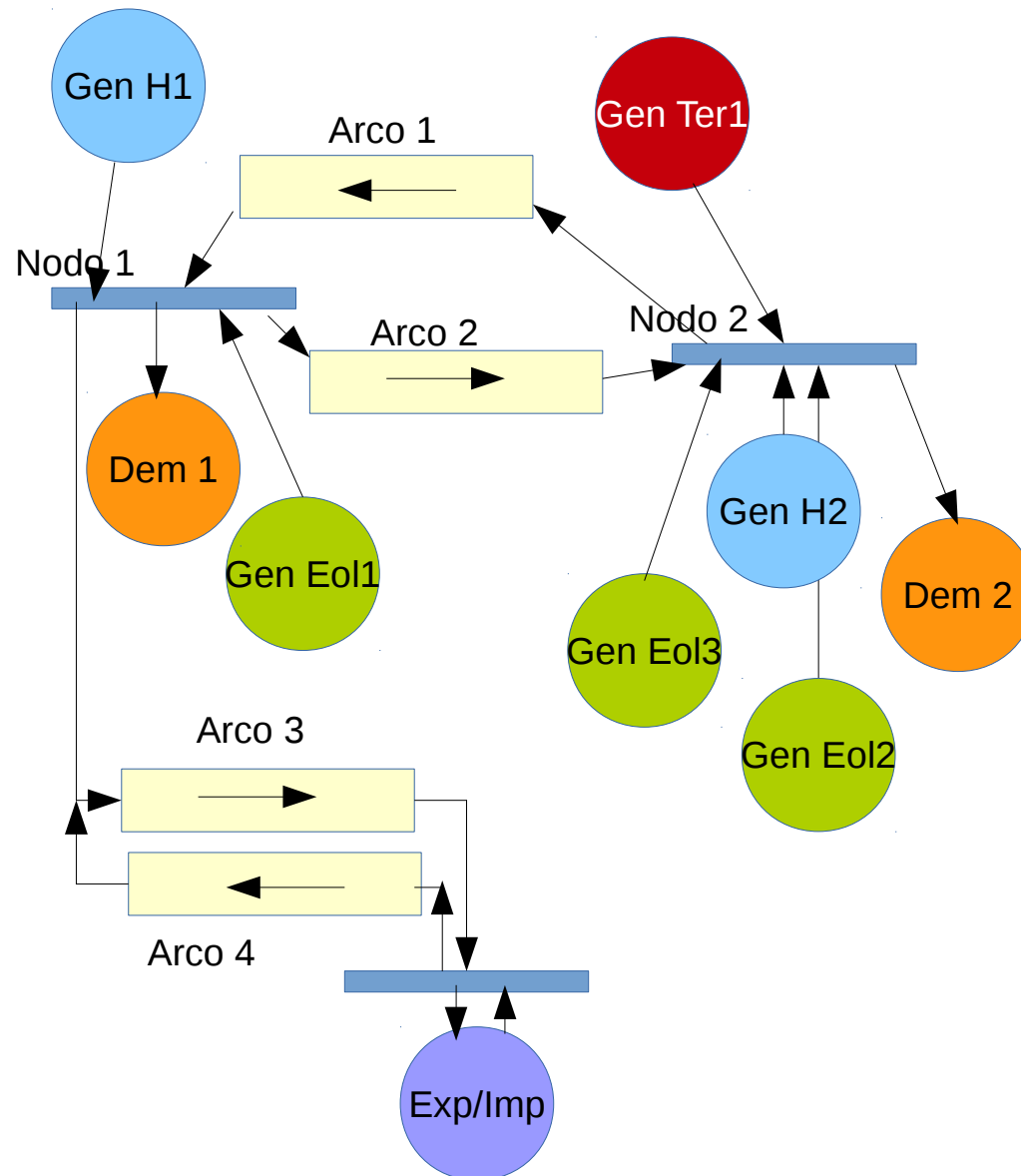
Elementos de planificación energética.

- Equilibrio GENERACIÓN \Leftrightarrow DEMANDA.
- Costo de Falla o Racionamiento.
- CAD = Costo Futuro, valor esperado y riesgo.

Crecimiento de la Demanda 2009 - 2021



SimSEE



Modelo del SIN

Costos Fijos = PP [USD/MWh]

Costos Variable = CV [USD/MWh]

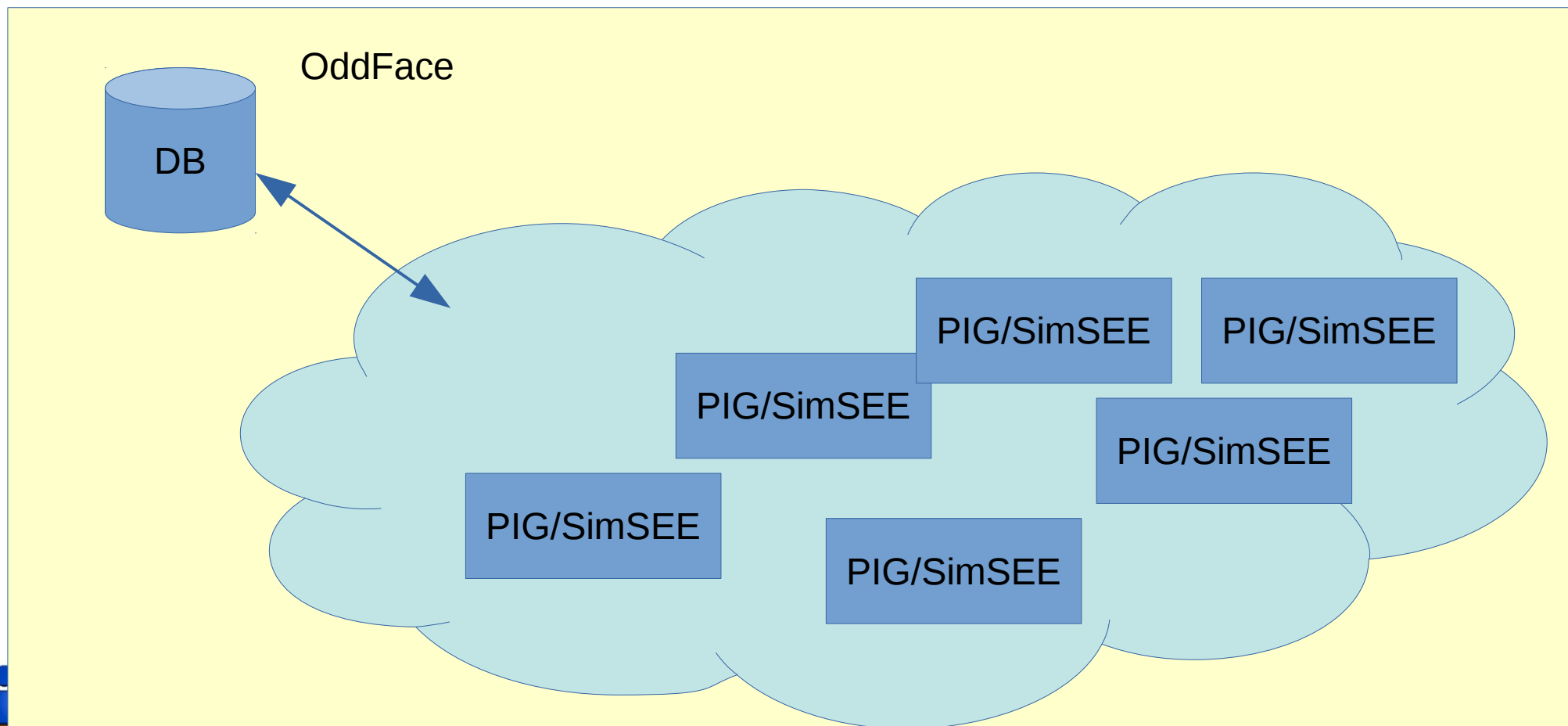
	PP [USD/MWh]	CV [USD/MWh]
eólica	65	0
solar	85	0
Turbina Ciclo Abierto (GO)	15	120
Ciclo Combinado (GO)	25	90
@wti = 50 USD/bbl		

Biomasa (Autodespachada | Spot)

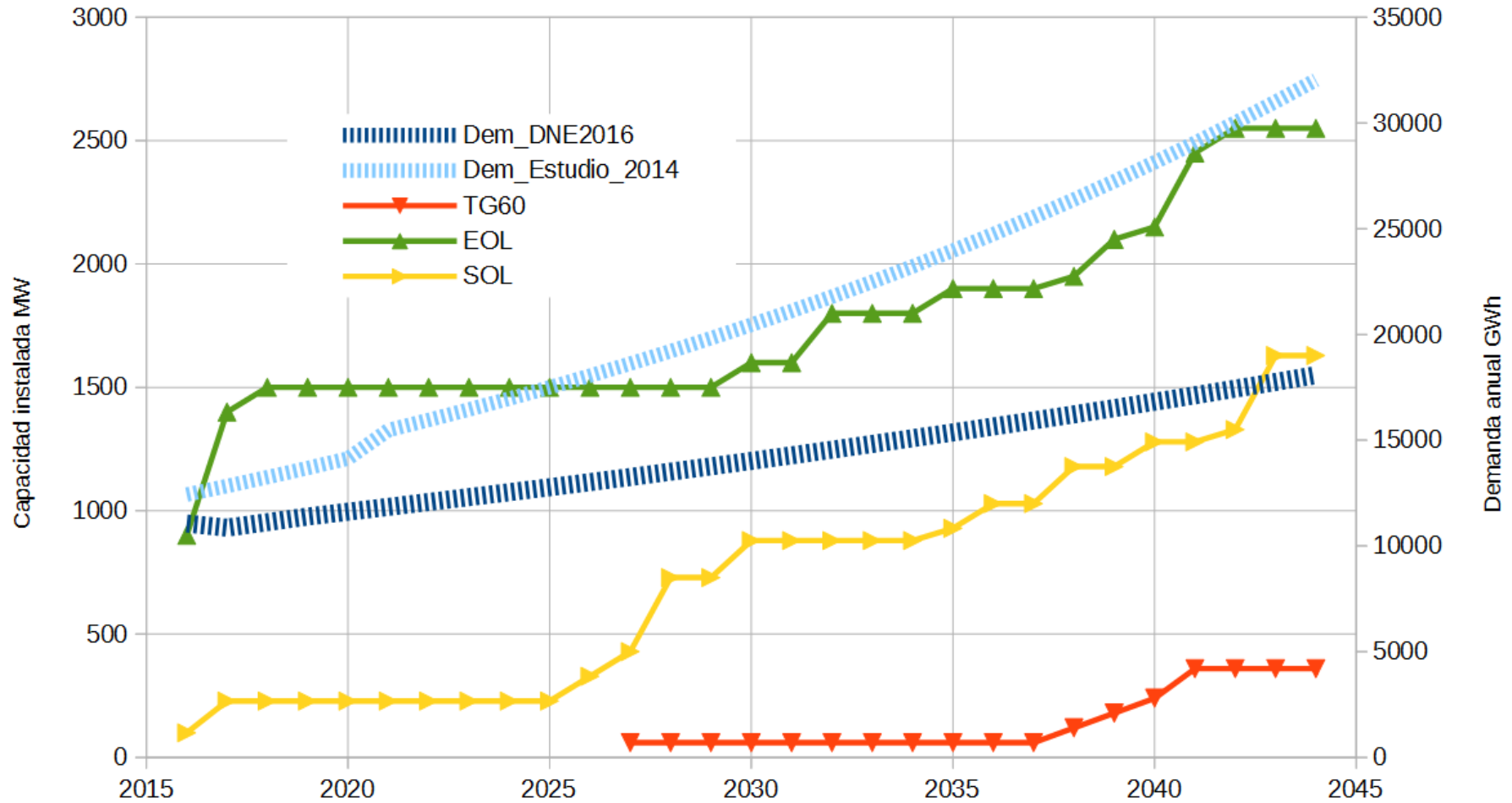
Hidroeléctricas

OddFace + PIG + SimSEE

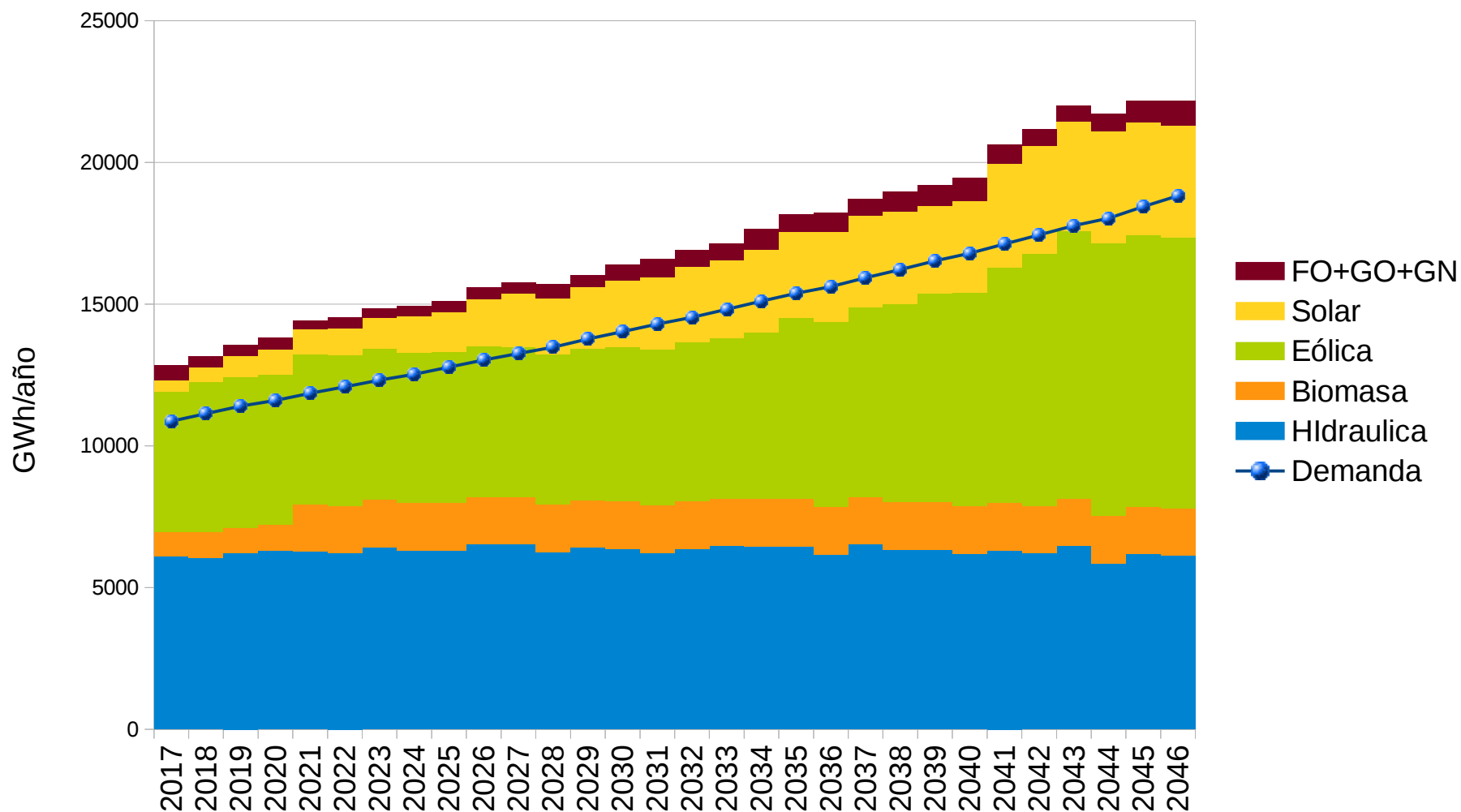
- Optimizador distribuido de Funciones de alto costo de evaluación.
- Planificación de Inversiones de Generación.



