



UNIVERSIDAD
DE LA REPUBLICA

VATES - Operación óptima de los recursos de generación con alta integración de eólica y solar

Ximena Caporale, Damian Vallejo y Ruben Chaer.

IEEE, IIE-FING y ADME

4/12/2017

Montevideo - Uruguay.



Parte 1) Operación óptima de sistemas dinámicos y su implementación en SimSEE

Parte 1) Operación óptima de sistemas dinámicos y su implementación en la plataforma SimSEE.

Parte 2) Modelado de procesos estocásticos con CEGH e incorporación de pronósticos.

Parte 3) VATES en acción. Pronóstico del despacho de las siguientes 72 horas en tiempo continuo.



Objetivo de Operar un SEE



*Suministrar la demanda
al menor costo posible
en condiciones de calidad aceptable.*



El sector eléctrico.



Generación.



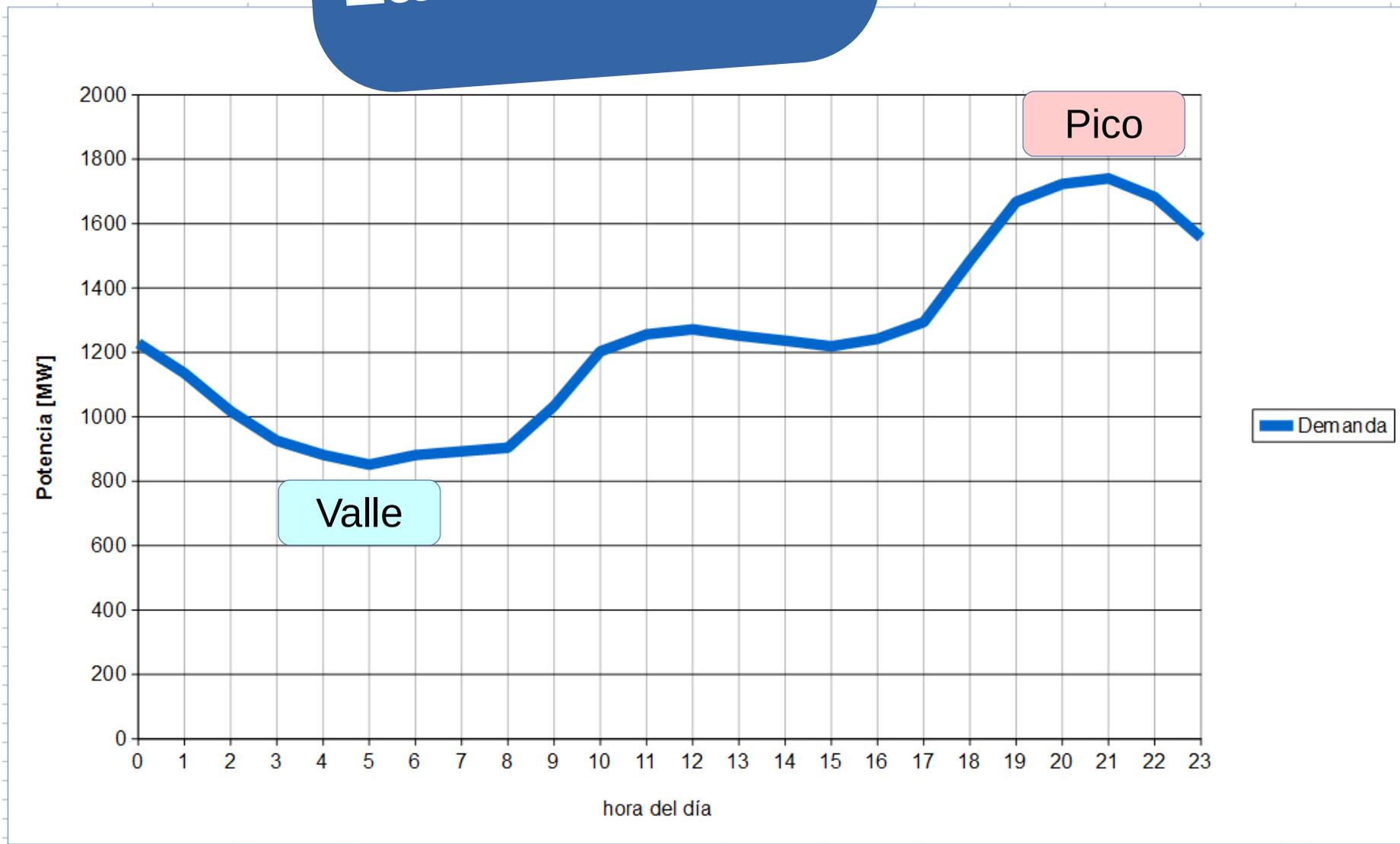
Transmisión



Distribución

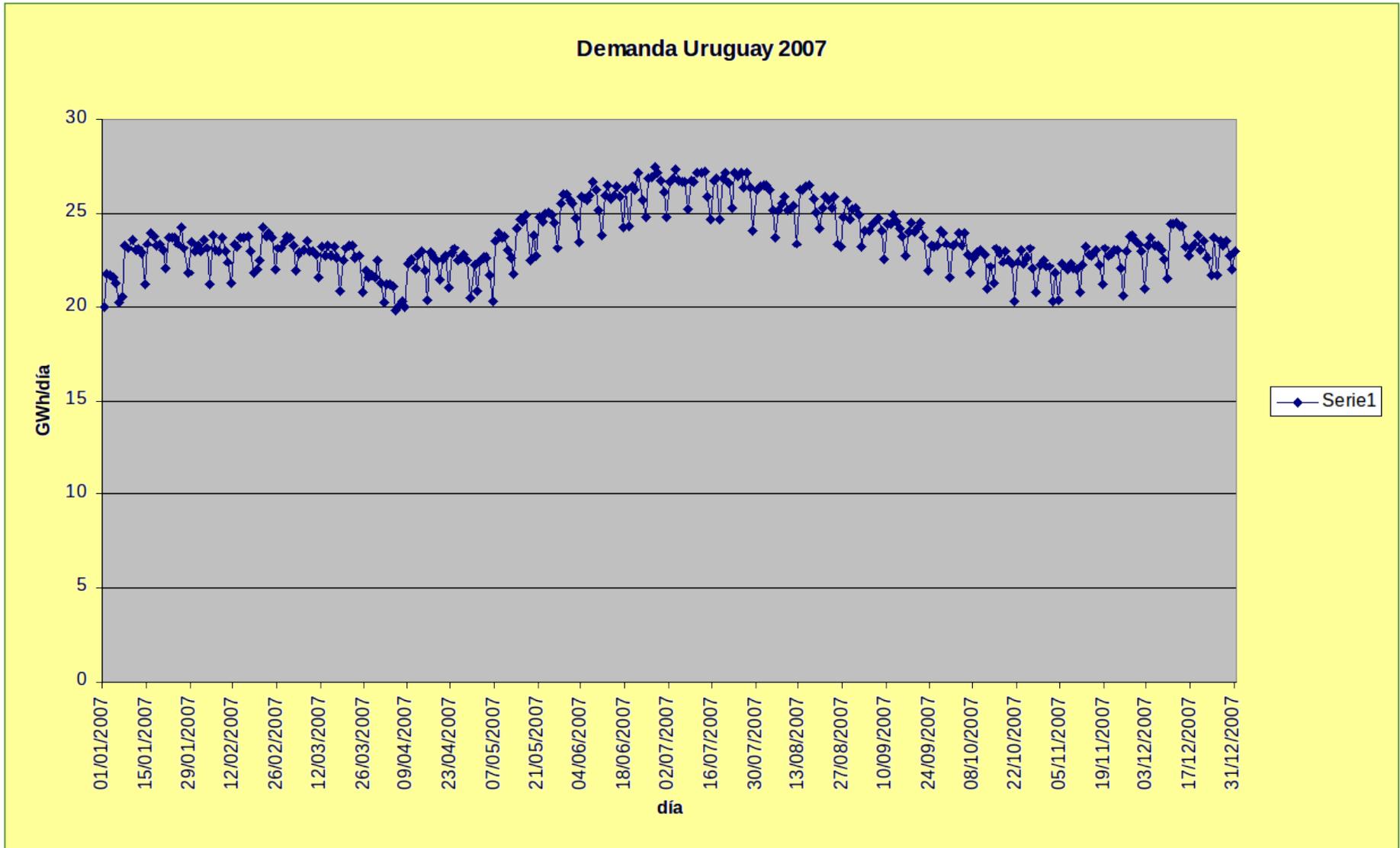


La Demanda





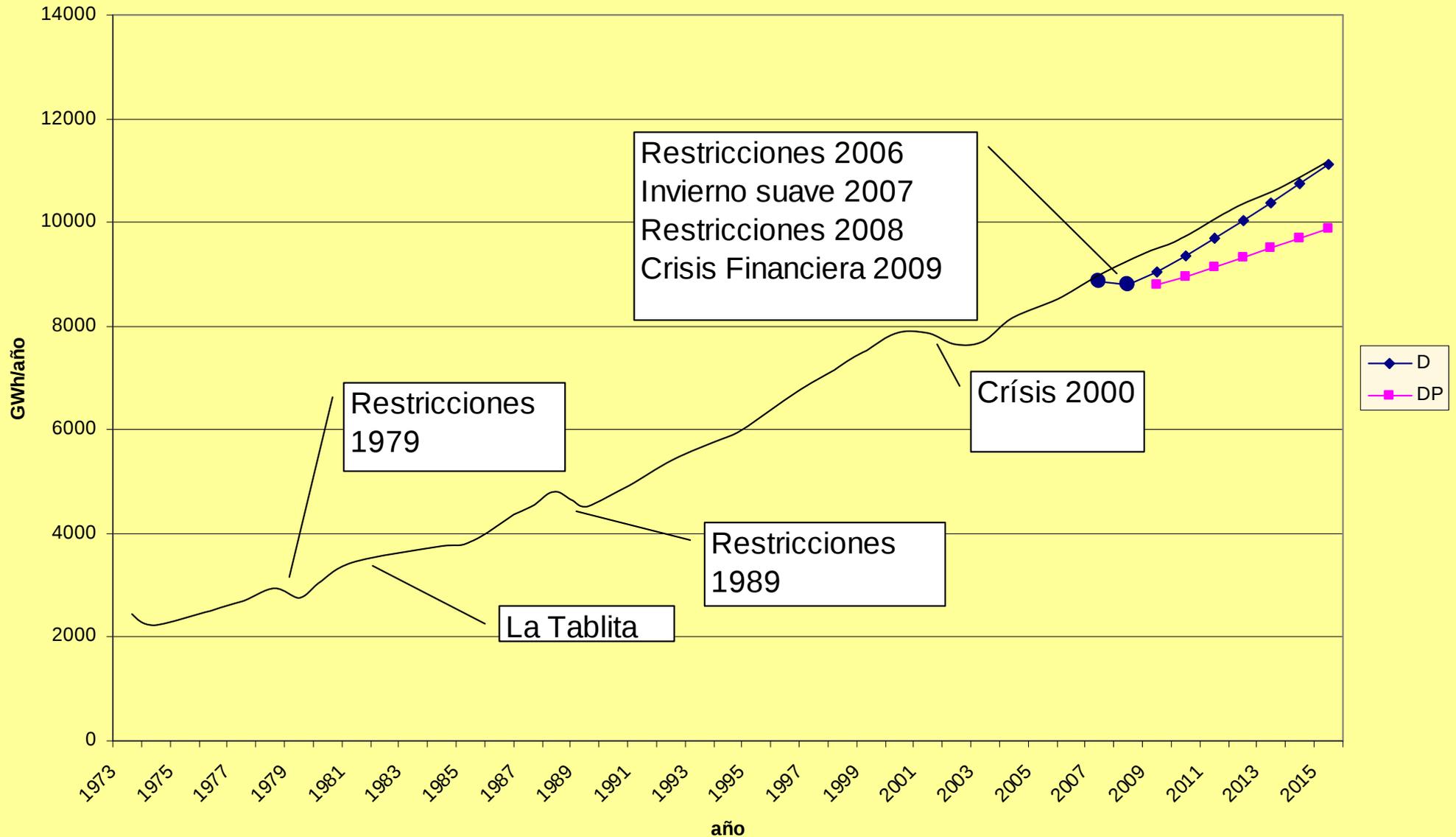
Estacionalidad de la demanda.





