

# 4to CONGRESO INTERNACIONAL

Supervisión del Servicio Eléctrico



**Experiencia en Uruguay en la integración de importante cantidad de generación eólica.**

Autor: Andrés Tozzo  
Cargo: Gerente de Despacho de Cargas  
Empresa u Organismo: UTE





# Descripción de la situación

- Uruguay se encuentra en proceso para la instalación de 1400MW de generación eólica.
- La instalación de la generación eólica fue el resultado de acuerdos políticos en un contexto de escaso respaldo del sistema eléctrico.
- En su implementación se constató un descenso abrupto de los costos de las ofertas, resultando en un proceso casi explosivo, de muy pocos años de ejecución.
- Ello representó un fuerte impacto desde el punto de vista del Despacho de Cargas.





# El sistema eléctrico uruguayo

- Dispone de generación hidráulica (1450MW) y térmica de arranque rápido (850MW). (además de 250 de F.O., 80 de biomasa y 240MW de cogeneración).
- Está conectado en 500kV con Argentina (2000MW) y en continua con Brasil (70MW + 500MW en construcción).
- La demanda de pico es del orden de 2000MW y la de valle del orden de 800 MW.



# El sector eléctrico

- En Uruguay existe un mercado de generación.
- La UTE es la empresa estatal que comprende la distribución, trasmisión y gran parte de la generación.
- El despacho de la generación lo realiza UTE en contrato con ADME, minimizando el costo total de producción.