Expansión óptima UY - 2046

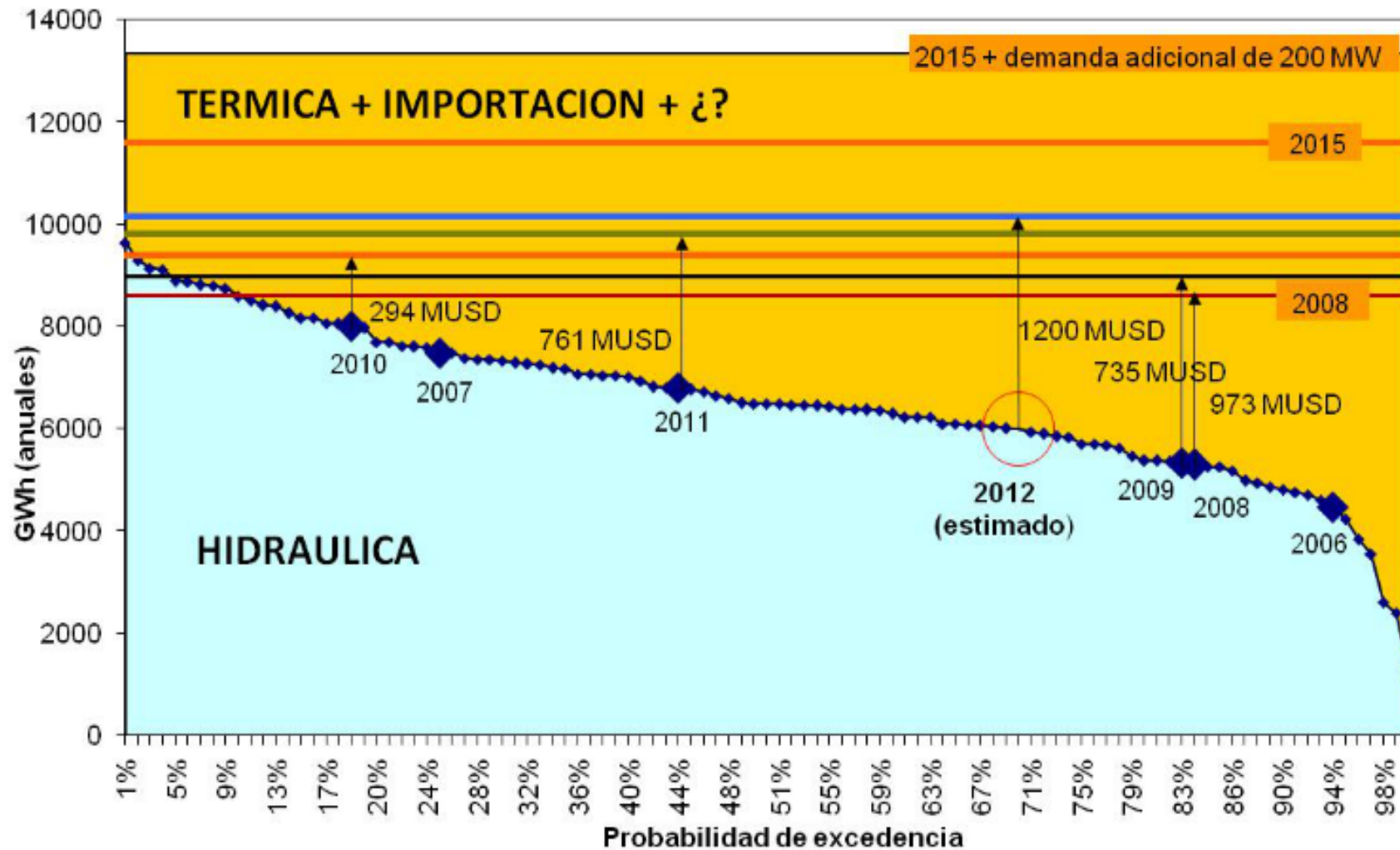


Demanda \leq Oferta



Operación óptima bajo incertidumbre.

Generación hidráulica anual. Régimen tropical de lluvias.

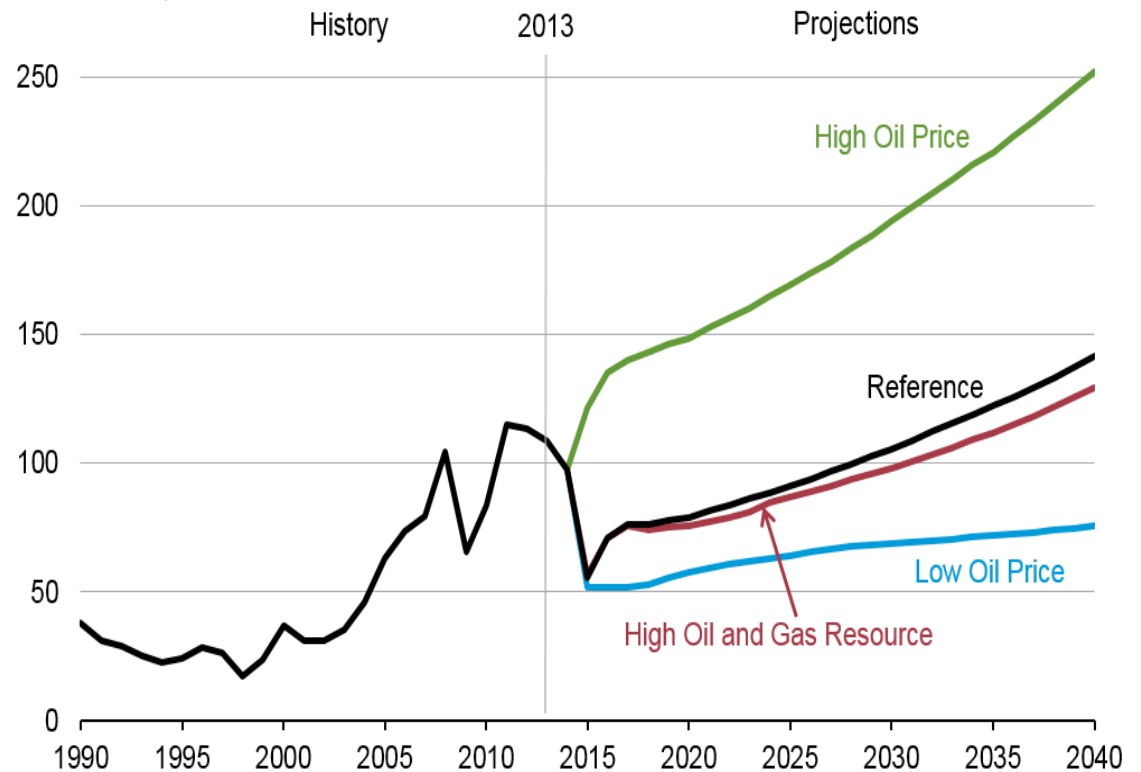


Brent/GNL (Largo Plazo)

AEO2015 explores scenarios that encompass a wide range of future crude oil price paths



Brent crude oil spot price
2013 dollars per barrel



Source: EIA, Annual Energy Outlook 2015

Sistemas dinámicos y valor de un recurso almacenable.

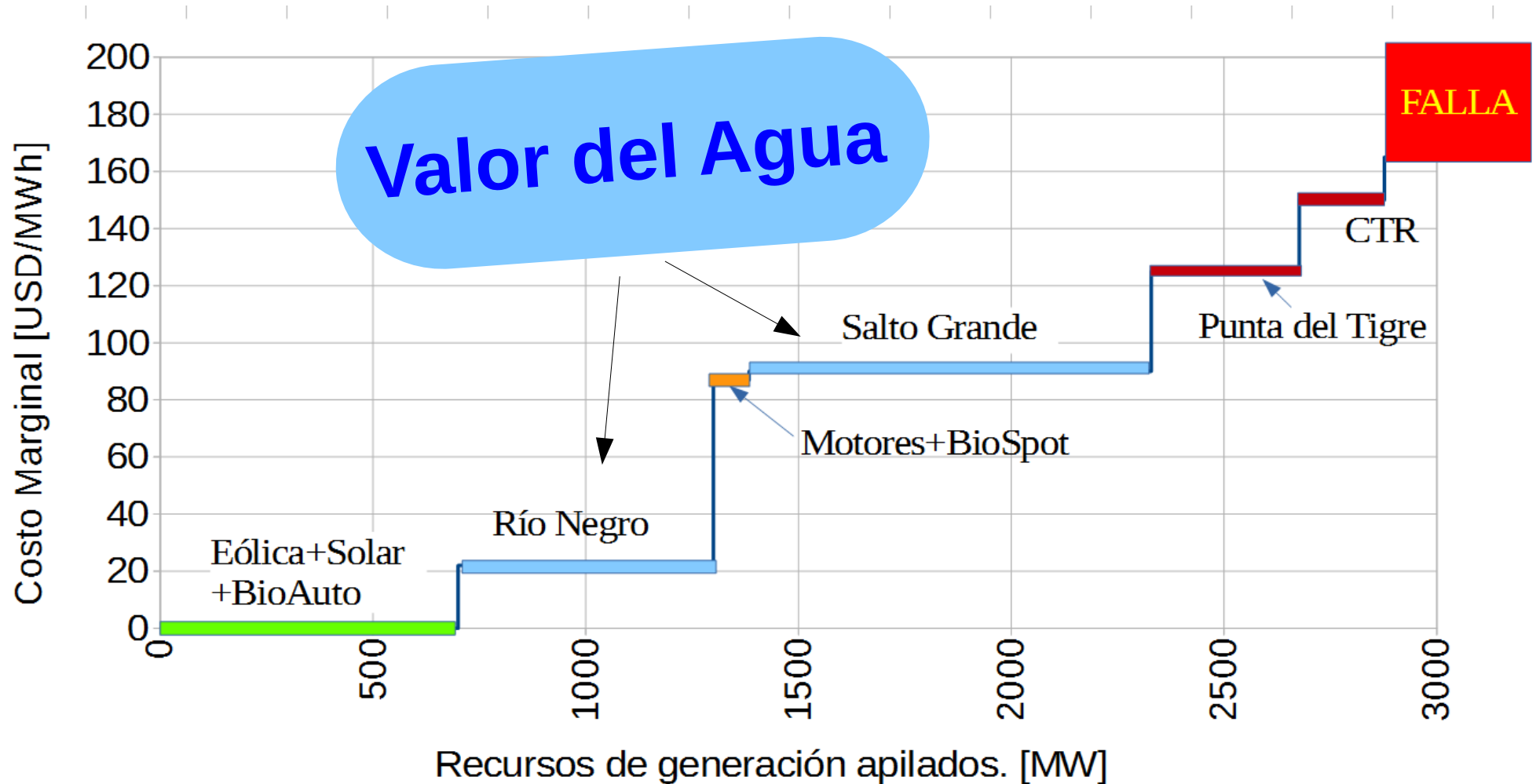
- **COMPARACIÓN ENTRE COSTO DEL PRESENTE Y COSTO DEL FUTURO.**

De no haber restricciones para el traslado en el tiempo de los recursos, el costo marginal sería el mismo en todas las horas del futuro.