Expansión de la Demanda

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





Racionamiento, Falla



Falla, Déficit
Demanda insatisfecha
Costo de Falla

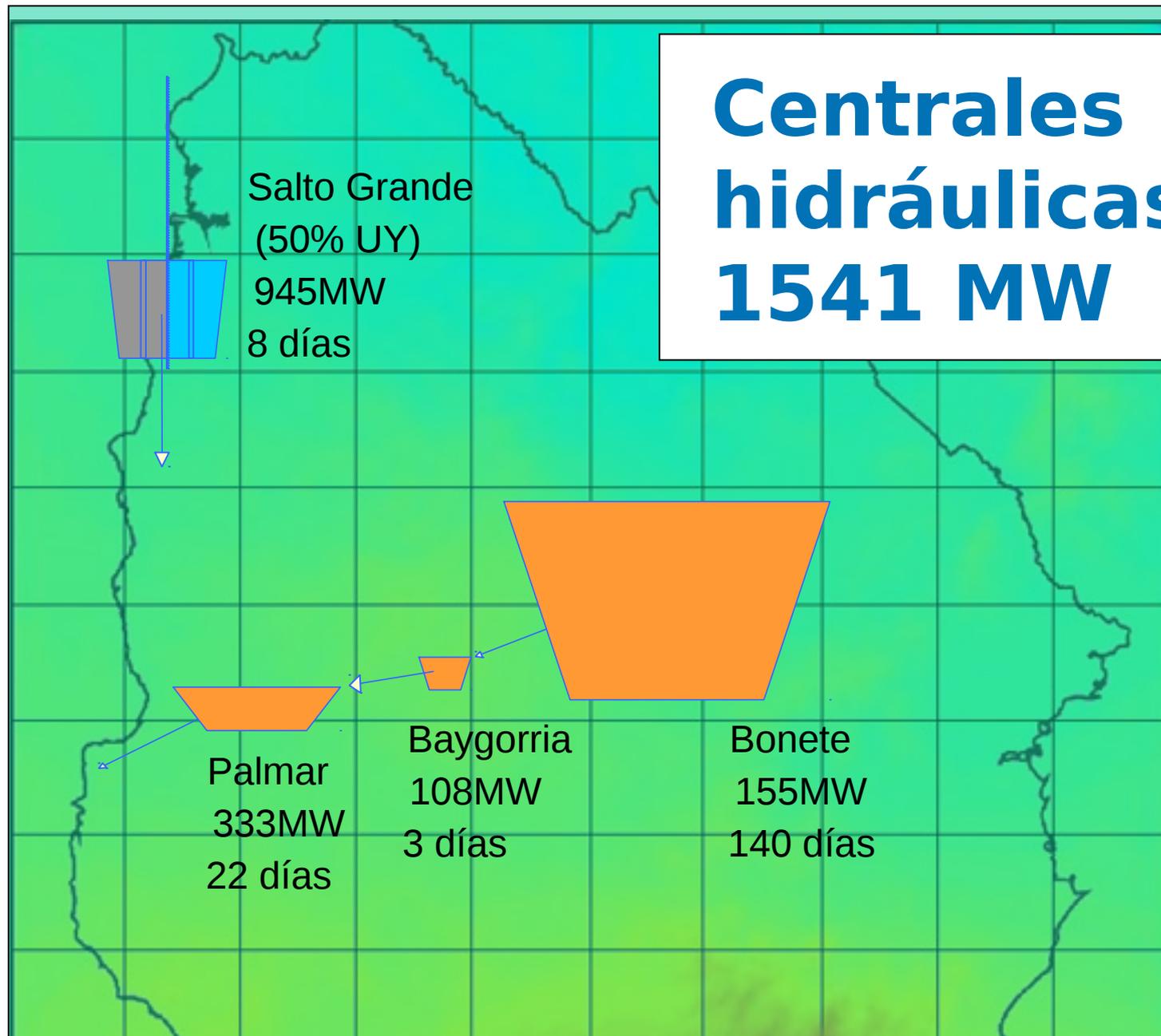
Escalones y Costos de Falla

Decreto 105/013 Nuevo Decreto de Costo de Falla (02/04/2013)

	Escalón 1	Escalón 2	Escalón 3	Escalón 4
	2%	2 a 7%	7 a 14.5%	más de 14.5%
escf [pu]	0.020	0.050	0.075	0.855
cvf [USD/MWh]	CTR+10%	600	2400	4000

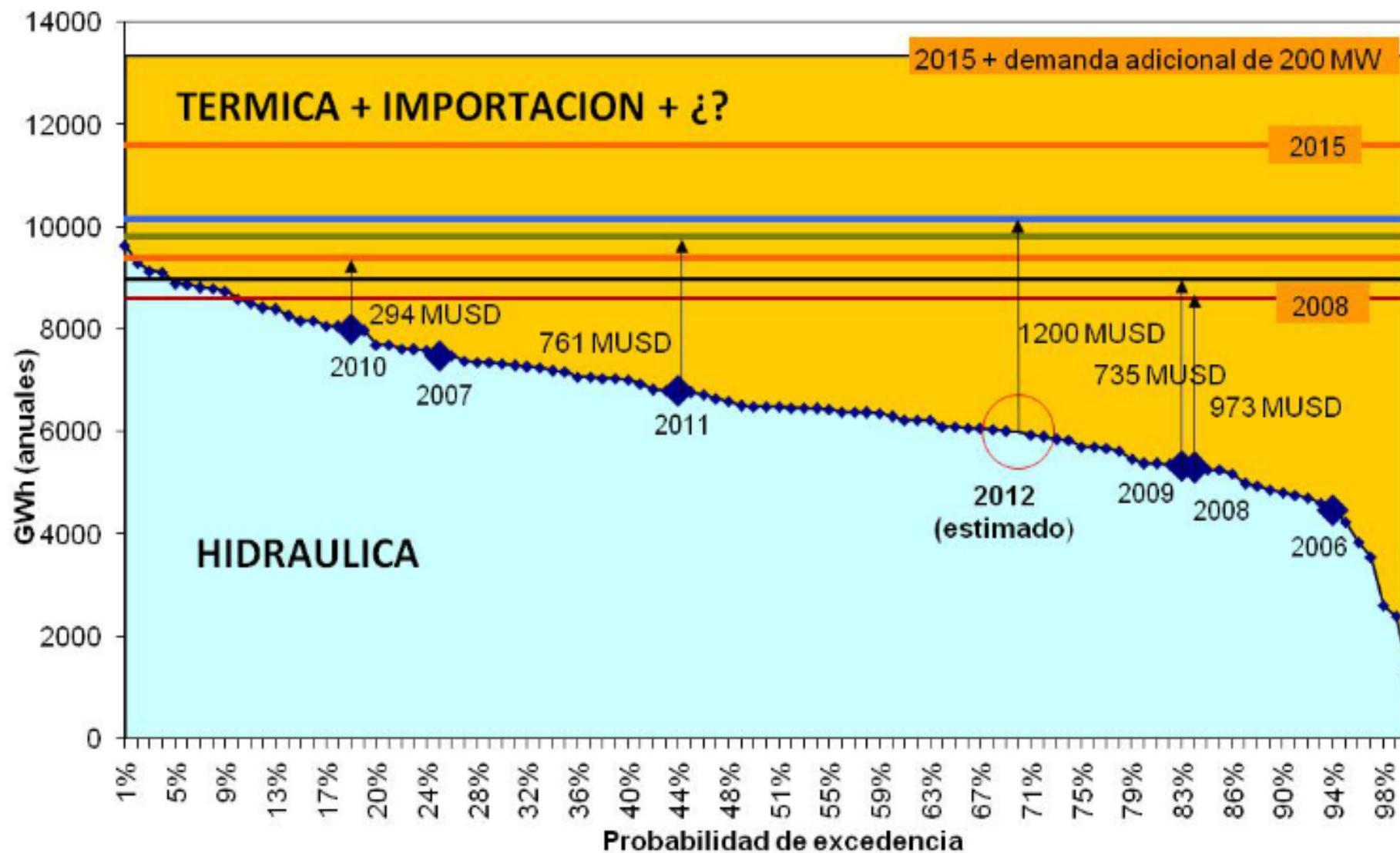


Centrales hidráulicas 1541 MW



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

Uruguay



Fósiles Brent/GNL

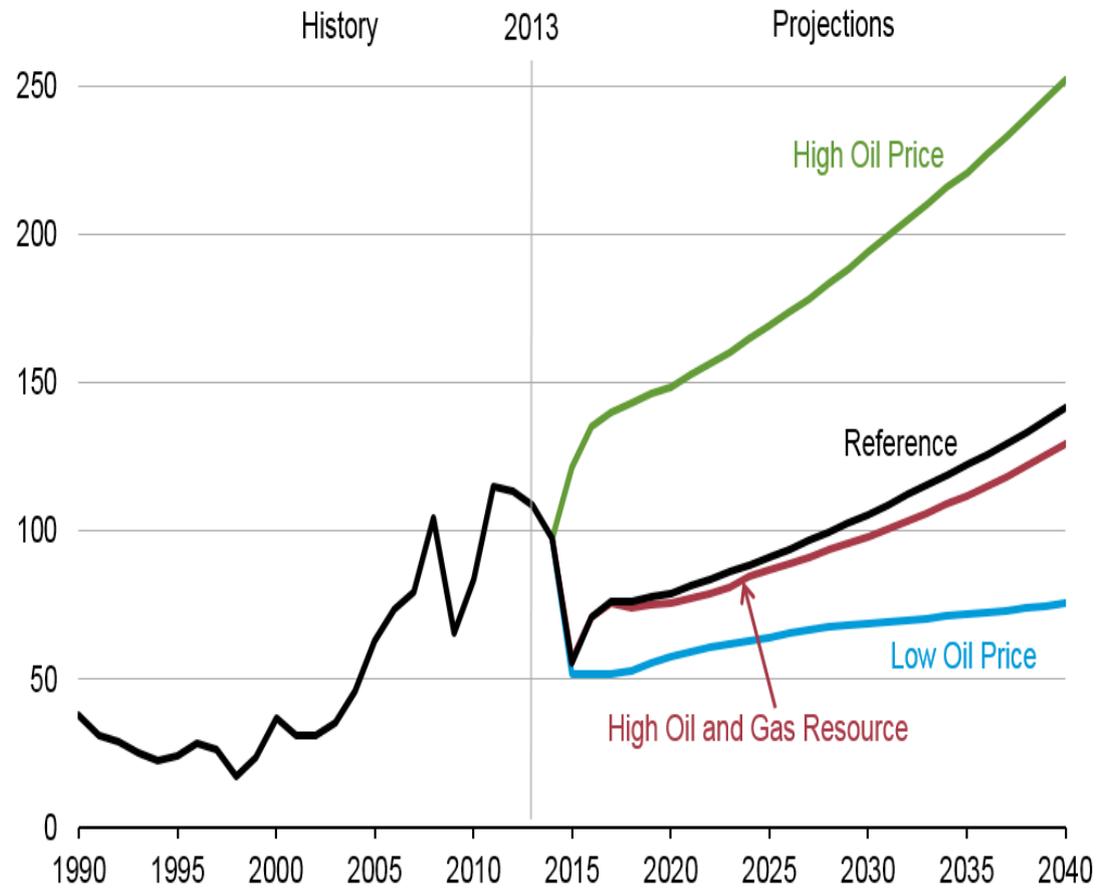


Plazo)