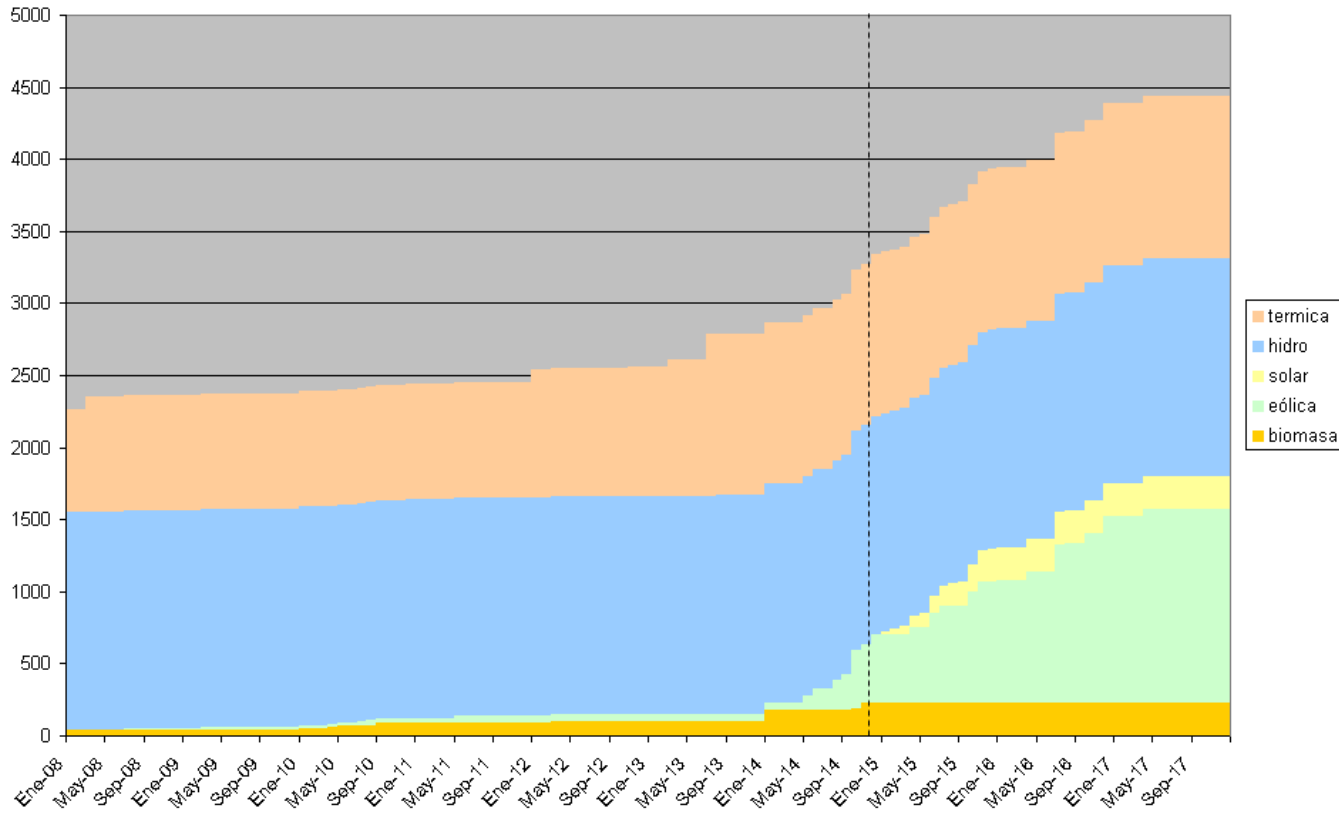


# La expansión eólica

- La instalación de la generación eólica se está realizando mediante contratos de compra de energía realizados con UTE, la que actuó como comprador único por mandato de la Dirección Nacional de Energía.
- La instalación resultó fundamentalmente de 2 procesos de licitación y un proceso complementario.
- Adicionalmente UTE está instalando generación eólica propia y/o en sociedad.



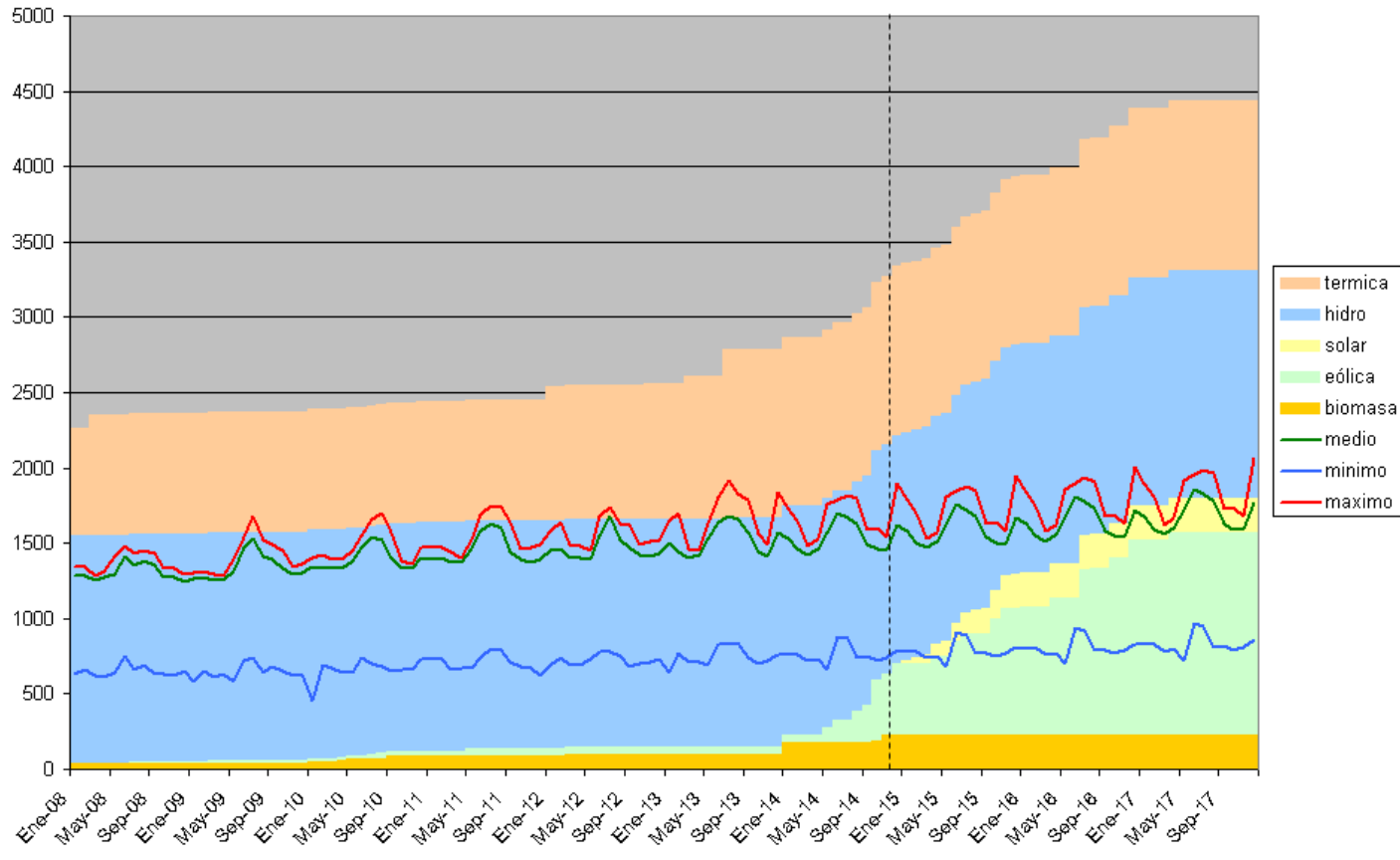
## Evolución de la potencia total instalada. [MW]