- **INCERTIDUMBRE DEL FUTURO.**
- **MODELOS ESTOCÁSTICOS**
- **PRONÓSTICOS**



Costos marginales de generación

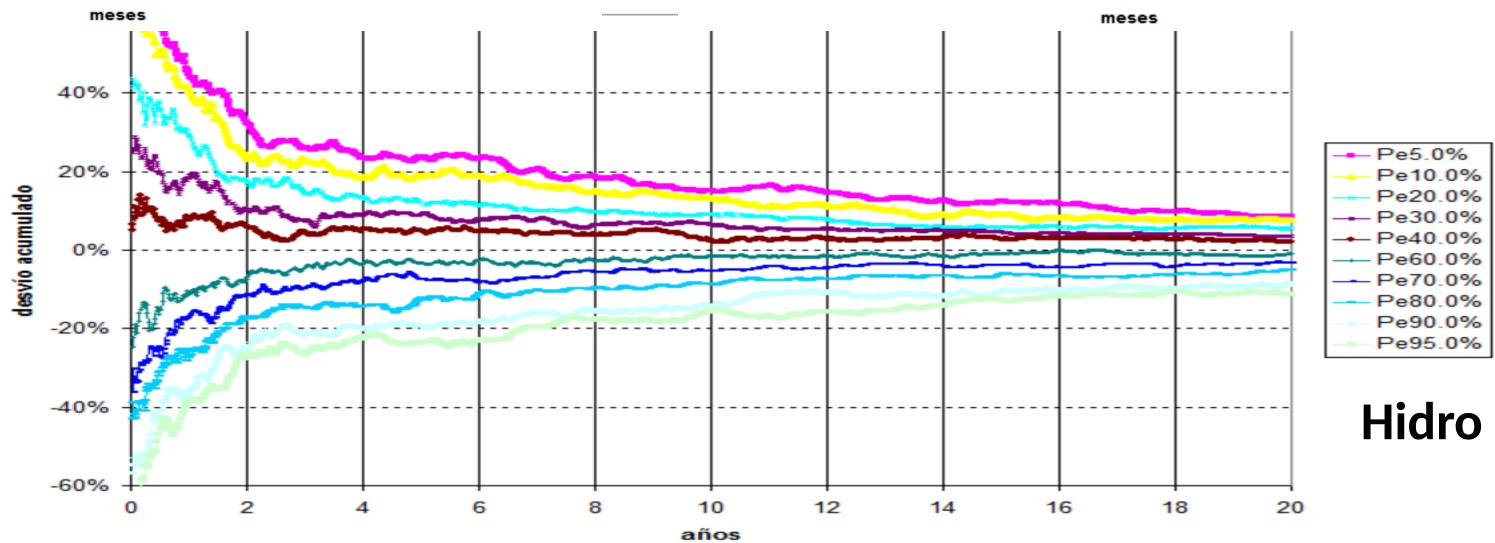
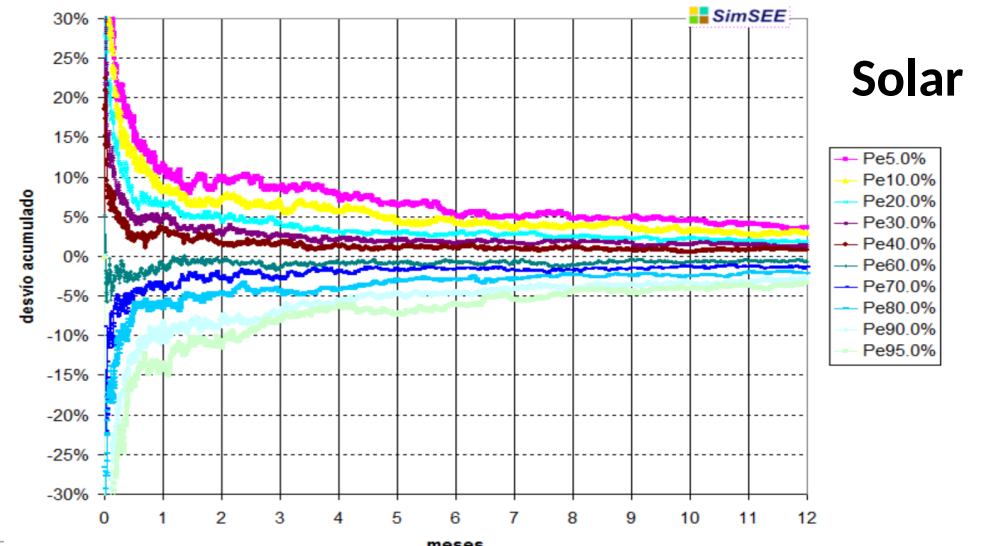
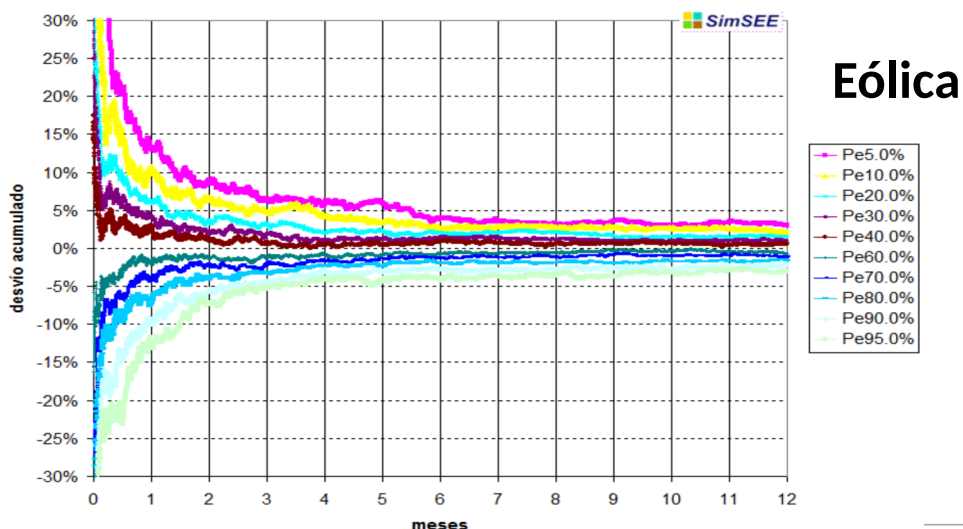


Energías intermitentes.

Hidráulica, eólica y solar.

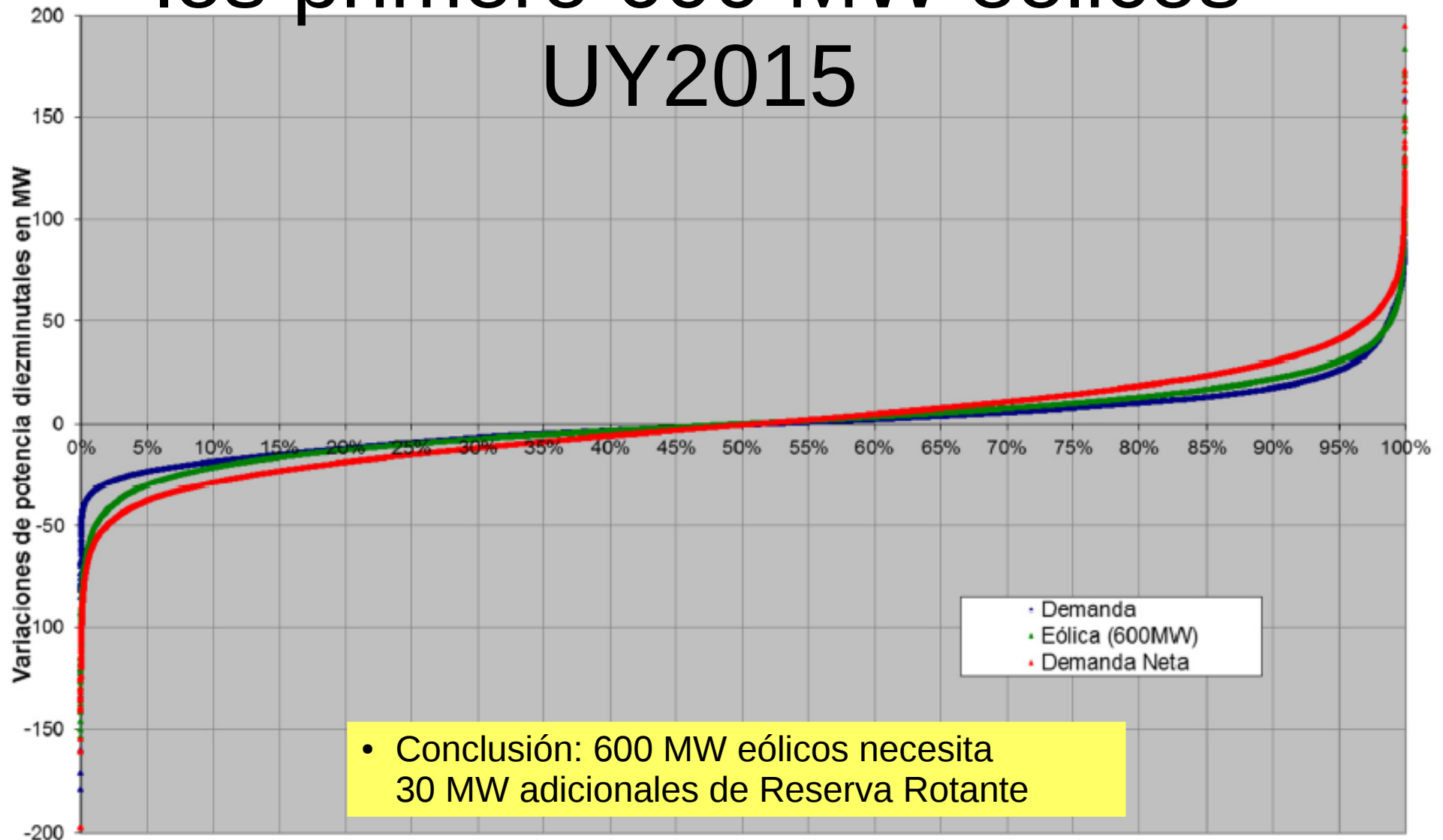


Desvío acumulado según fuente de generación



Necesidad de Reserva Rotante de los primero 600 MW eólicos

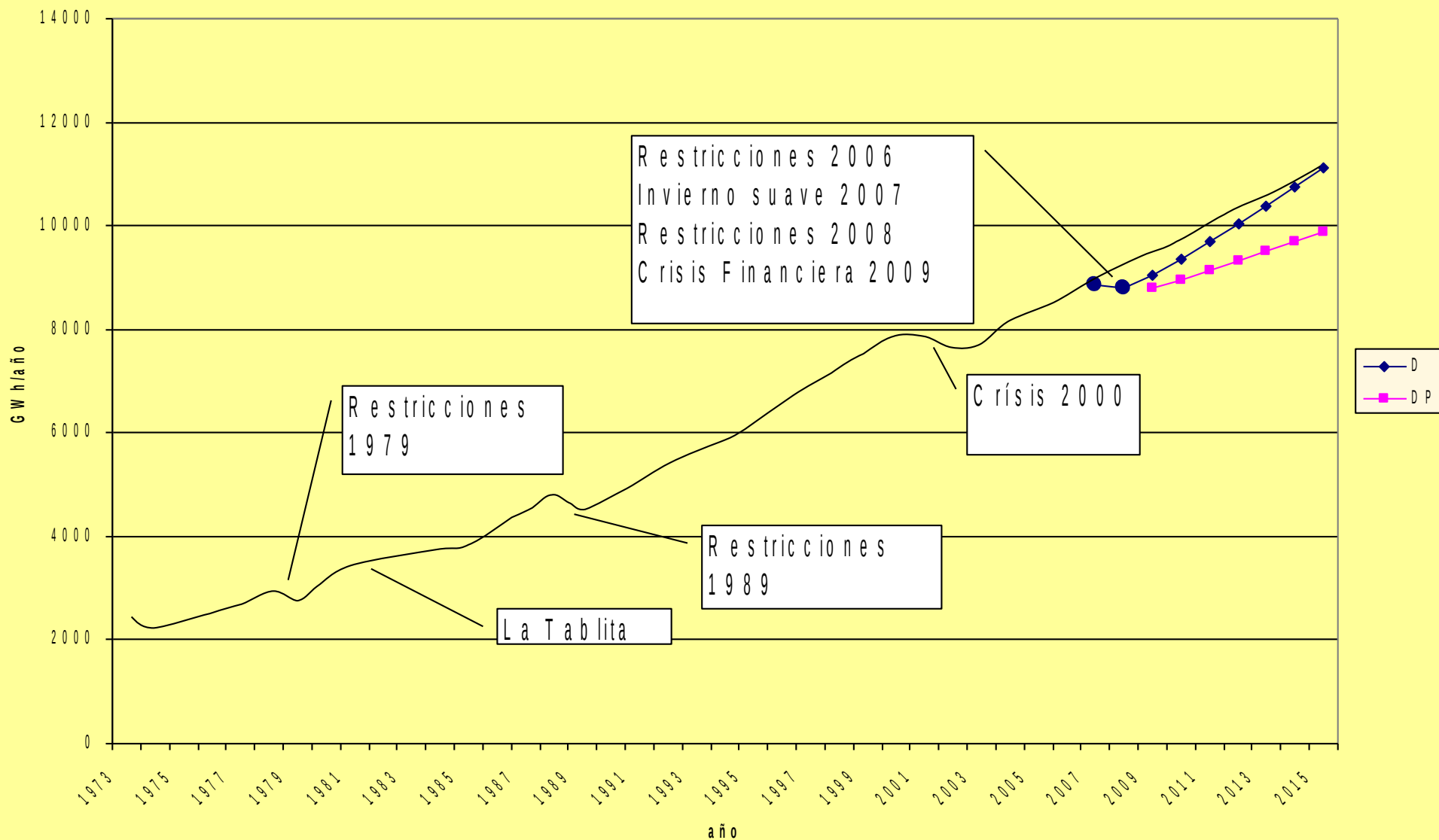
UY2015



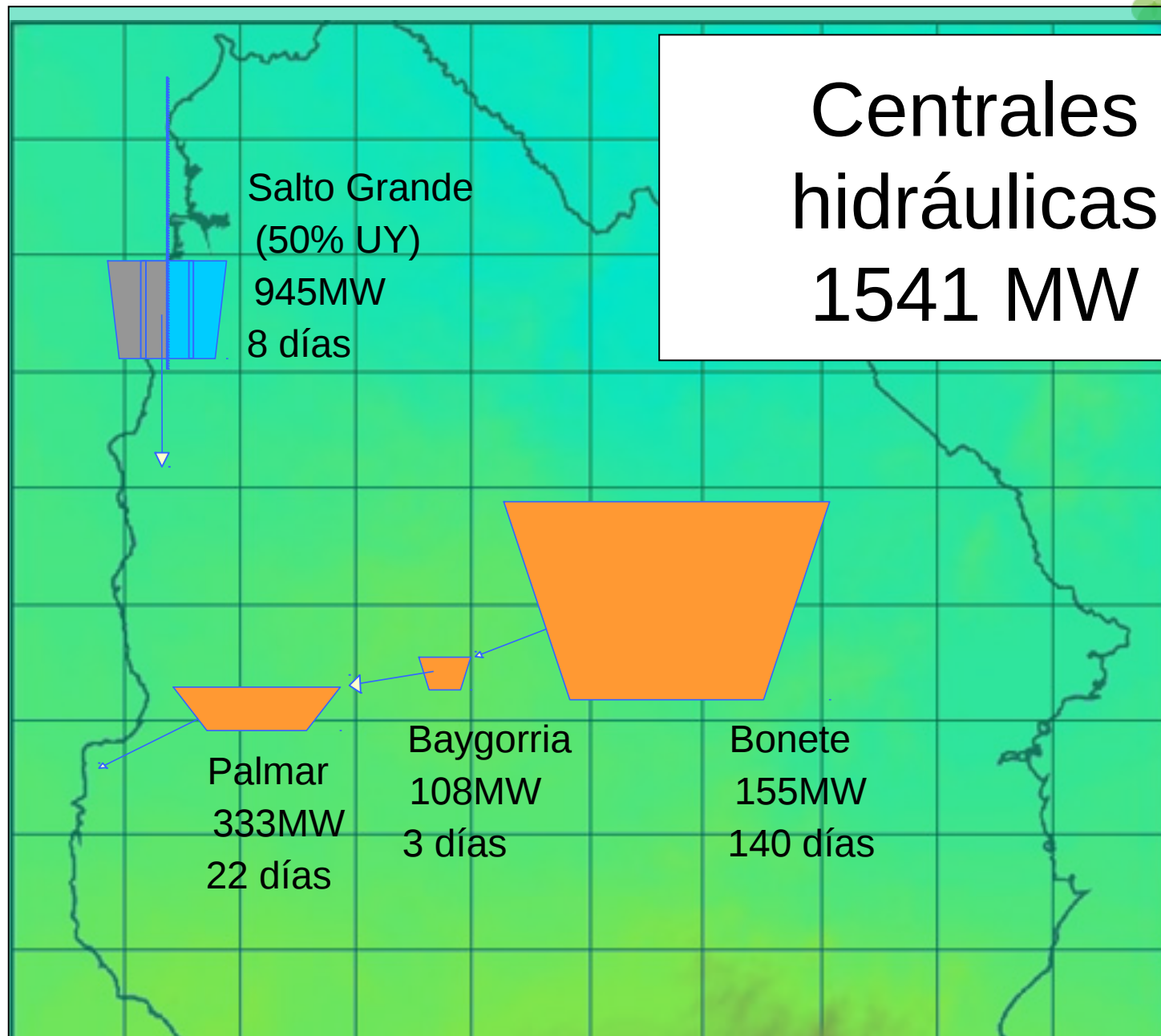
- Conclusión: 600 MW eólicos necesita 30 MW adicionales de Reserva Rotante

El caso de Uruguay.