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

Brent crude oil spot price
2013 dollars per barrel

Figure 32. World oil prices in three cases, 1980-2035 (2008 dollars per barrel)



Source: EIA, Annual Energy Outlook 2015



DEMANDA NETA

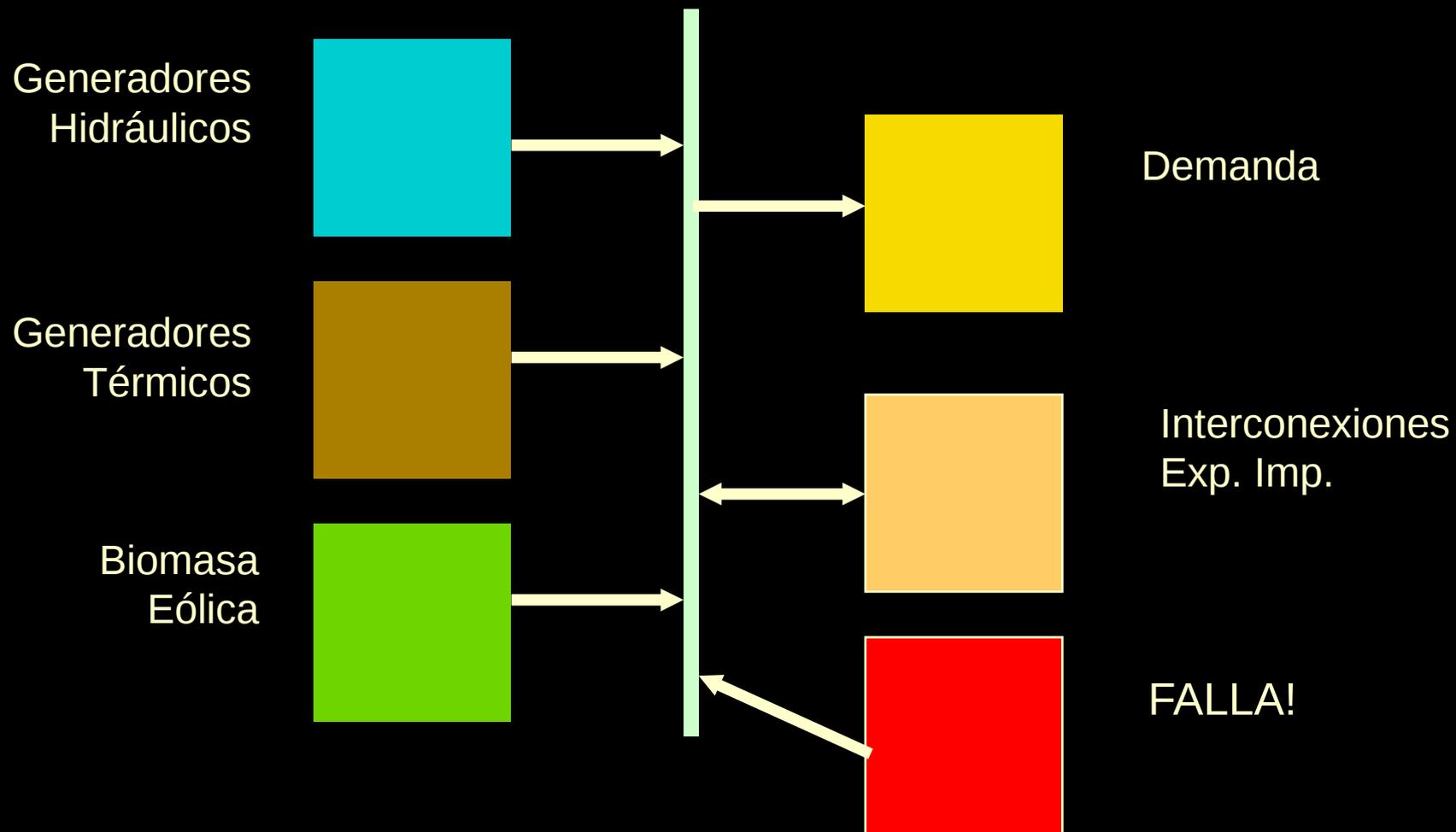


Generación
Transmisión
Distribución

Generación Distribuída



Balance en todo instante



Sistema dinámico



- Inercia.
- El pasado importa.
- El presente afecta el futuro.



*La operación
de un sistema
hidrotérmico es
un problema de
optimización
COMPLEJO!*



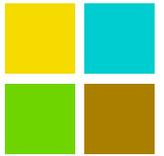
Usando el agua embalsada



La complejidad está asociada a la posibilidad de almacenar recursos.

El problema está en que hay que decidir CUANTO usar de un recurso pero también CUANDO es oportuno hacerlo..

SimSEE , Proyecto PDT 47-14:



“Simulador de Sistema de Energía Eléctrica”

Su objetivo general es el **desarrollo** de una herramienta que:

- permita la simulación y optimización de la **planificación y operación** del sistema eléctrico uruguayo
- sea de **uso público**
- sea **flexible** y de **fácil expansión**
- sea adecuada para **uso educativo**.

*Realizado en el IIE. 18 meses comenzando en noviembre del 2006
Un investigador senior y un junior 30 horas semanales.
Apoyaron el proyecto: DNETN, URSEA, ADME y UTE.*



UNIVERSIDAD
DE LA REPUBLICA



UNIVERSIDAD
DE LA REPUBLICA
URUGUAY





Proyectos SimSEE

- 1) PDT 47/12 BID – CONICYT 2006-2007 Creación
- 2) ANII-FSE 2009-128 Mejoras
- 3) ANII-FSE-1-2011-1-6552 Modelado Autoctonas
- 4) ANII-FSE_1_2013_1_10957 OptimA
- 5) 2015-2017 VATES (en curso)
- 6) 2016-2017 PRONOS
- 7) Modelo Demanda - Presentado ANII (Dic2017)
- 8) Opt. Dinámica Aproximada Cont. P.ANII (Dic2017)





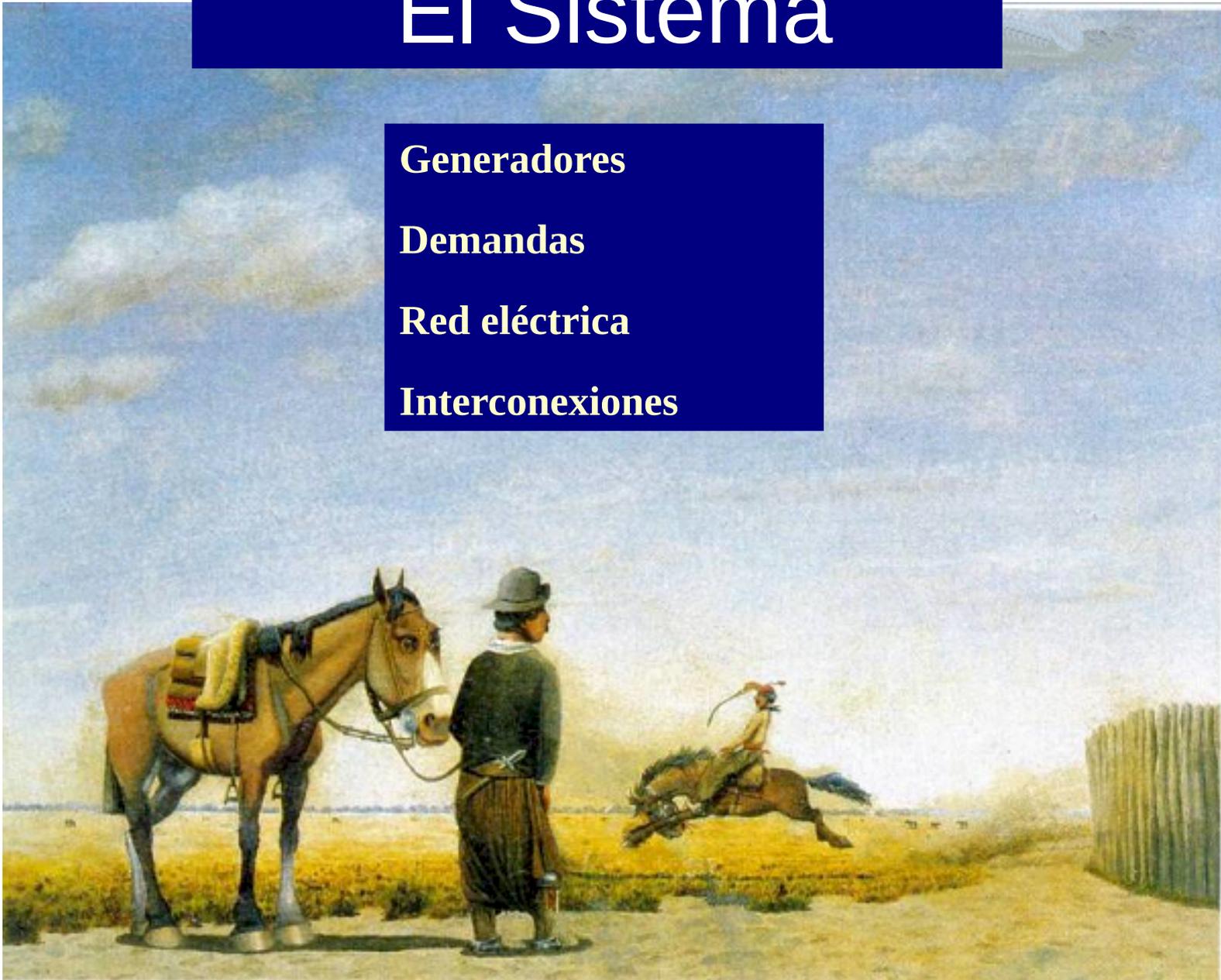
El Sistema

Generadores

Demandas

Red eléctrica

Interconexiones





SimSEE

Una Herramienta





¿Por qué y para qué?



Estado del Sistema

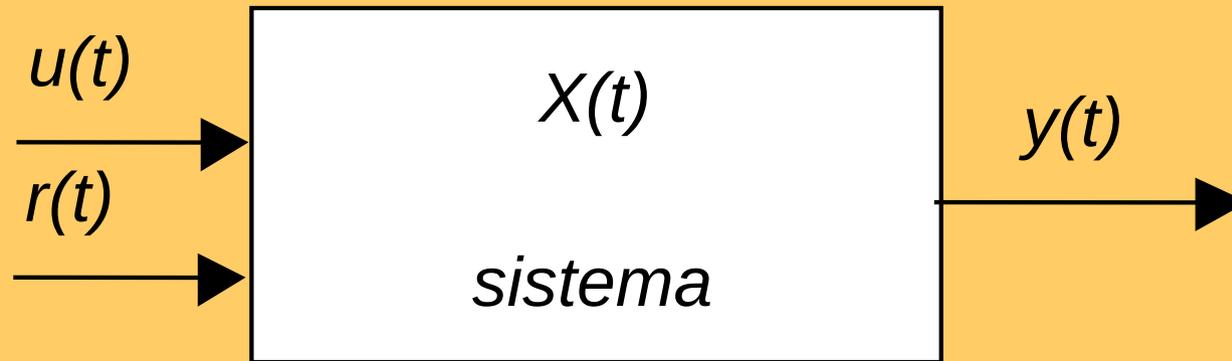


- X = Vector de información que capta todo lo relevante del pasado para calcular el futuro si se conocen las entradas de aquí en mas.

$$X(t) = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix}$$



ESTADO del sistema y MODELO.



u , entradas controlables
 r , entradas no controlables
 x , estado
 y , variables observadas o salidas
 t , es el tiempo.



Modelo de sistema dinámico

$$\frac{dX}{dt} = f(X, u, r, t)$$

$$y = g(X, u, r, t)$$

u , entradas controlables

r , entradas no controlables

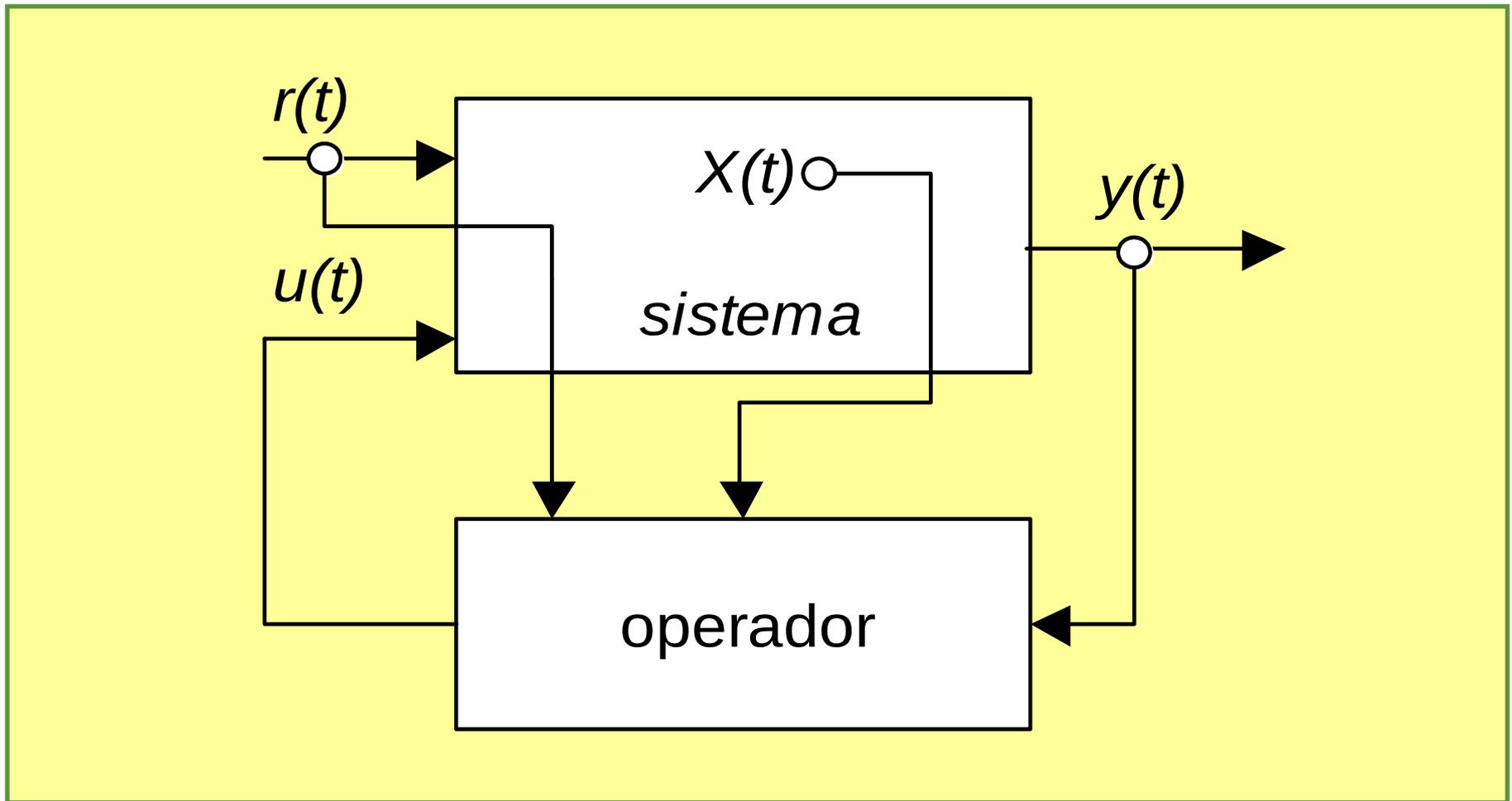
x , estado

y , variables observadas o salidas

t , es el tiempo.



Operación - Sistemas Dinámicos





Política de Operación

$$u = PO(X, r, t)$$



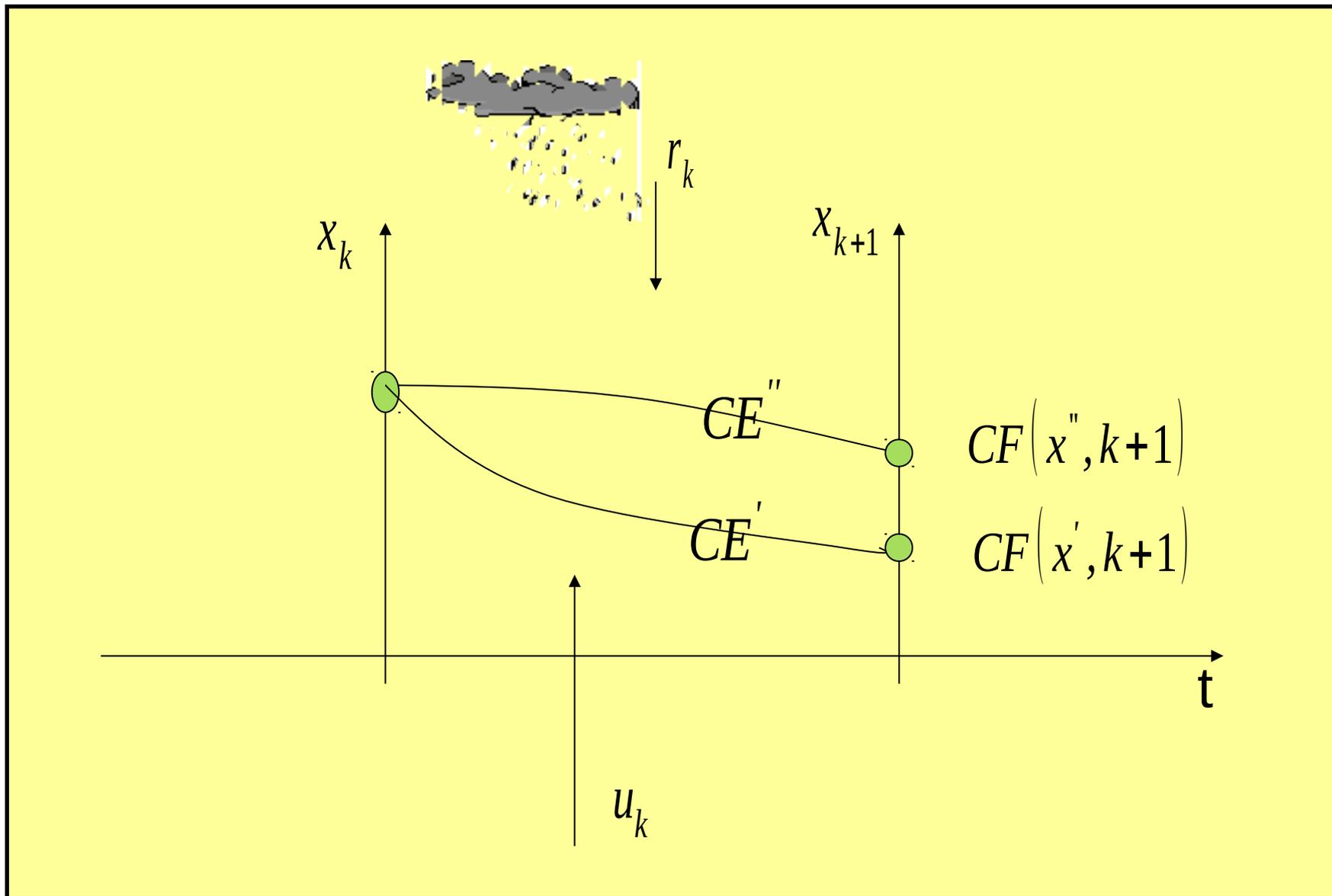
Política de Operación y Costo Futuro



- Dada una Política de Operación es posible calcular el Costo Futuro para cada estado de partida del sistema.

Costo Futuro = CF

Programación Dinámica Estocástica.



Hey, no se duerman!



Presente vs. Futuro



El uso de recursos almacenados (agua) en el presente produce un incremento en los costos de operación del futuro. La postergación del uso de un recurso almacenado produce un incremento en los costos del presente.

La Política Óptima es la que equilibra la afectación de costos entre presente y futuro.

Este es el resultado de Hamilton-Jacobi.