Demanda de energía eléctrica Uruguay. Hasta el 2008 son datos reales

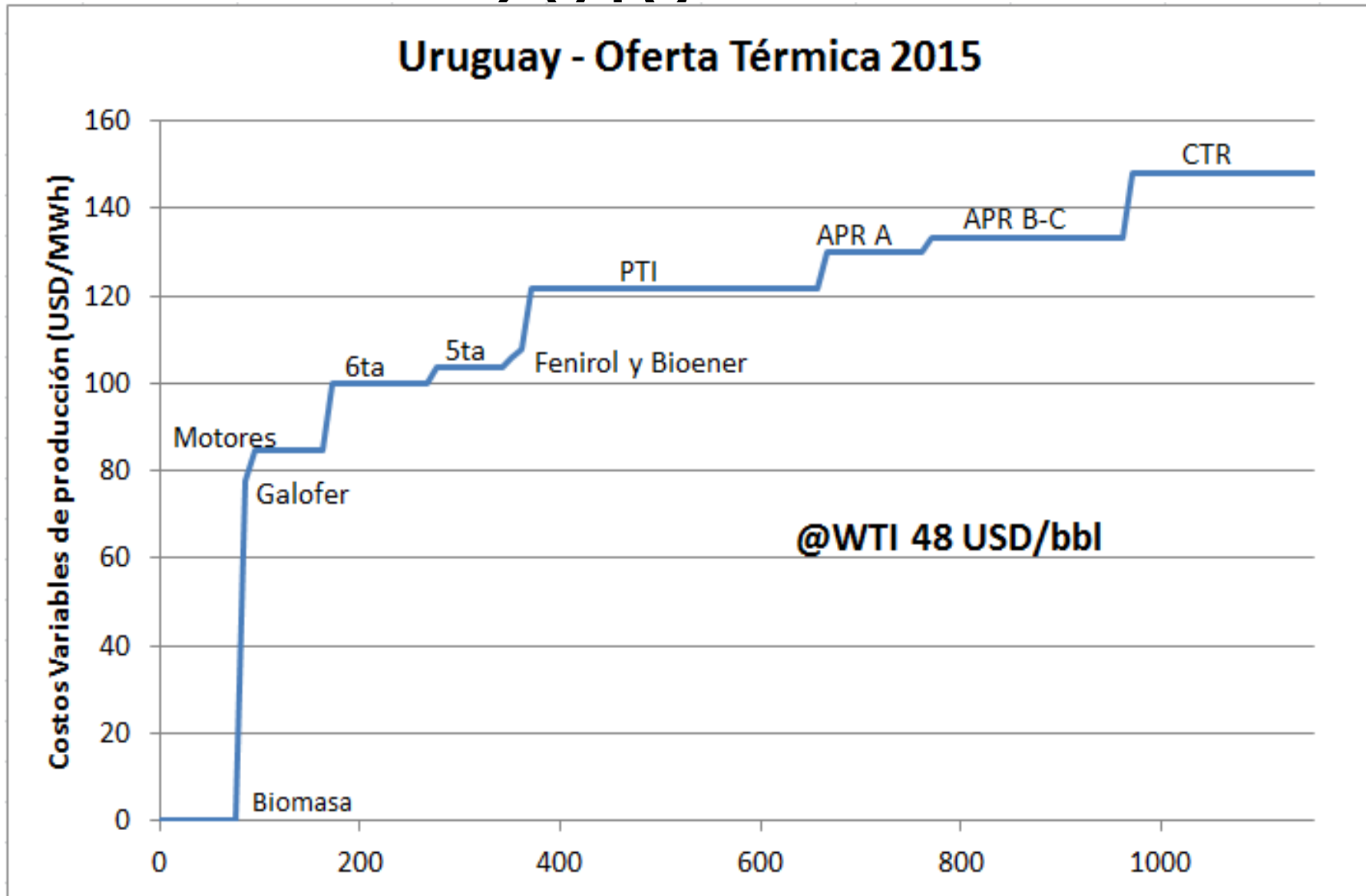


Centrales hidráulicas 1541 MW



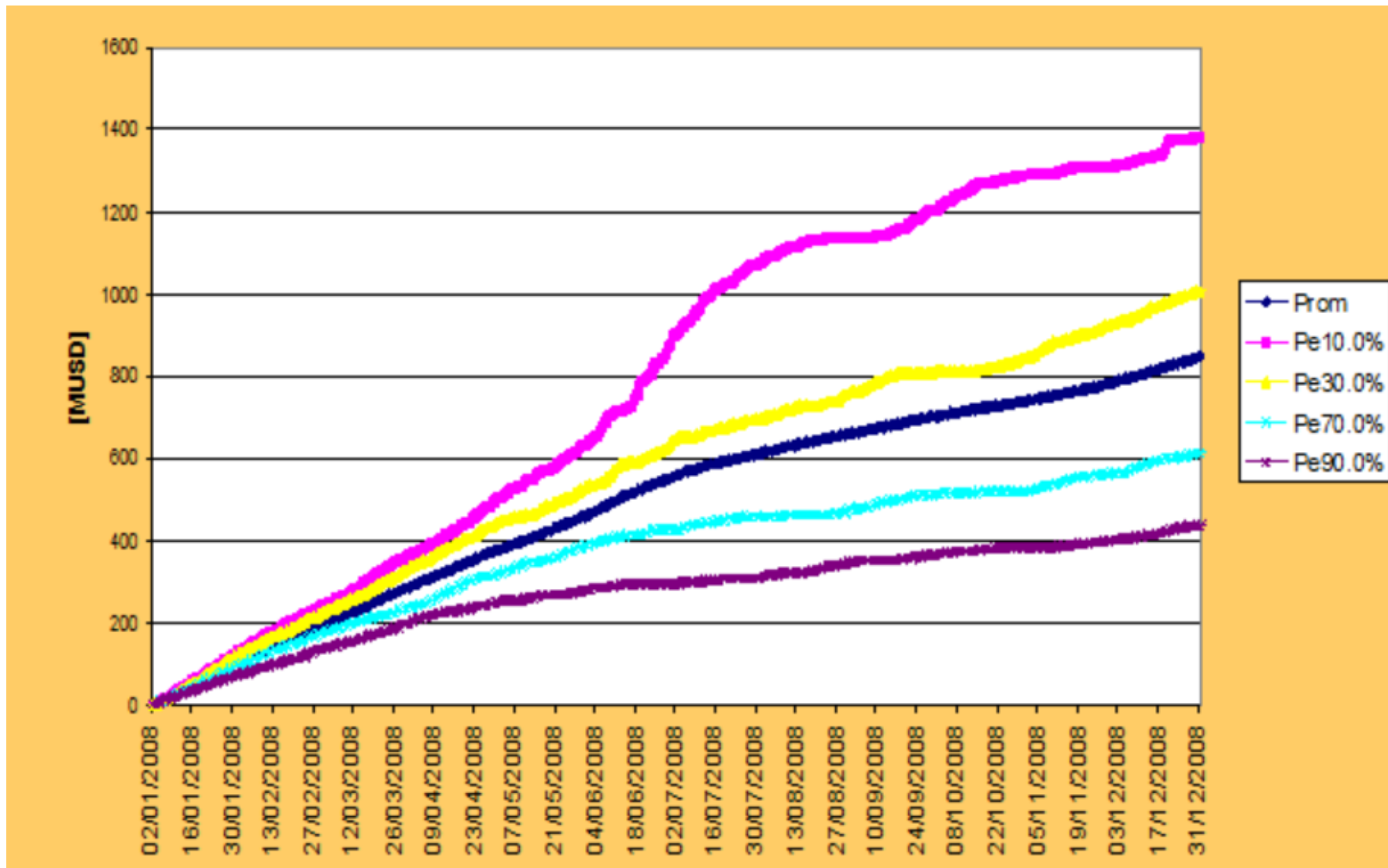
Expansión futura: No quedan grandes proyectos por realizar. Posibilidad de generación distribuida en mini y micro aprovechamientos 200 MW.
Centrales de bombeo distribuidas 300 – 1000 MW

Oferta térmica Uruguay - 2015



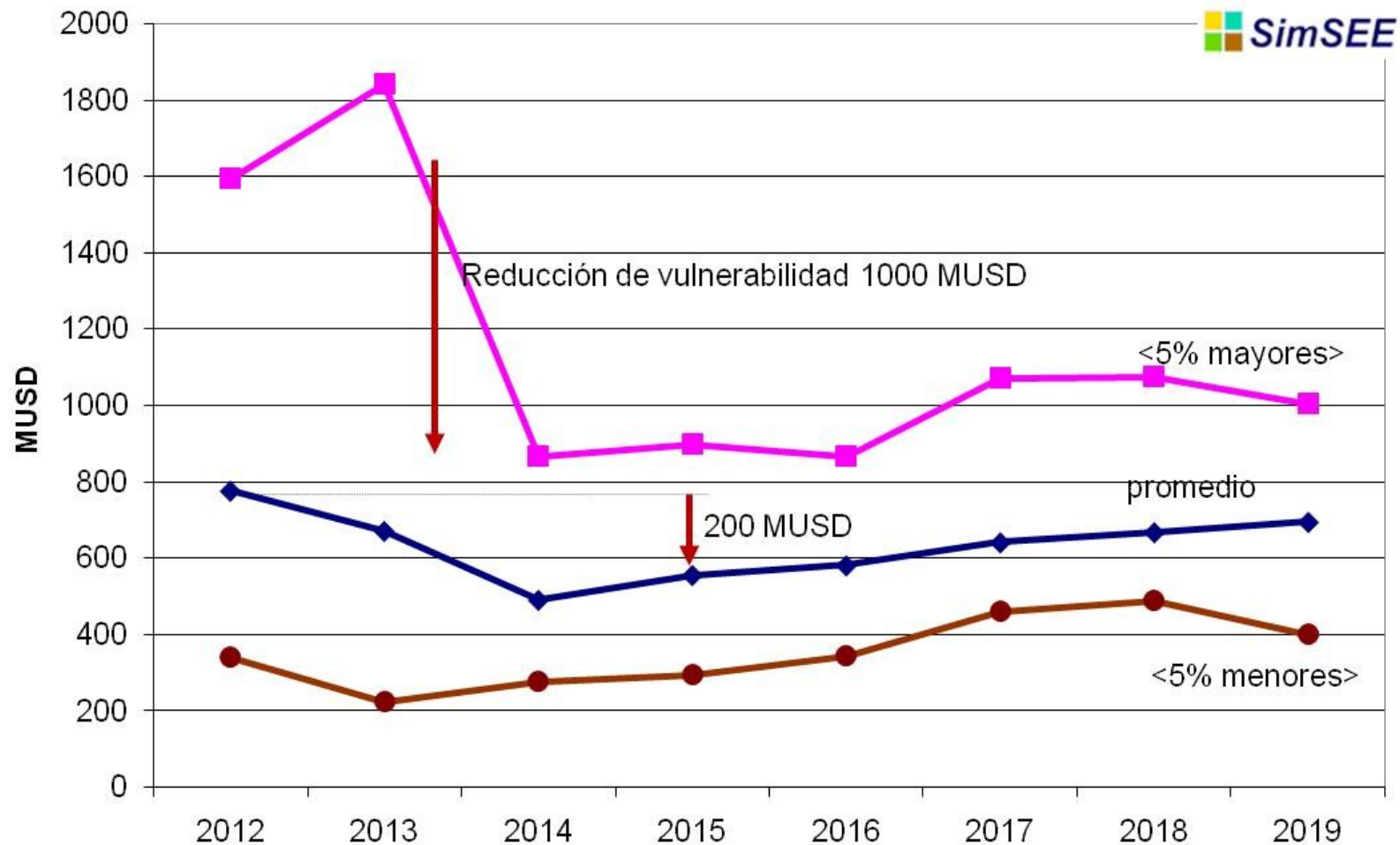
CAD proyectado 2008

(simulado en 2007)

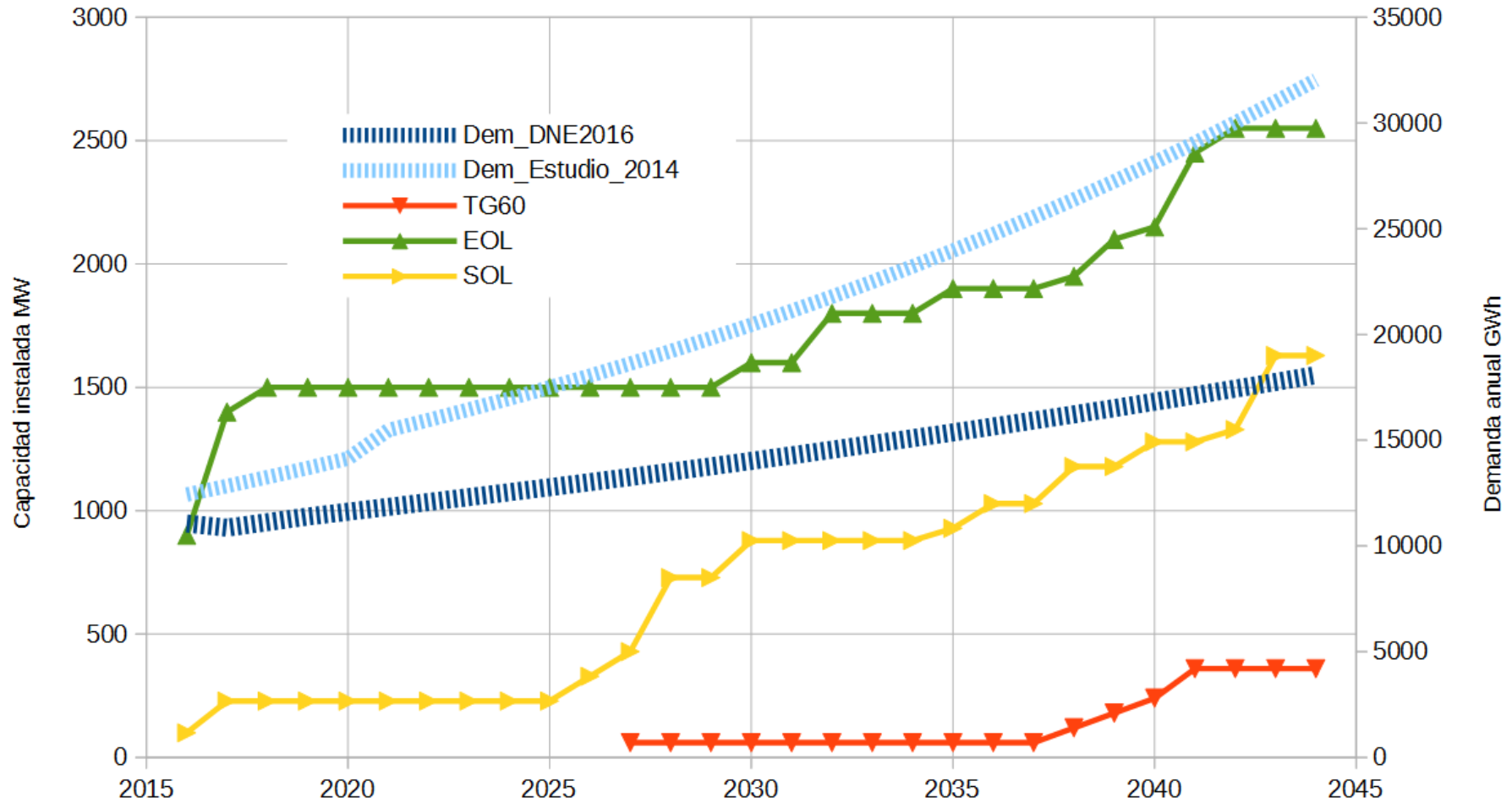


The design – 2010-2011

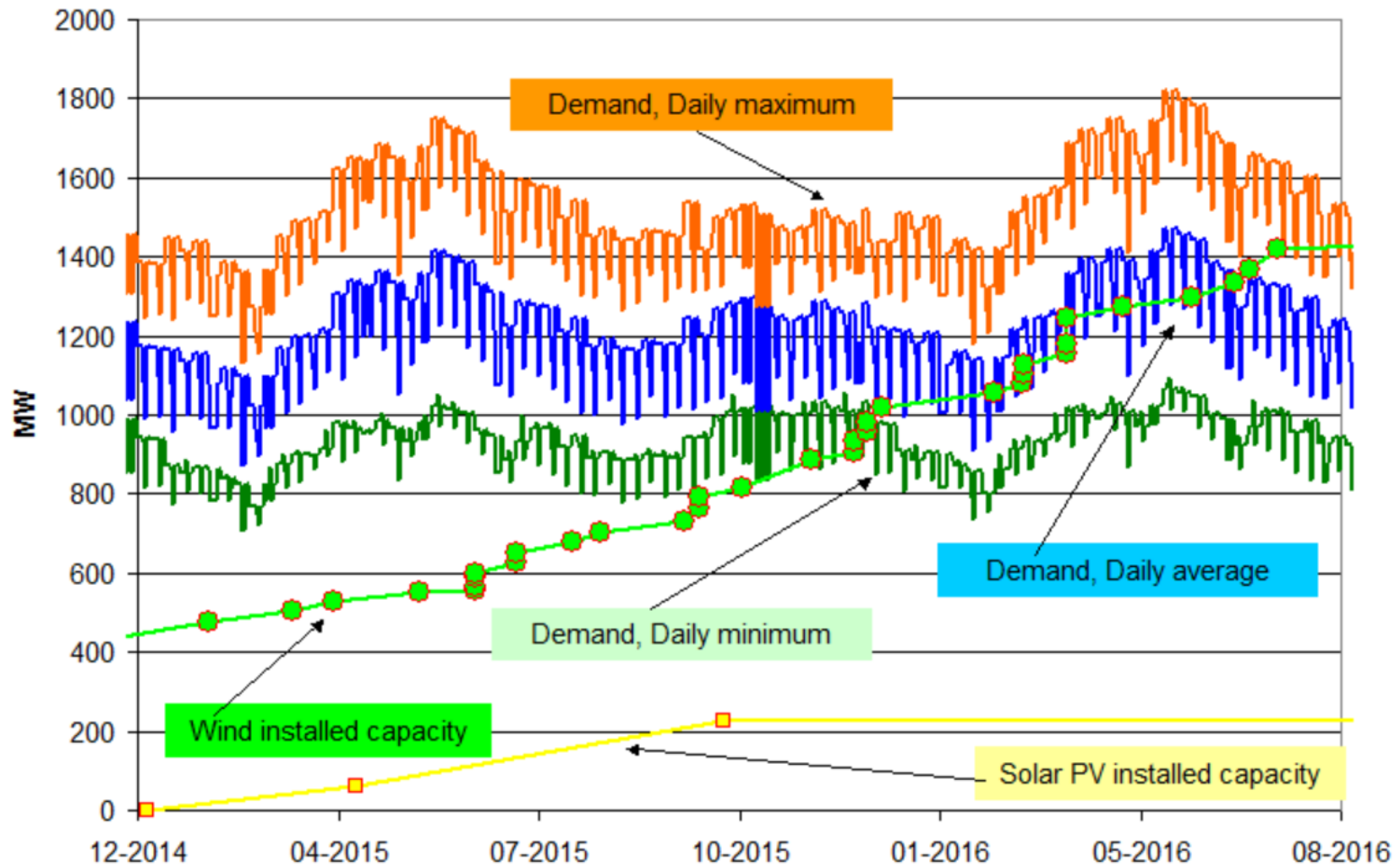
CAD = Combustibles + Compras a agentes nacionales + Importación
(dólares 2011 sin IVA).



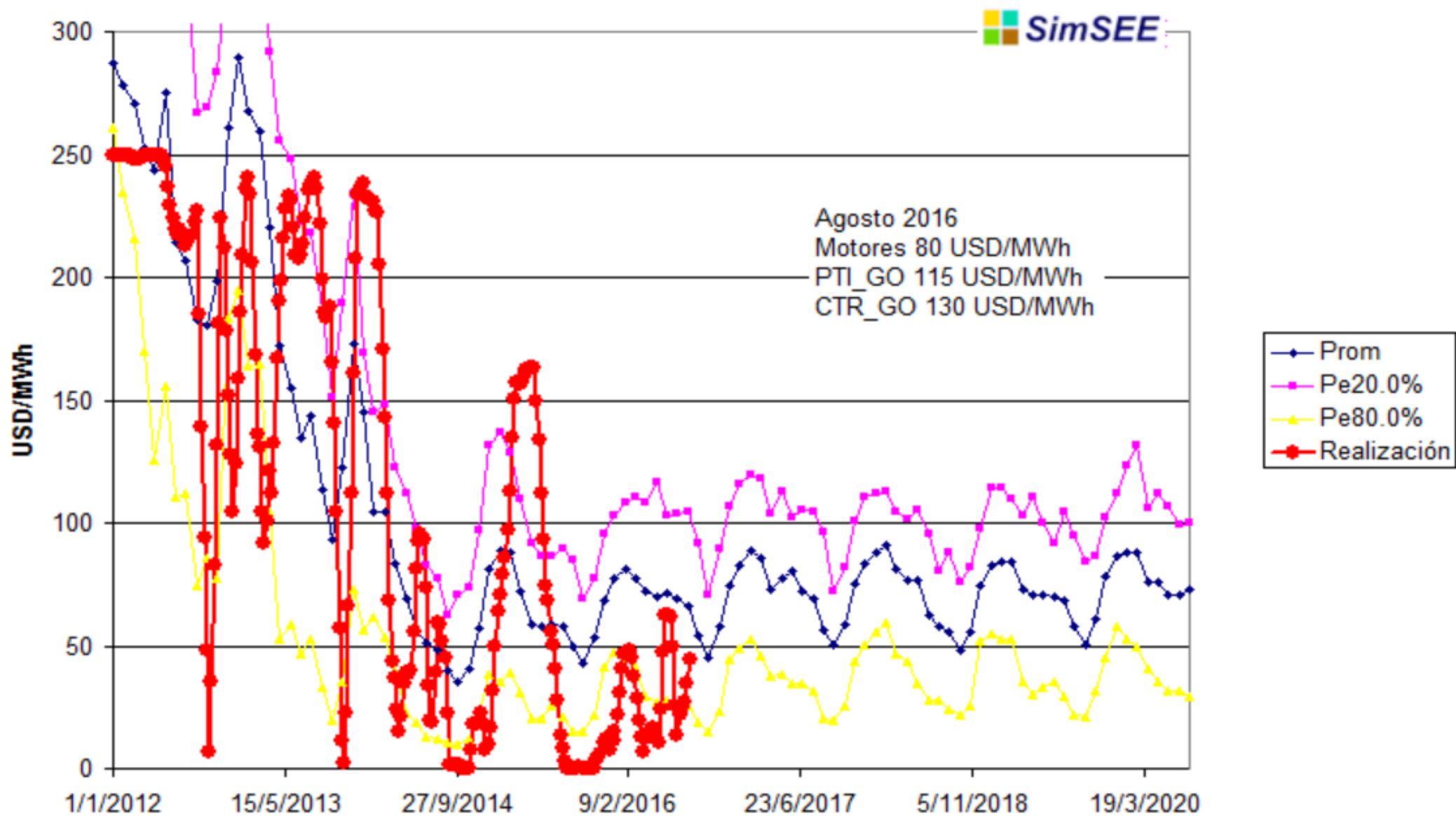
Expansión óptima UY - 2046



Eólica vs. Demanda



Proyección de marginales según simulación realizada en Abril 2012 vs. Realización histórica hasta agosto 2016.



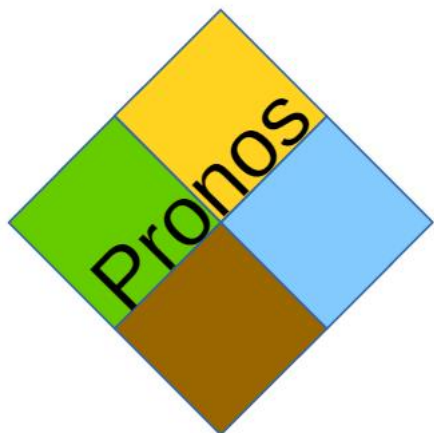
Elementos de control.