Valor de un recurso almacenable



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

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

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



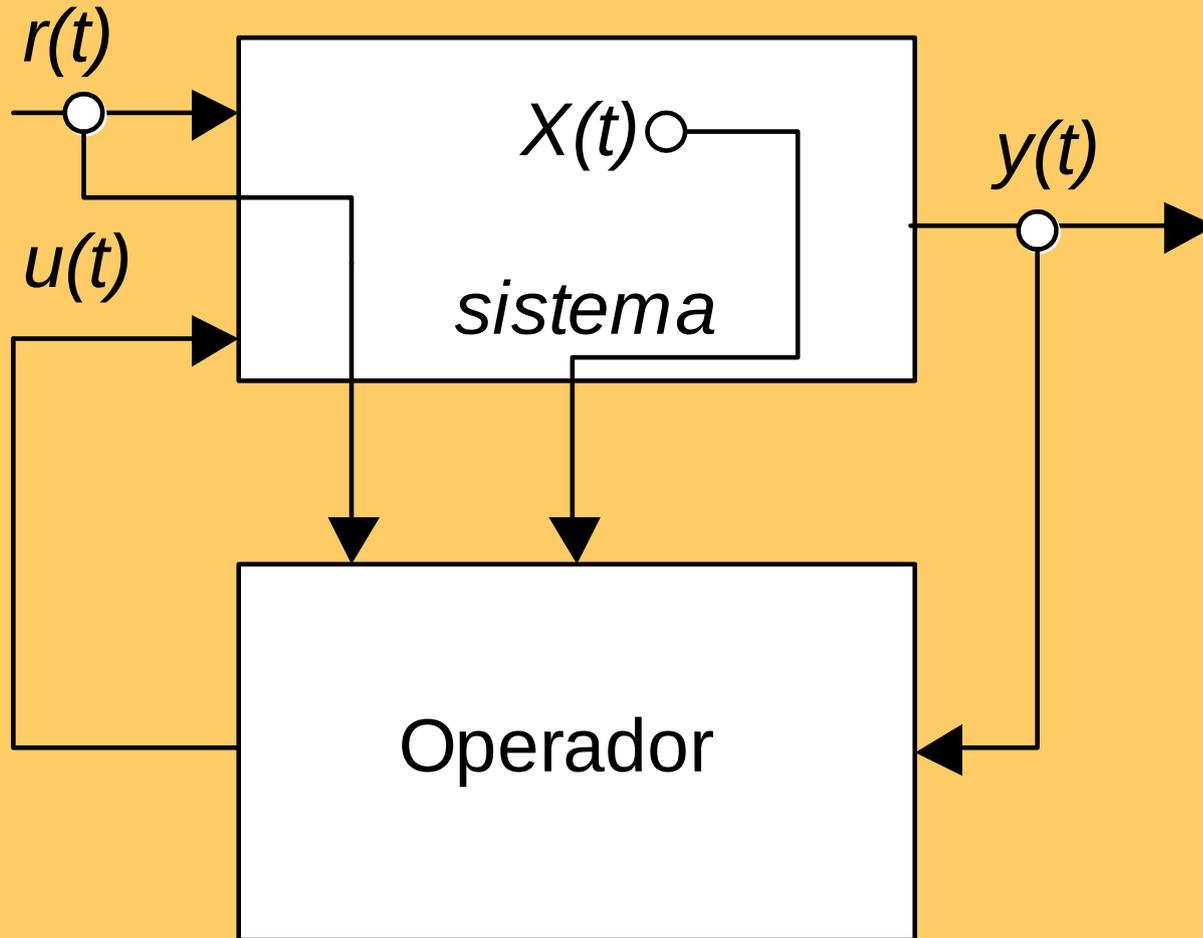
Valor del Agua

Si pensamos que cada x representa un stock de un recurso (por ejemplo agua embalsada) las derivadas del costo futuro respecto de cada variable, puede pensarse como menos el valor que le asignamos a una unidad de stock de esa variable. Generalmente aumentar el stock de un recurso disminuirá el costo futuro por lo que estas derivadas son negativas.

$$\text{valor de } x = -\frac{\partial CF(x, k+1)}{\partial x}$$

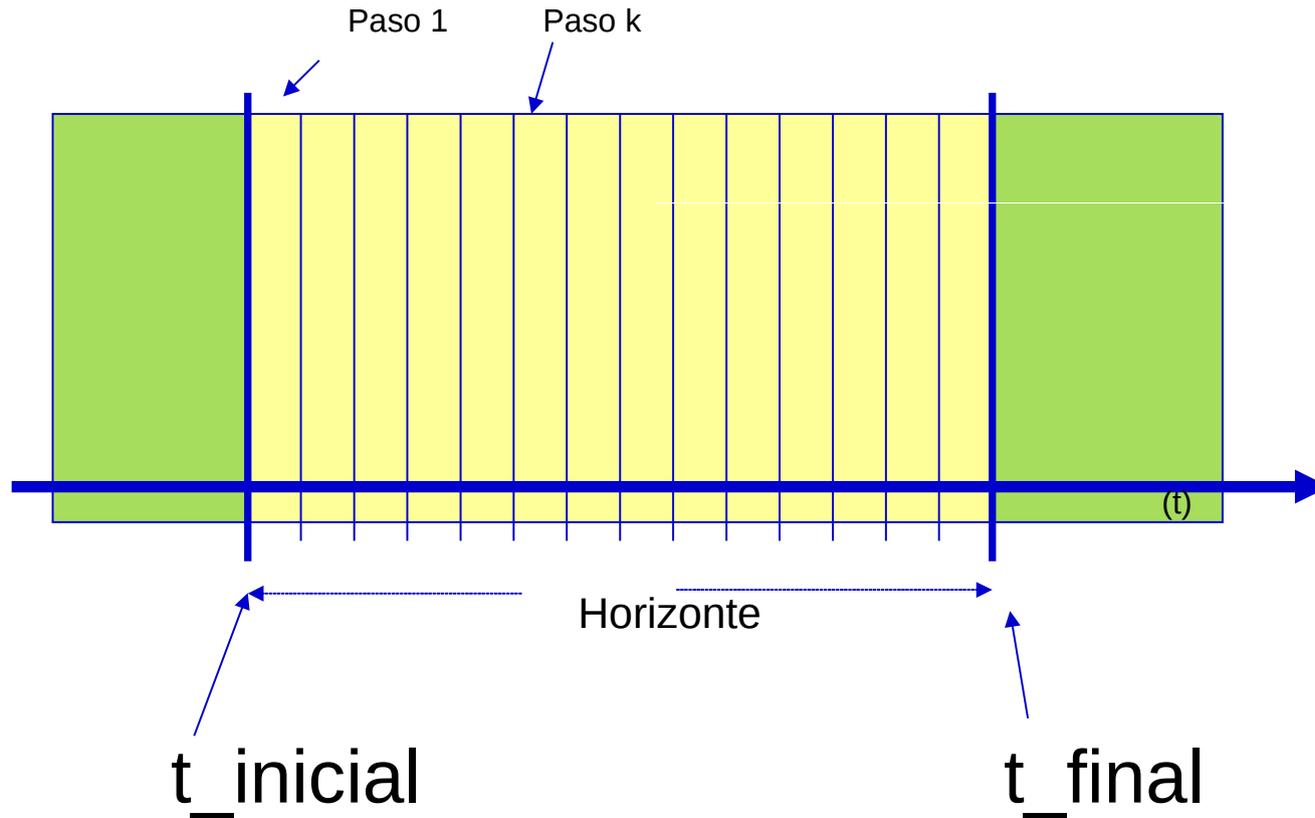


Operación del sistema.





Horizonte de estudio y paso de simulación



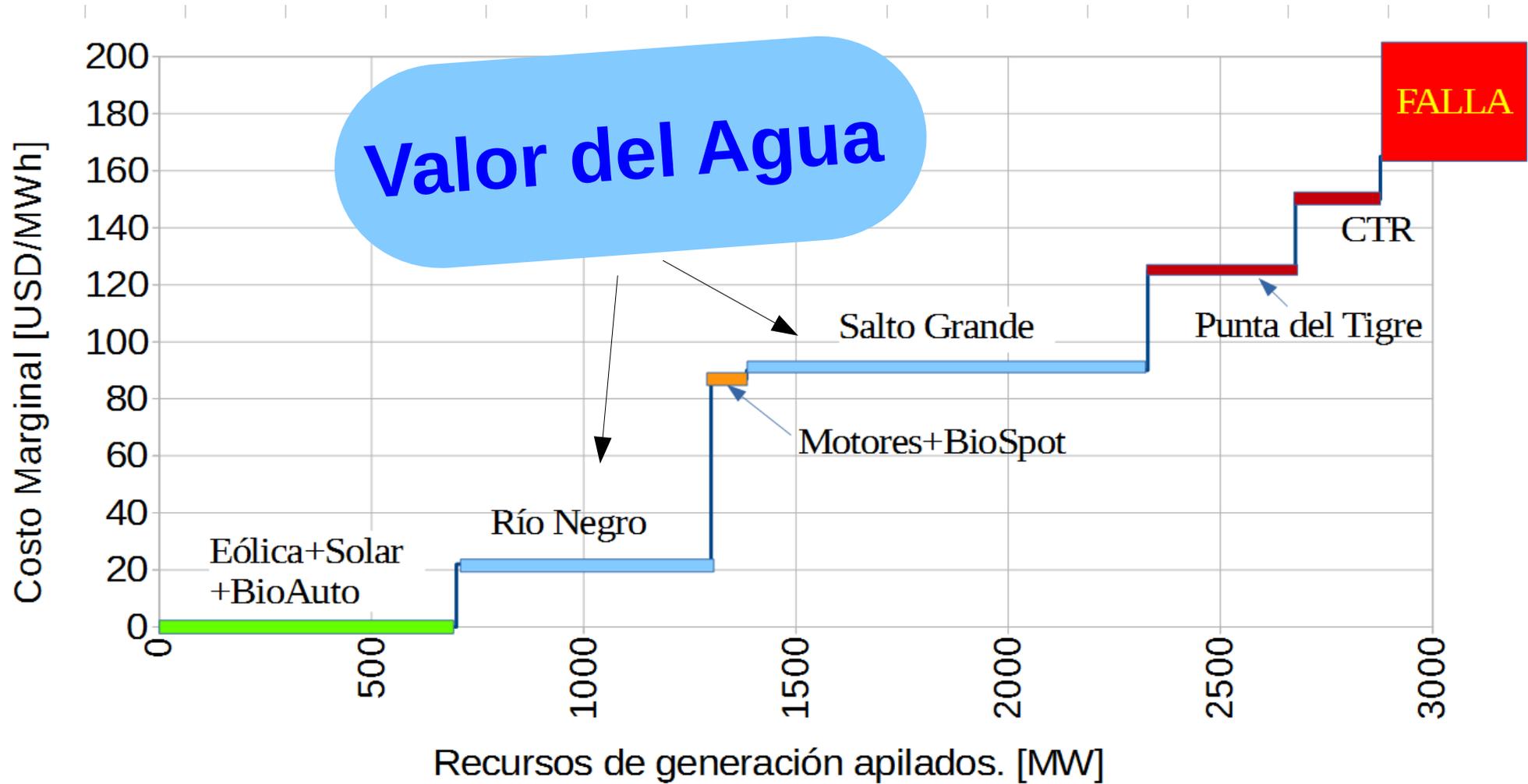


Costo Futuro = $CF(X,k)$

$$CF_k = \sum_{j=k}^{j=\infty} (cc_j + cd_j + ci_j - ie_j) \cdot q^{j-k}$$

cc = costo de combustible
cd = costo de déficit
ci = costo de importaciones
ie = ingresos por exportaciones
q = factor de depreciación del dinero