DEMANDA NETA

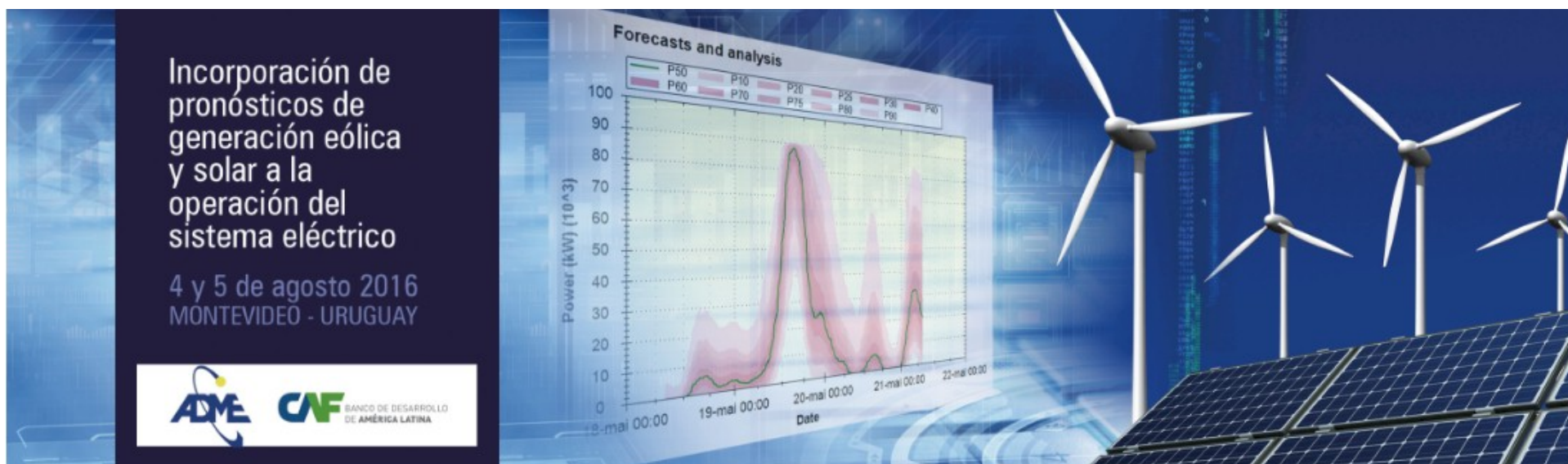
=====

Generación
Transmisión
Distribución

Generación
Distribuída

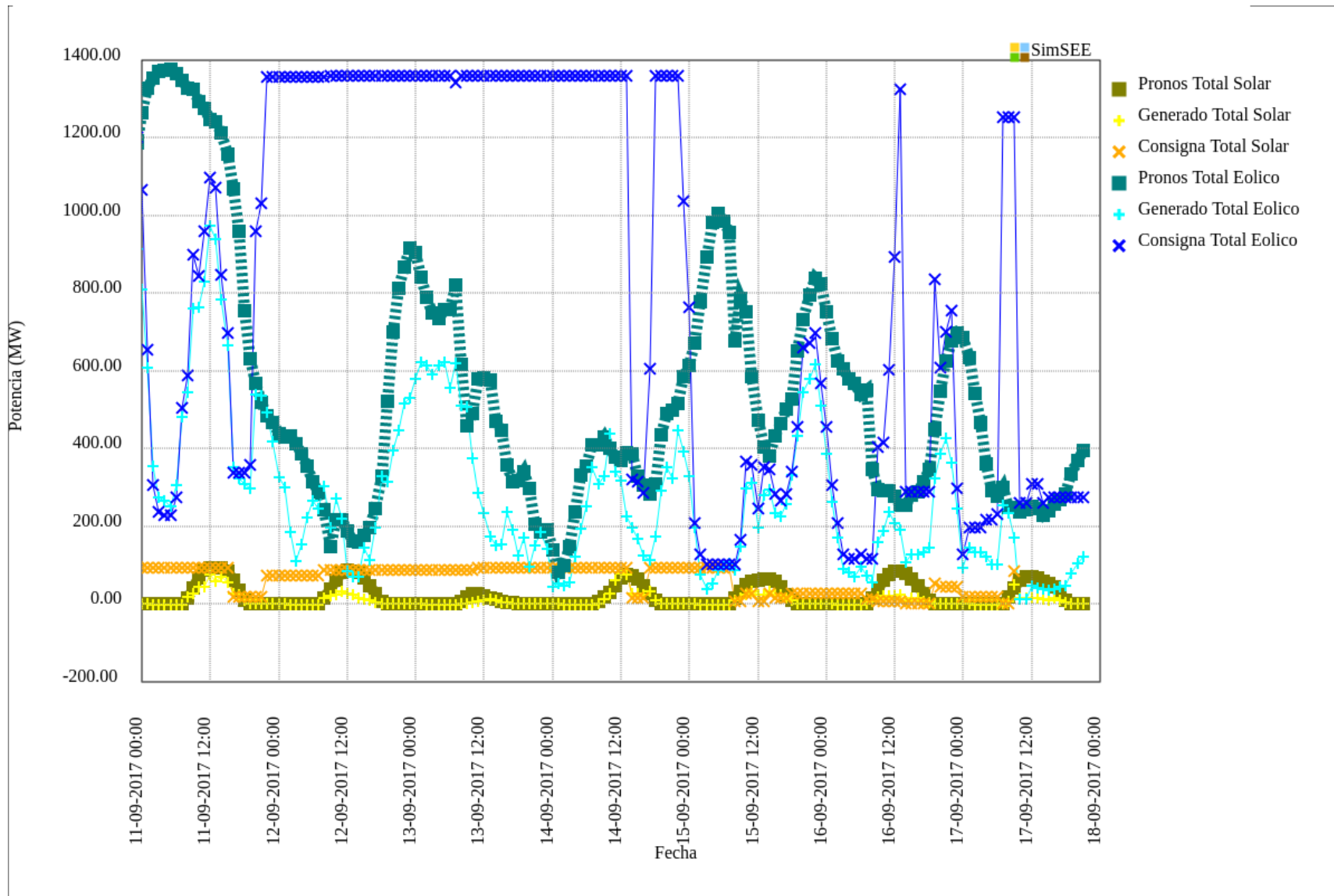


Pronos: Proyecto de Incorporación de Pronósticos de generación eólica y solar a la operación del sistema eléctrico.

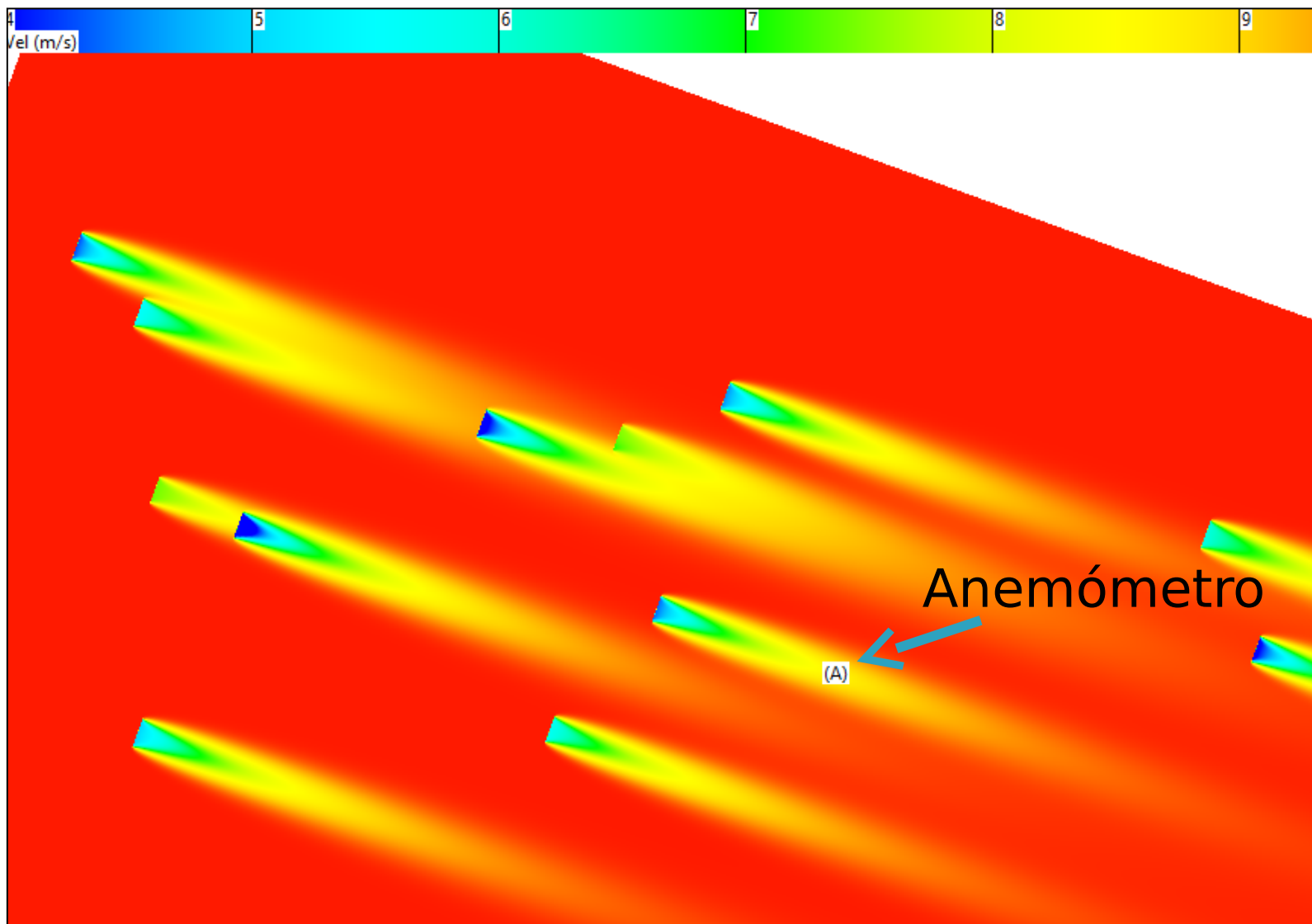


<http://pronos.adme.com.uy>

Pronósticos y CONTROL



Modelo central eólica.



Modelo central fotovoltaica

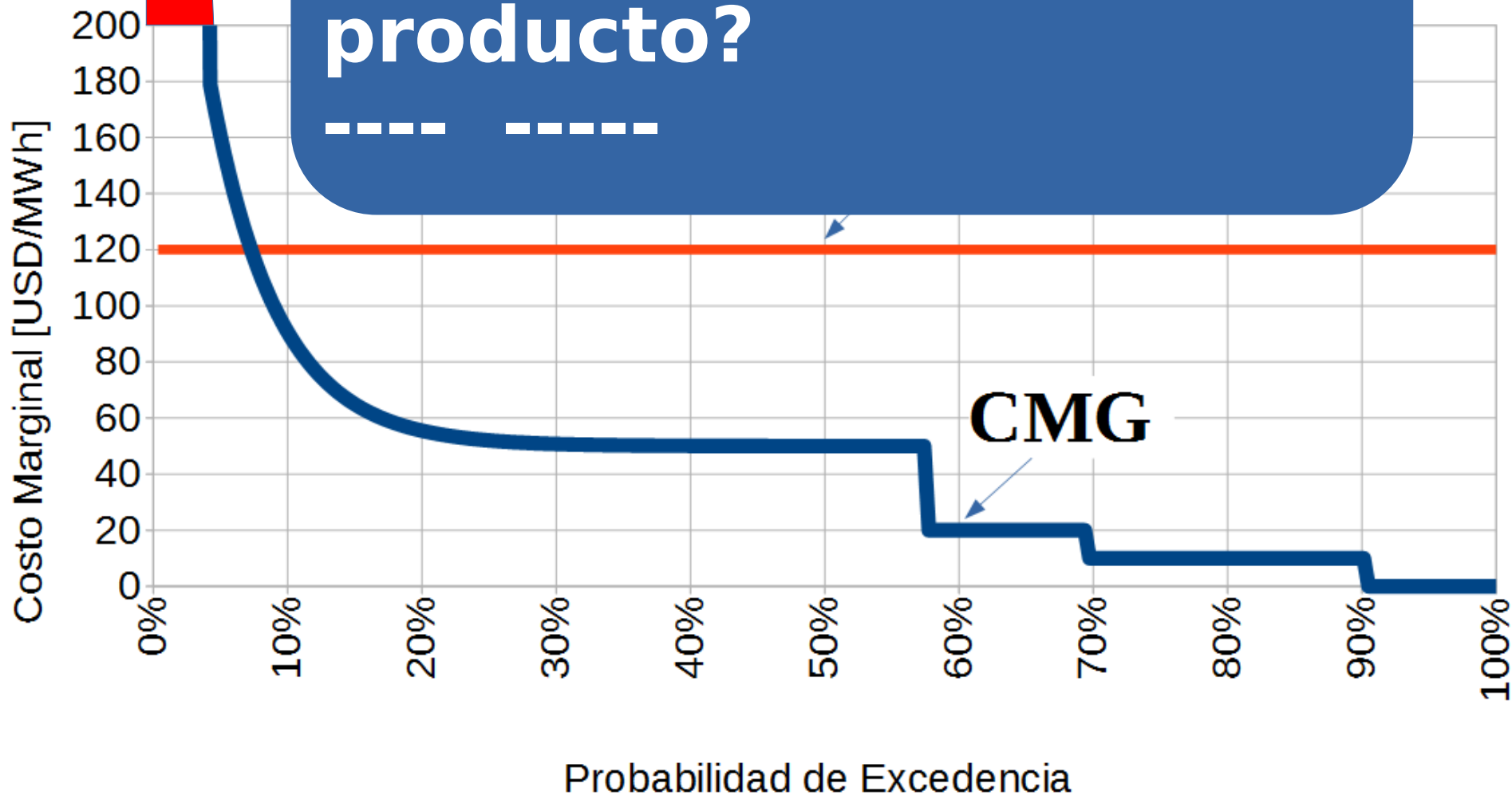


$$P_E(r, T) = c_1 r + c_2 T + c_3 r^2 + c_4 rT + c_5 T^2$$

Mercados de Energía y Capacidad.

Capacidad = “Potencia Firme”

¿Es necesario este producto?



Excedentes de energía.

ERNC como incorporar mucho más....

+ Integración Regional

+ Demanda Con Respuesta (DCR)

+ Bancos de Baterías, Centrales de Bombeo, Hidrógeno,
etc.

Argentina = 12.5 * Uruguay GWh

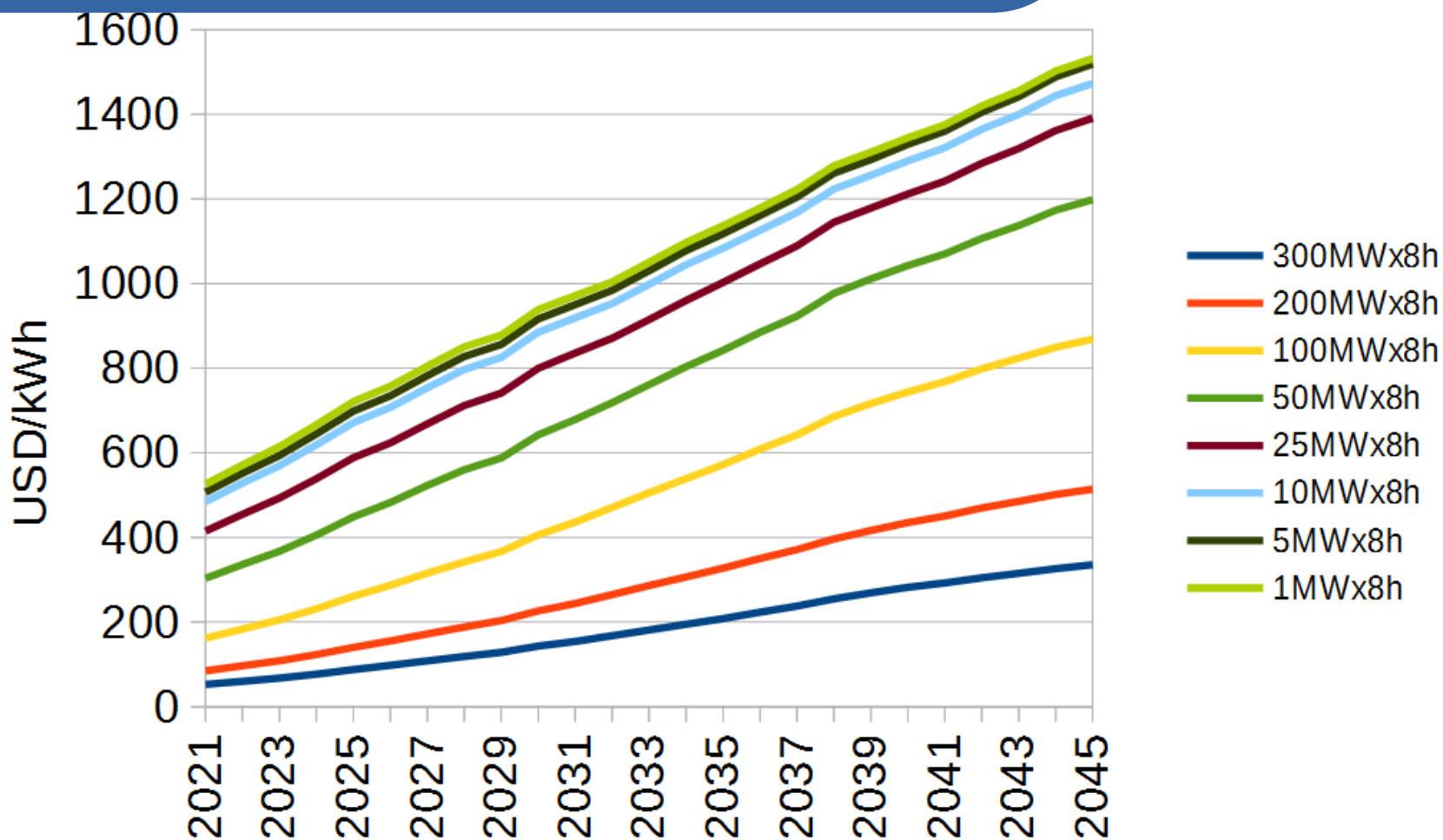
Brasil = 35 * Uruguay GWh

Rango de costos de ALMACENAMIENTO.

	<u>USD/kWh</u>	<u>USD/kWh</u>
Aire Comprimido	192	192
<u>Bat. FLUIDA</u>	290	892
<u>Bat. PLOMO ACIDO</u>	461	1429
<u>Bat. ION-LITIO</u>	347	739
Bombeo <u>HIDRO</u>	188	274
<u>Bat. SODIO</u>	396	1079
<u>Bat. ZINC</u>	230	276

Valorización del ALMACENAMIENTO.

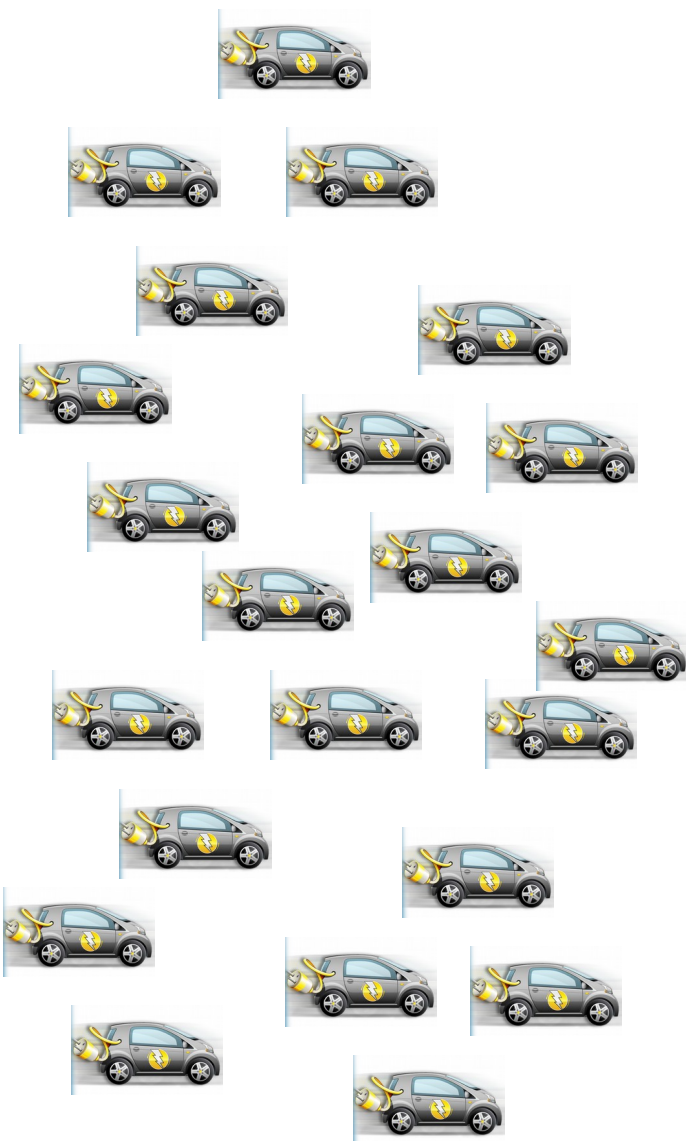
(8 horas rend: 0.81)



Demandas Con Respuesta (DCR)



Nube DCR



Tarifa en tiempo real

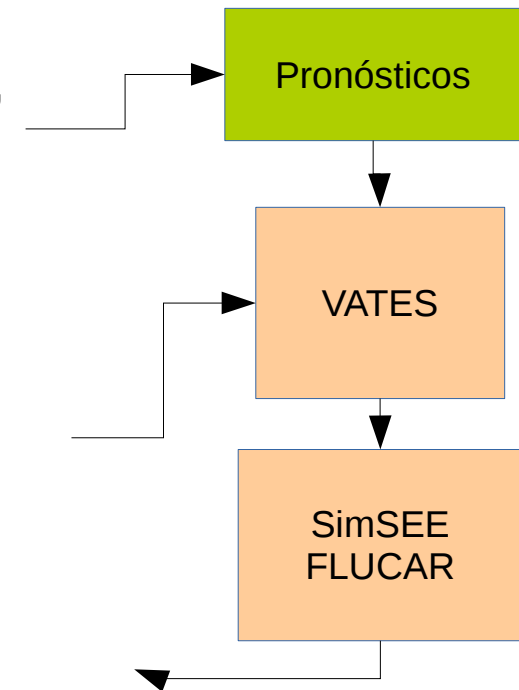
- Con pronóstico en tiempo real de las siguientes 72 horas del Precio Spot.
- Los Controladores Inteligentes intentarán colocar los consumos en las horas de menor precio..



VATES - Bloques básicos

Hidráulica, Solar,
Viento, Temp

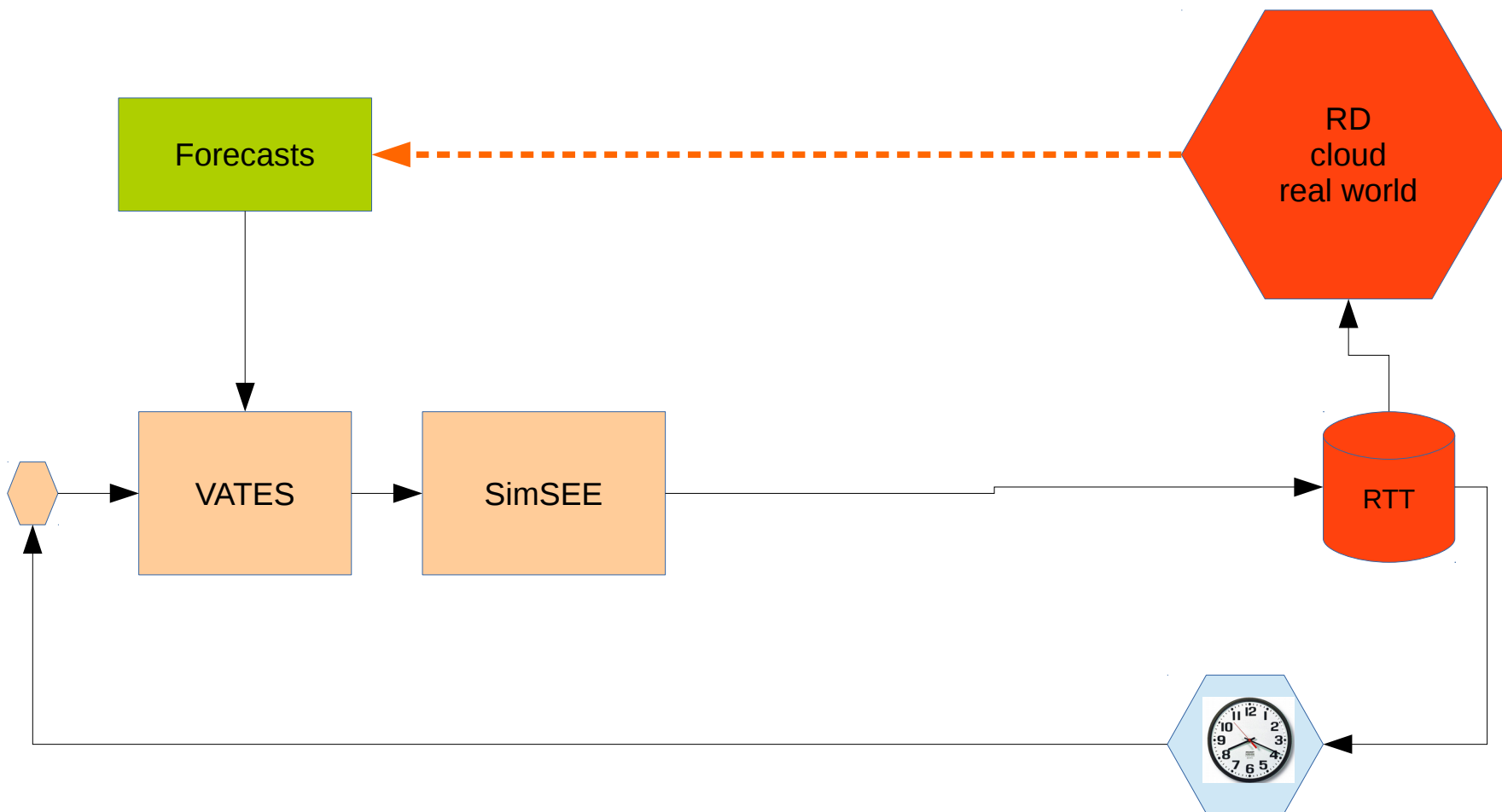
Información del
sistema en
tiempo real



Costo Marginal en cada
nodo de la red para las
72 hours.



Cerrando el bucle.



VATES

Tarifa en Tiempo Real y Demanda Con Respuesta.



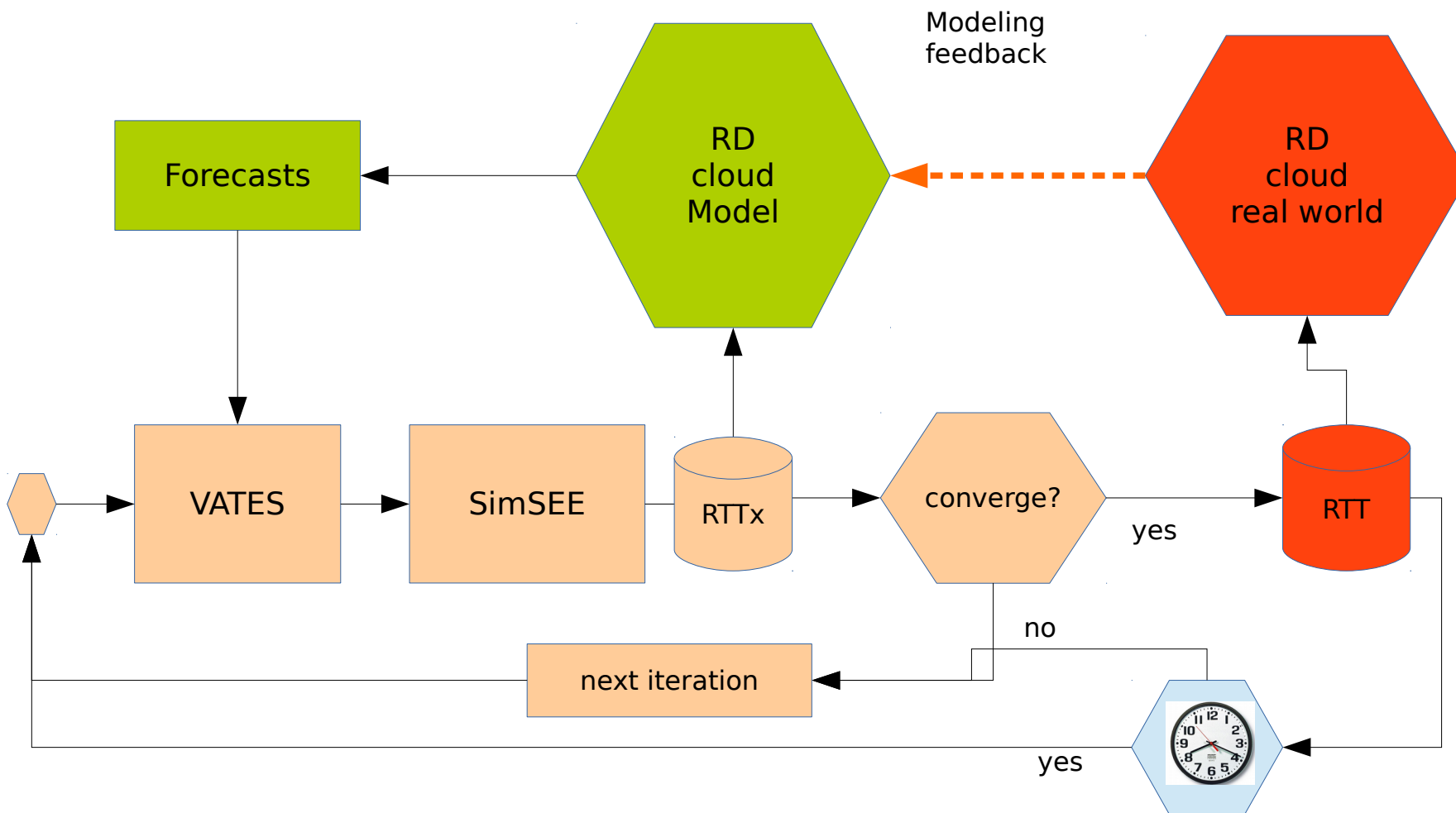
- Publicación en tiempo real de pronóstico del precio para las siguientes 72 hrs
- Los controladores inteligentes intentarán ubicar el consumo en las horas más baratas.
- El costo marginal de la hora más barata subirá por el incremento de consumo.