Costos marginales de generación



Modelo del SIN



Sistema

Modelo

$X = \text{Estado}$

Ecuación de evolución del Estado

Simular

Paso T

Horizontes

Poste

Incertidumbre

Crónica

Escenario

La Demanda

Falla

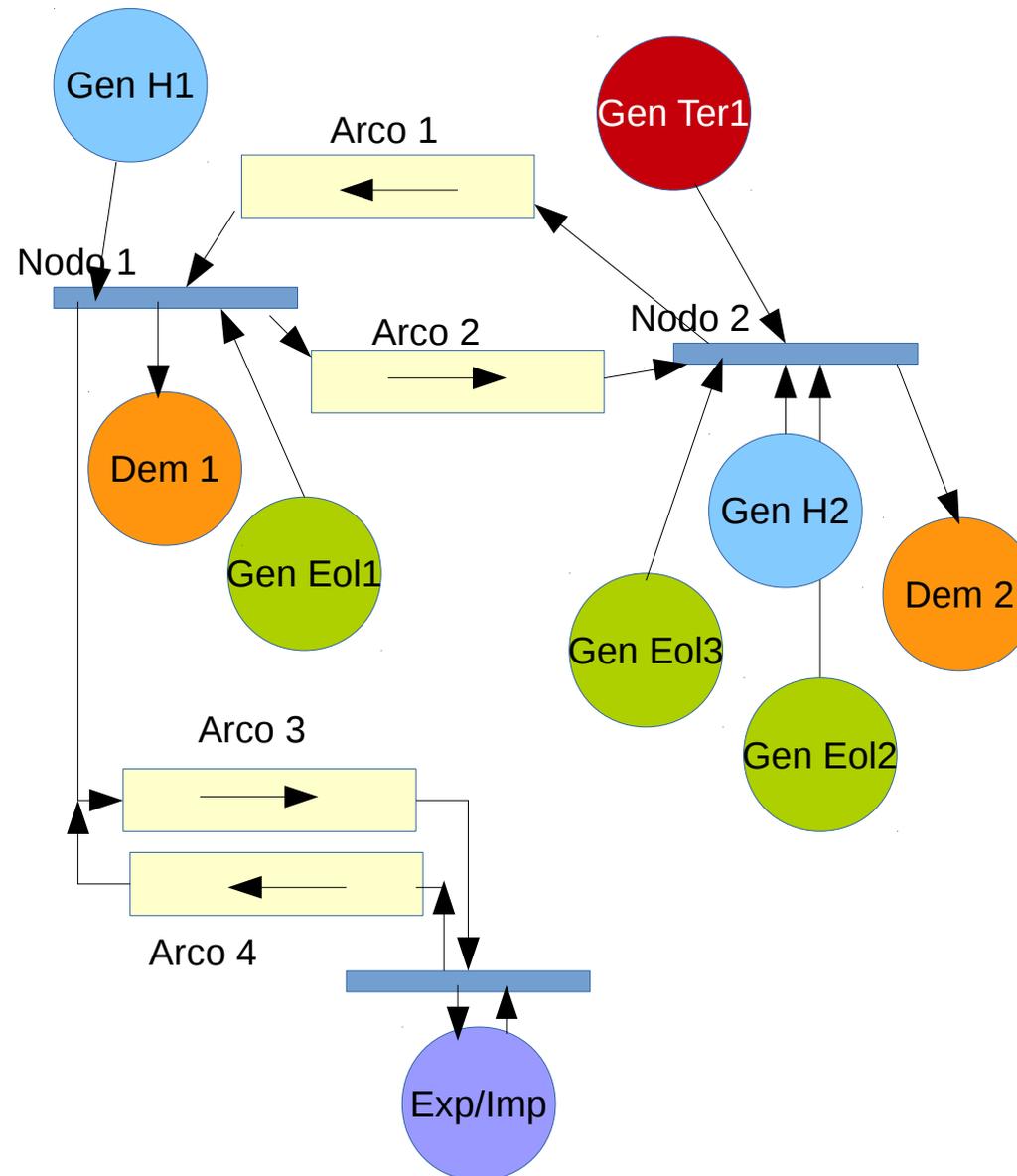
Costo de Falla

Generadores

Nodos

Arcos

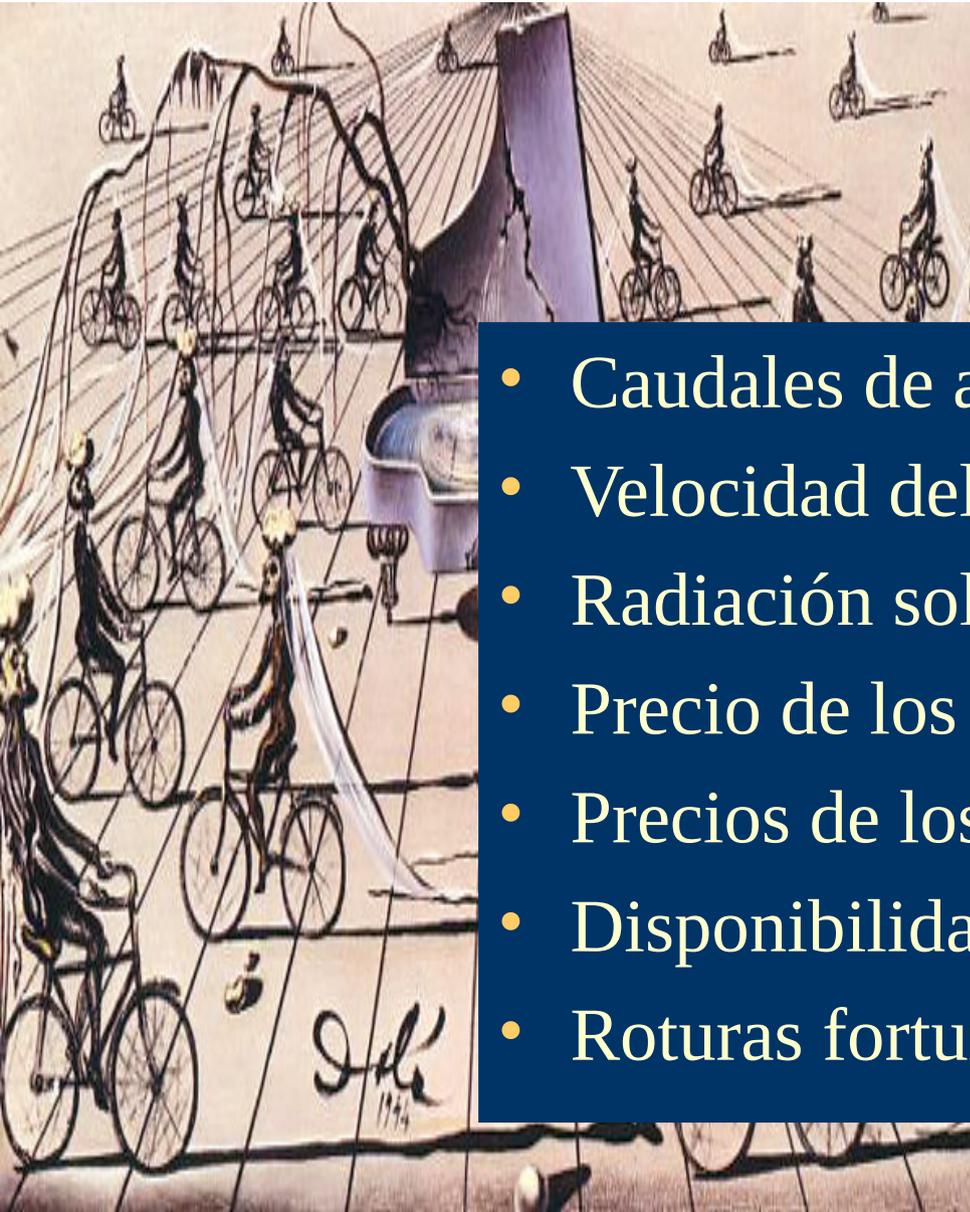
Despacho energético con restricciones de transporte

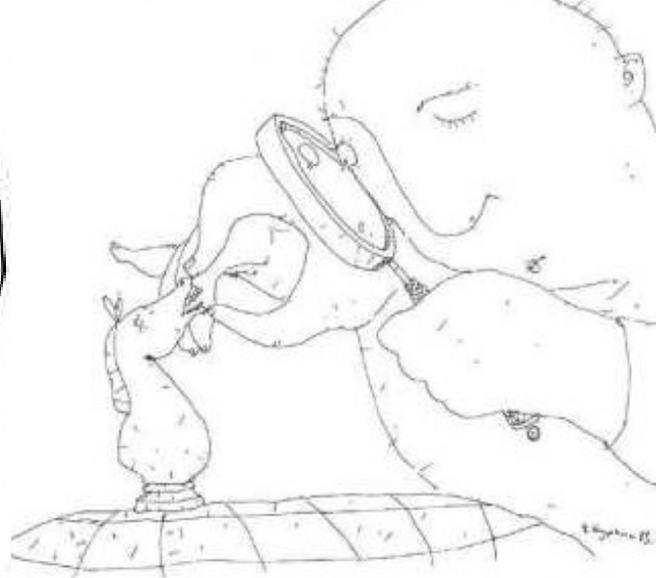
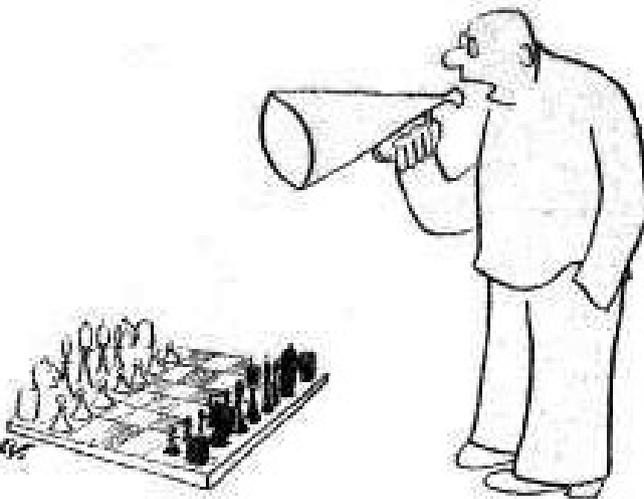
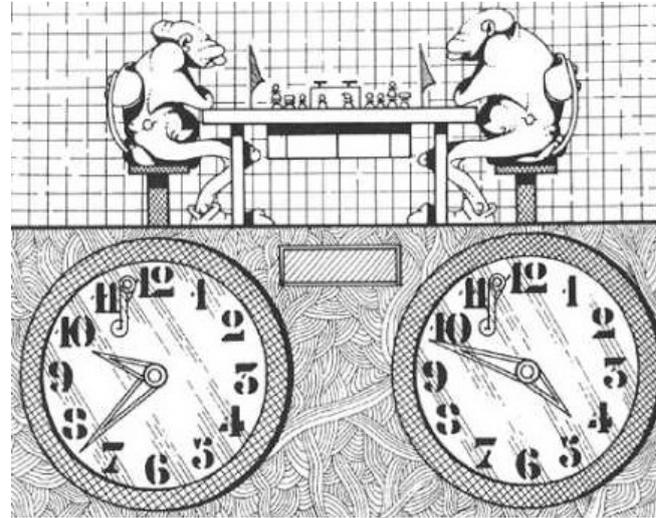
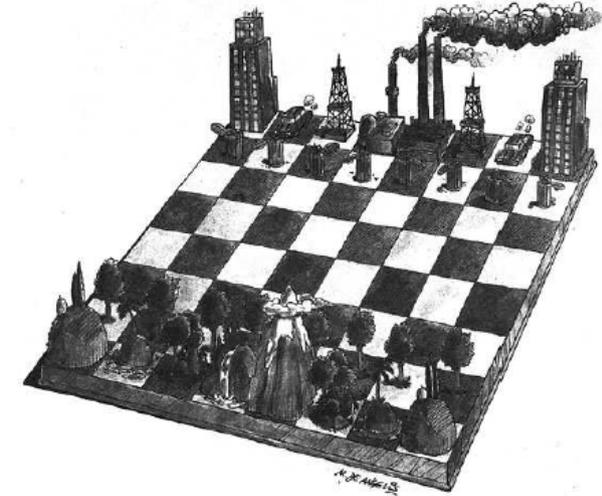