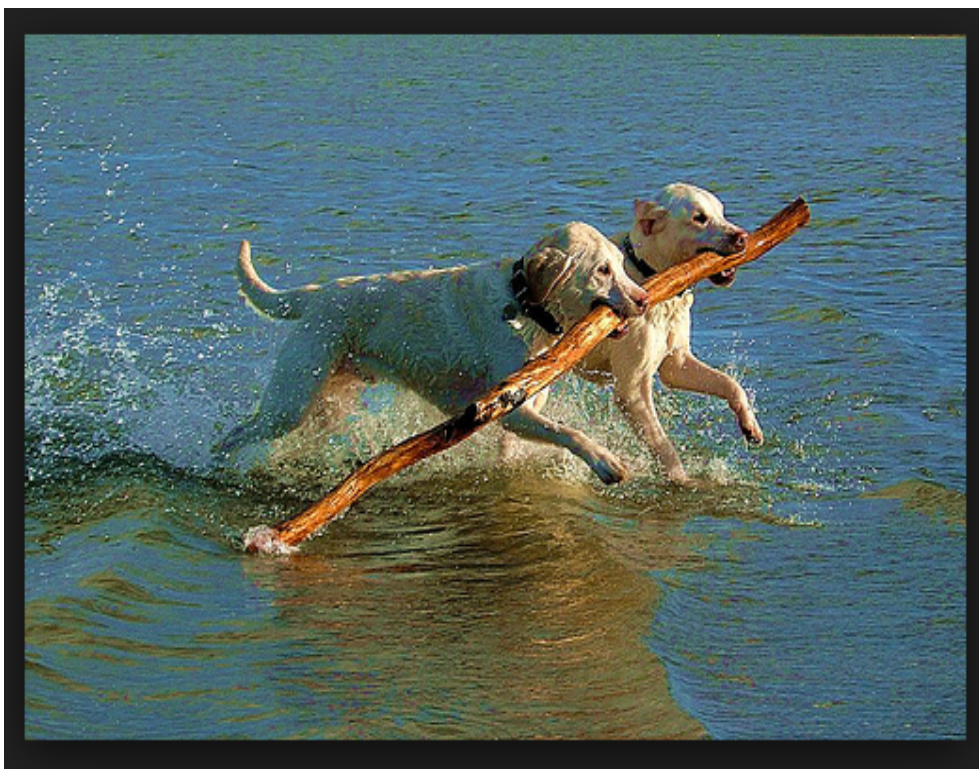
ANII_FSE_1_2011_1_6552:

“Modelo de energías autóctonas en SimSEE”.

Evitando las oscilaciones.

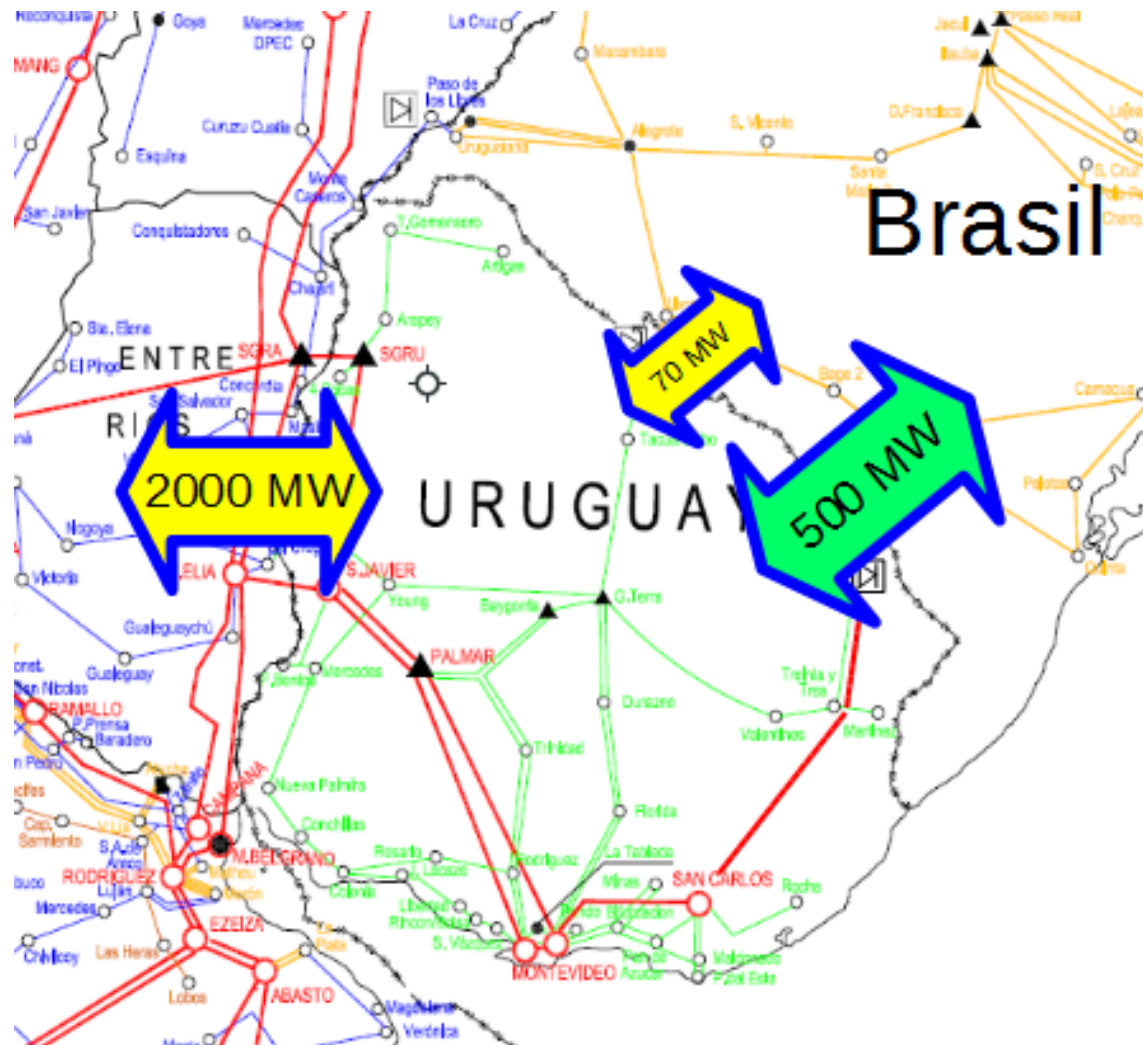
- Modelo de la DCR con mecanismo de auto-aprendizaje.
- Los controladores distribuidos pueden consultar a lo sumo una vez por hora.
- En cada consulta, se suministra el mejor pronóstico disponible.





Integración.

Uruguay interconexiones



Otros sectores.



¿Tenemos que ser CLONES?



Seguridad Nacional Segurança nacional



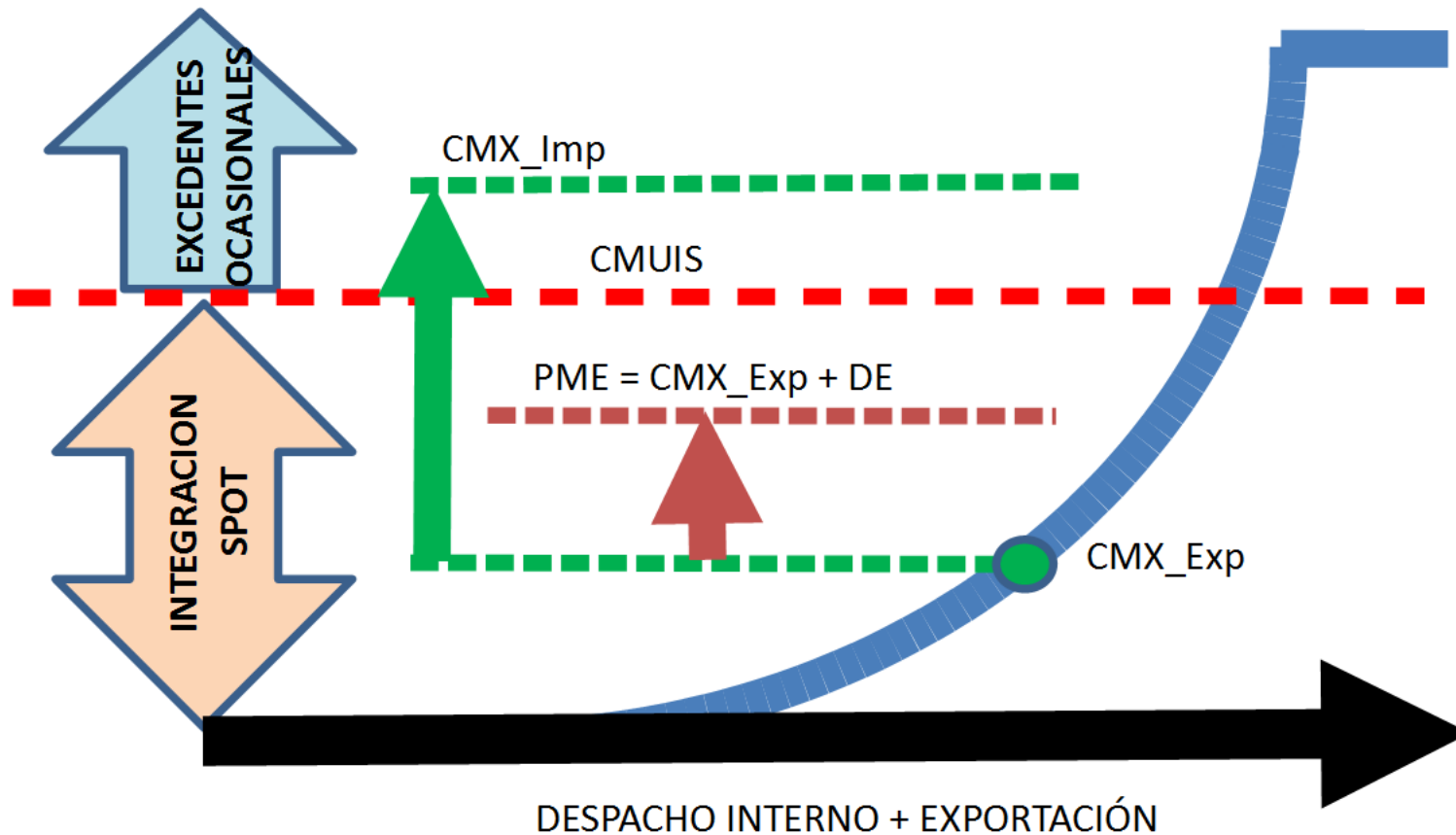


Lo Mejor es
enemigo de lo
BUENO.

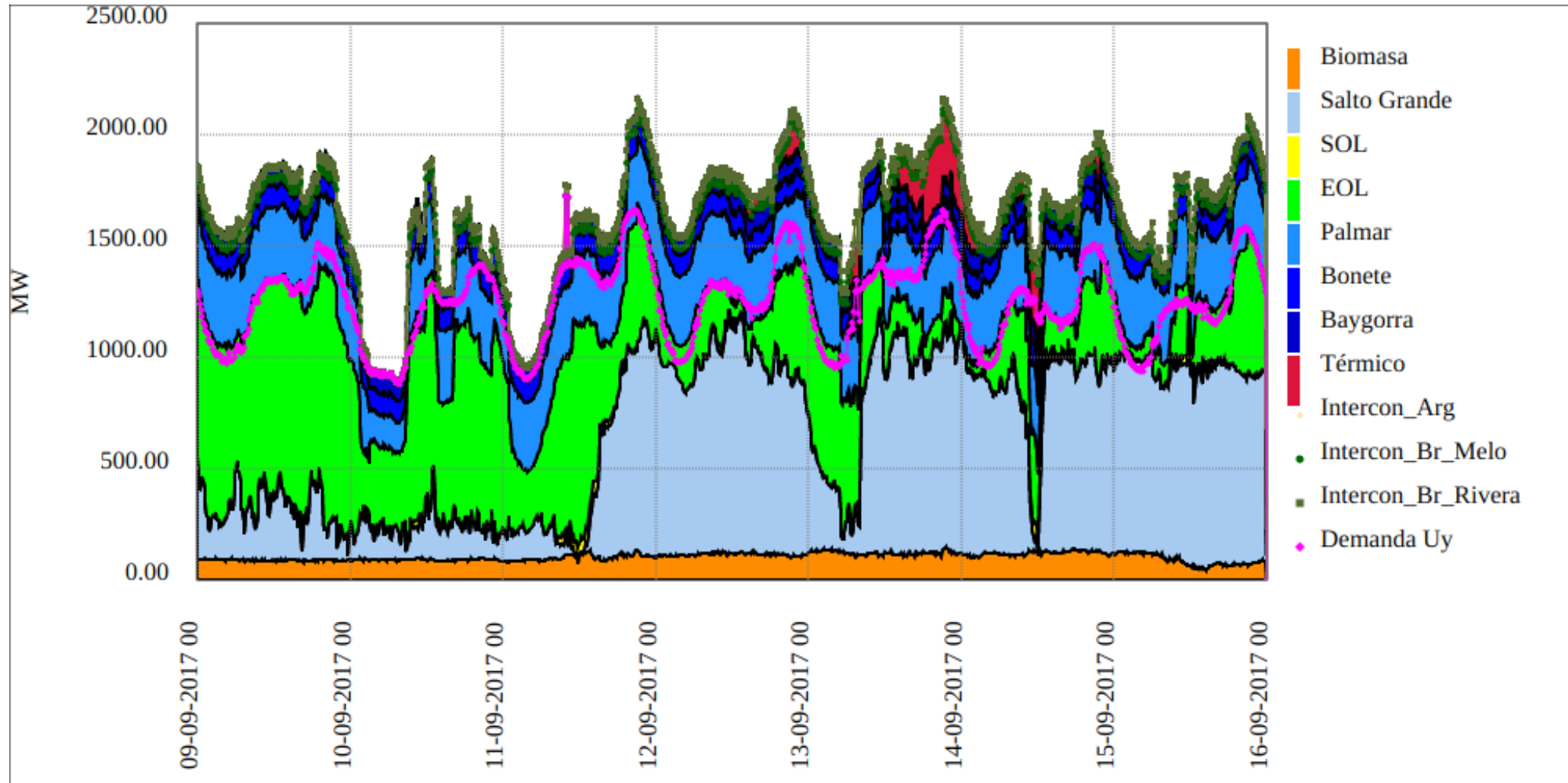
O melhor é inimigo
do bom.

MIG

Modelo de Integración Gradual



Despacho real Uruguay con Exportación a Brasil



Muchas gracias por vuestra atención!