Fuentes de aleatoriedad

- Caudales de aportes hídricos
- Velocidad del viento
- Radiación solar
- Precio de los mercados spot considerados.
- Precios de los combustibles
- Disponibilidad de combustibles
- Roturas fortuitas





Implementación
de SimSEE
100% OOP

Actores
Sala de Juego
Monitores



Proyectos SimSEE

- 1) PDT 47/12 BID – CONICYT 2006-2007
Creación
- 2) ANII-FSE 2009-128 Mejoras
- 3) ANII-FSE-1-2011-1-6552 Modelado Autoctonas
- 4) ANII-FSE_1_2013_1_10957 OptimA
- 5) 2015-2017 VATES (en curso)
- 6) 2016-2017 PRONOS (en curso)

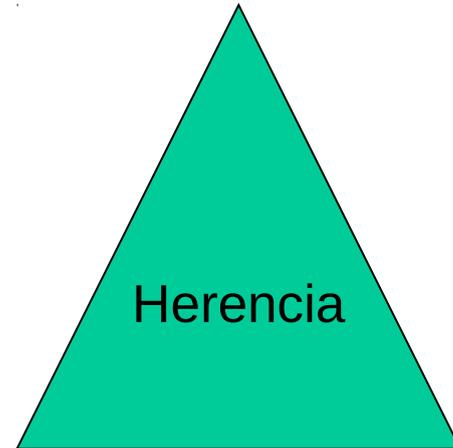
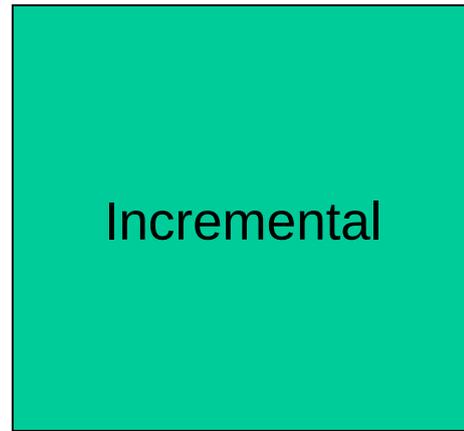
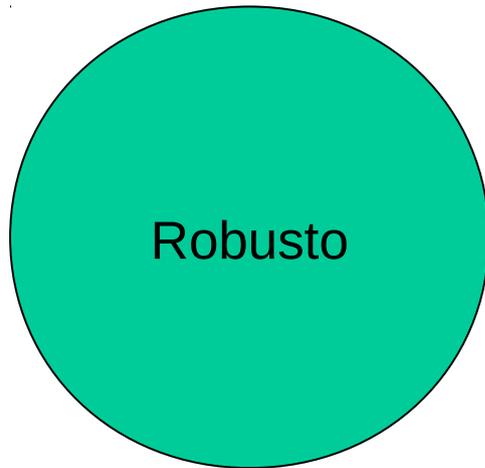




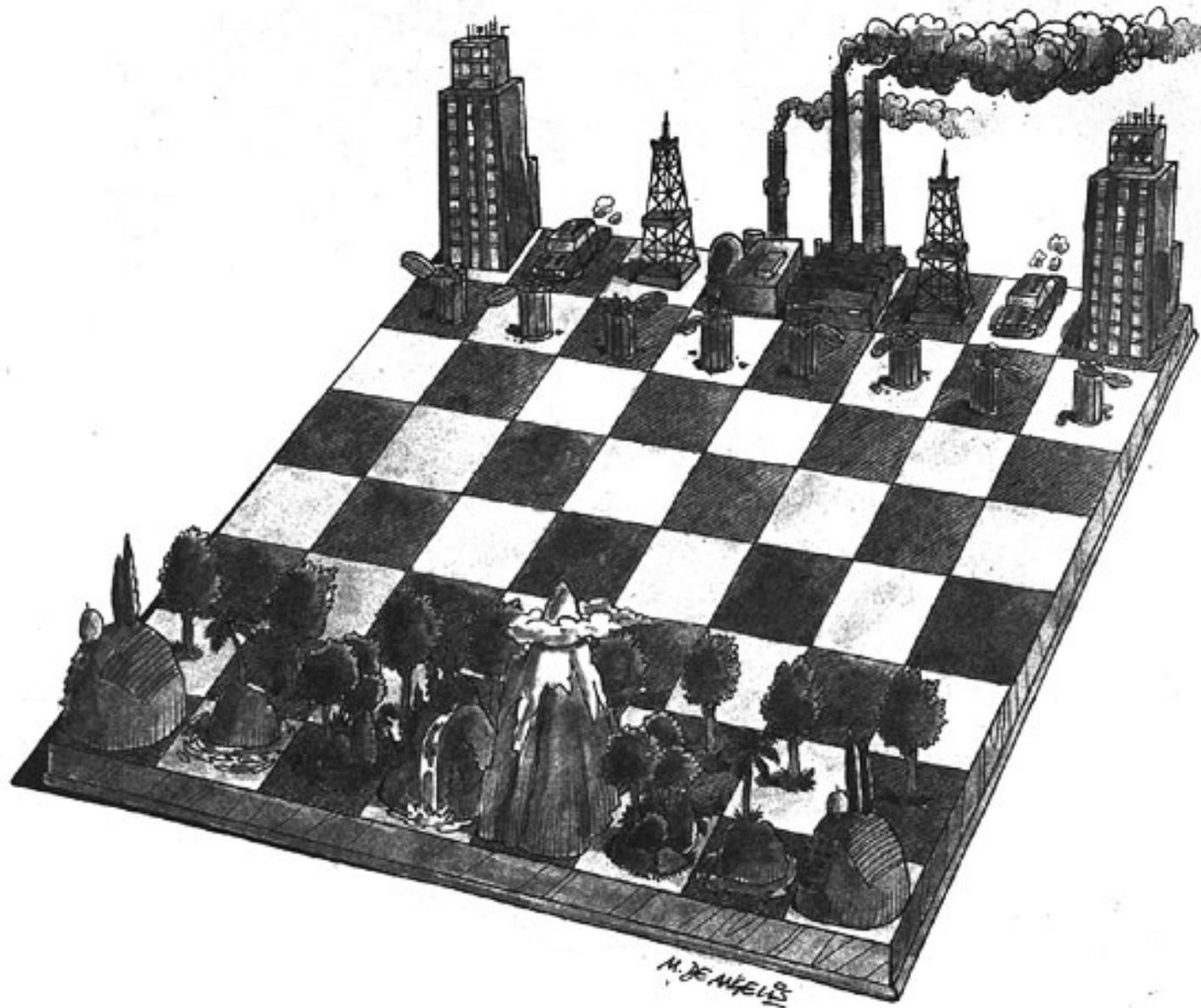
Modelos disponibles.

- Nodos y Arcos en Red Energía Eléctrica
- Generadores Simples, con costos de arranque y ciclos combinados.
- Nodos y Arcos en Red de combustibles.
- Modelo de central hidráulica de pasada, con embalse y con capacidad de bombeo.
- Banco de batería
- Demanda con Respuesta
- Interconexiones entre mercados

OOMT



Sala de Juegos y Actores



Programación por Eventos

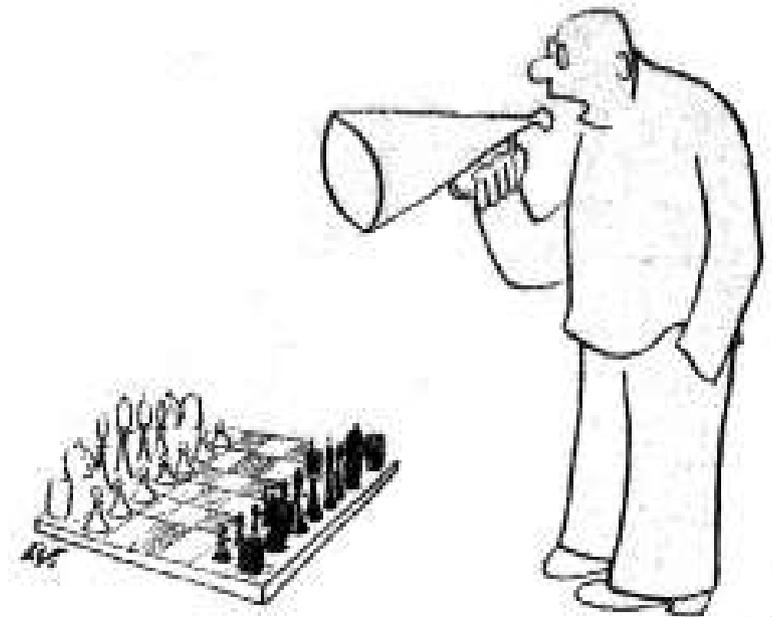
Repetir para cada paso:

<evSorteosDelPaso >

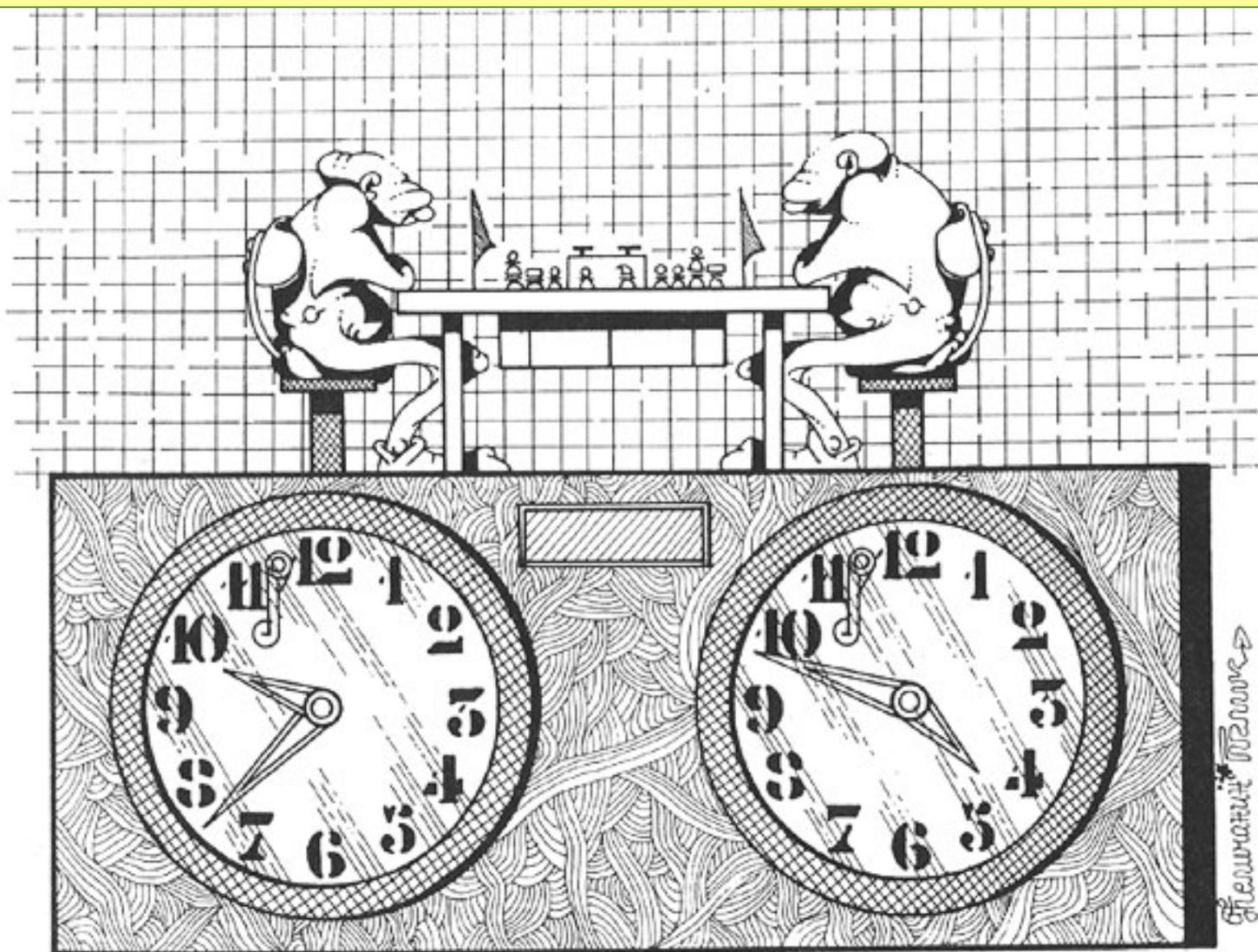
< evCargarProblema >

Resolver el despacho

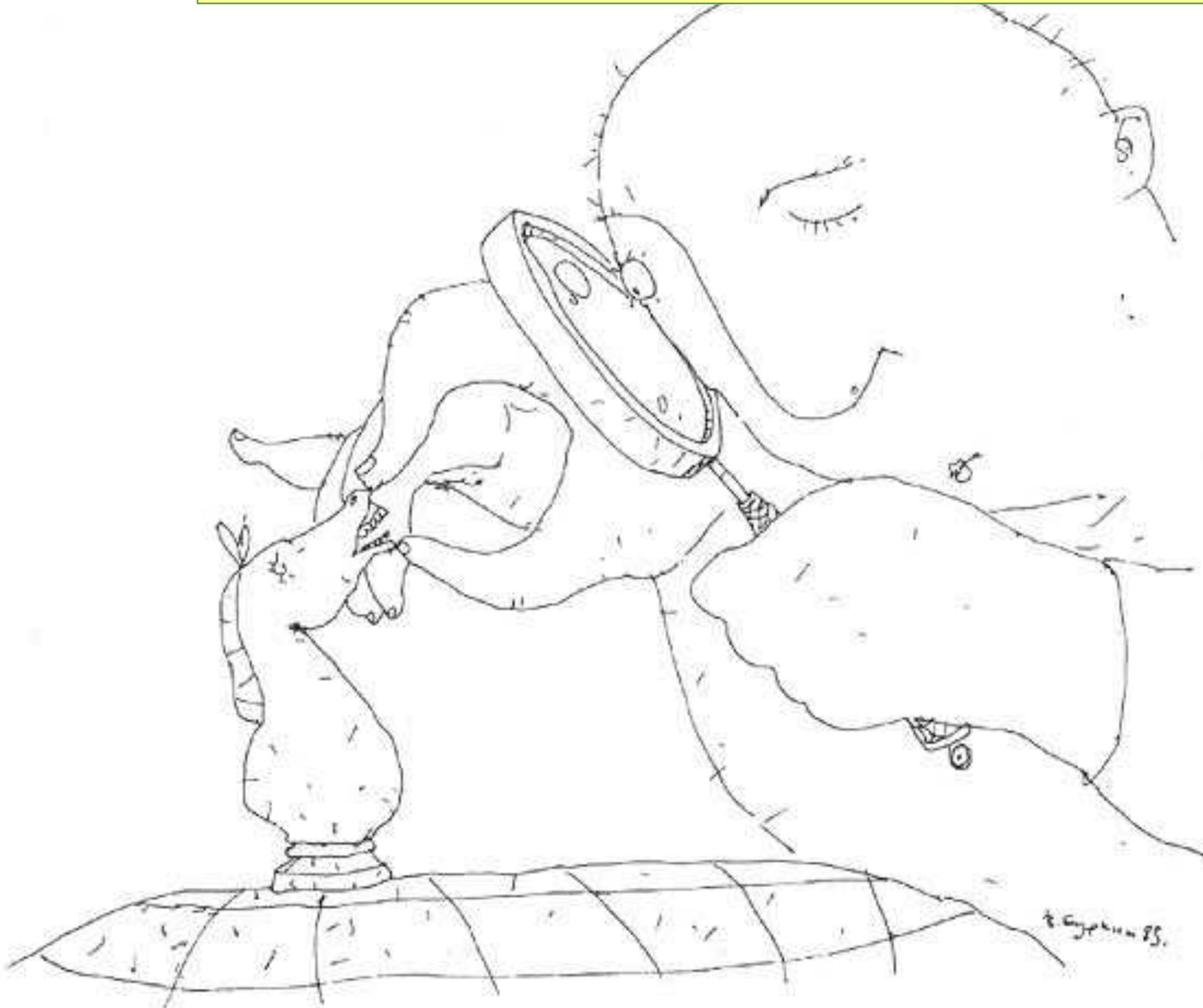
< evLeerResultados >



Parámetros dinámicos.



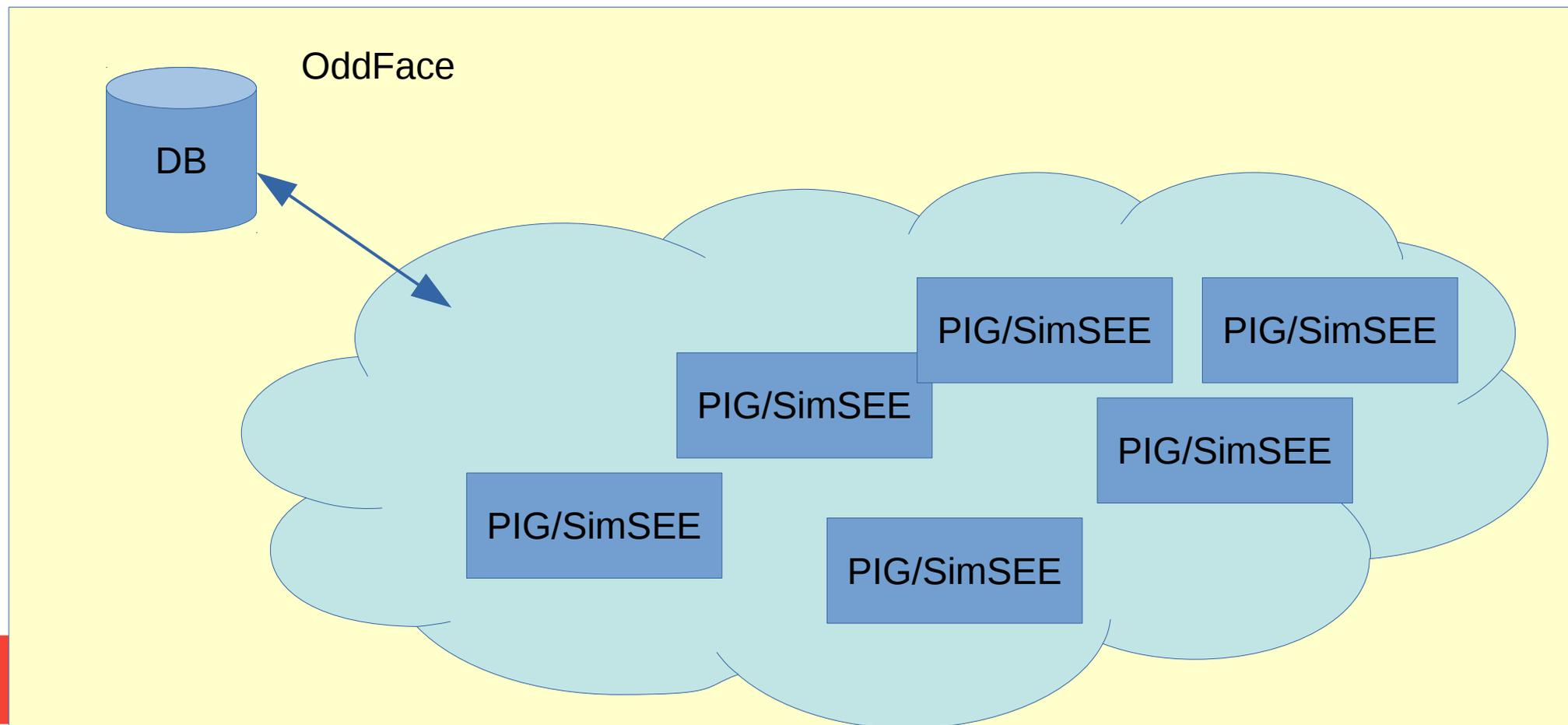
Monitores



OddFace + PIG + SimSEE

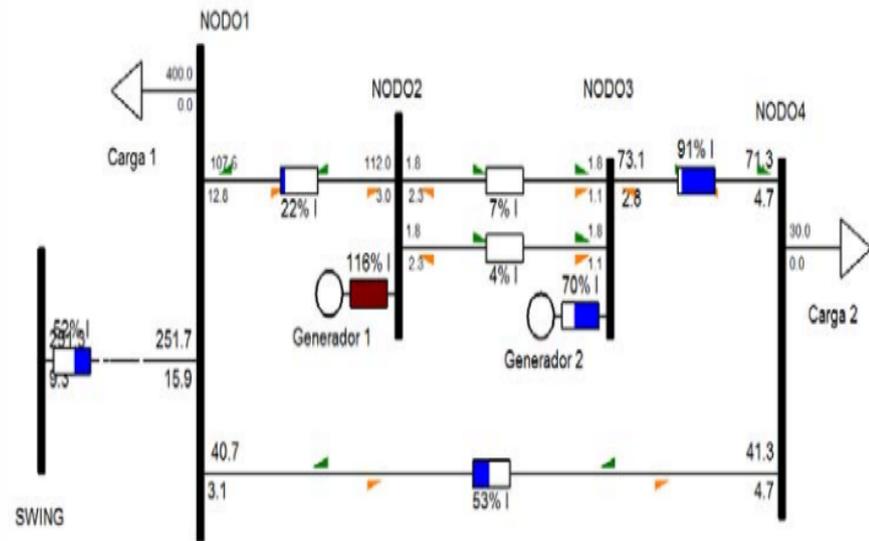
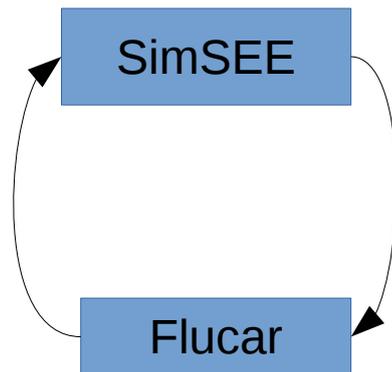
Optimizador distribuido de funciones de alto costo de evaluación.

Planificación de Inversines de Generación.





SimSEE y FLUCAR.



Generación:

Generador 1	: 115.70 MW
Generador 2	: 69.40 MW



UNIVERSIDAD
DE LA REPUBLICA
URUGUAY



VATES

**Pronóstico de la
operación en tiempo
continuo con
integración de
información del
Estado y de los
pronósticos del SIN.**



Fin de la primera parte.



Neofuturist
©2005