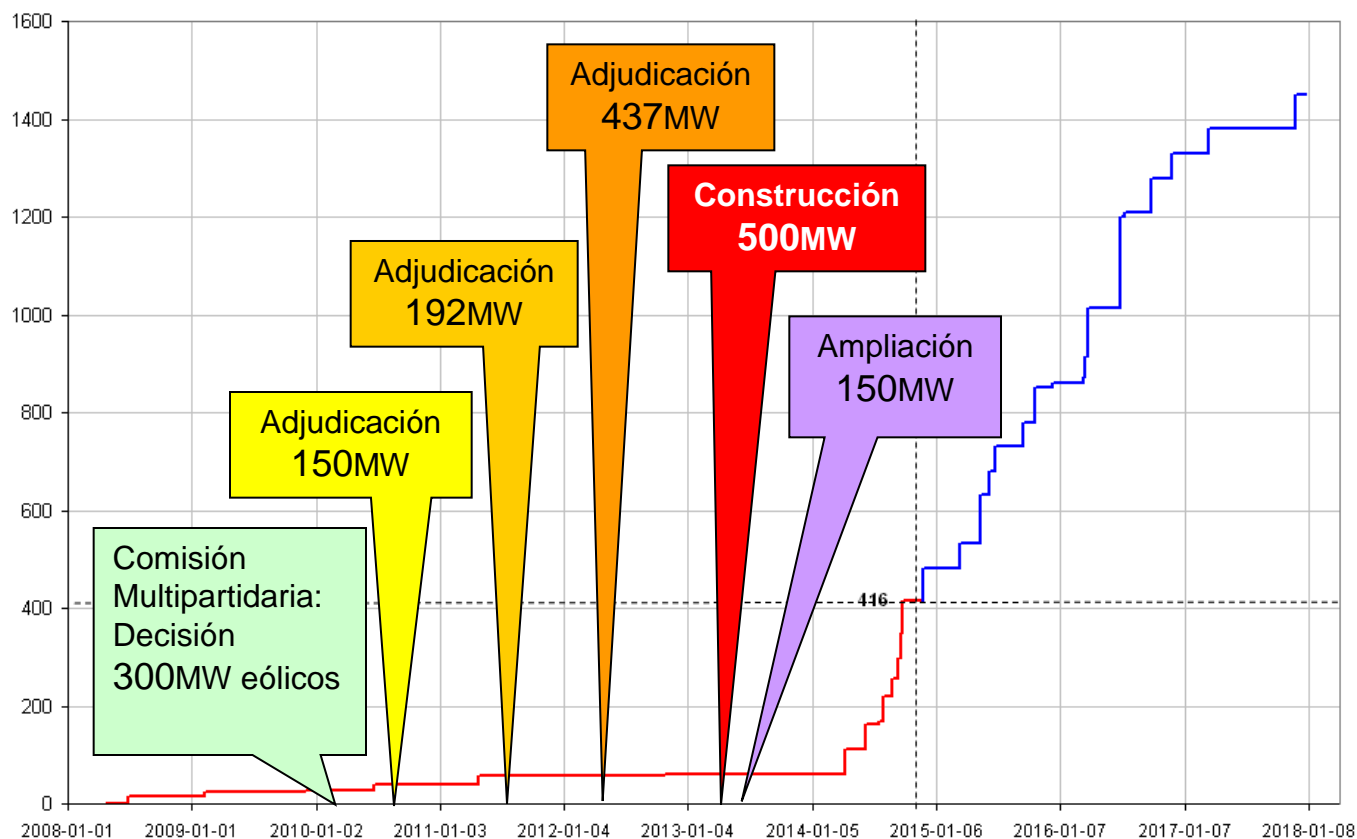


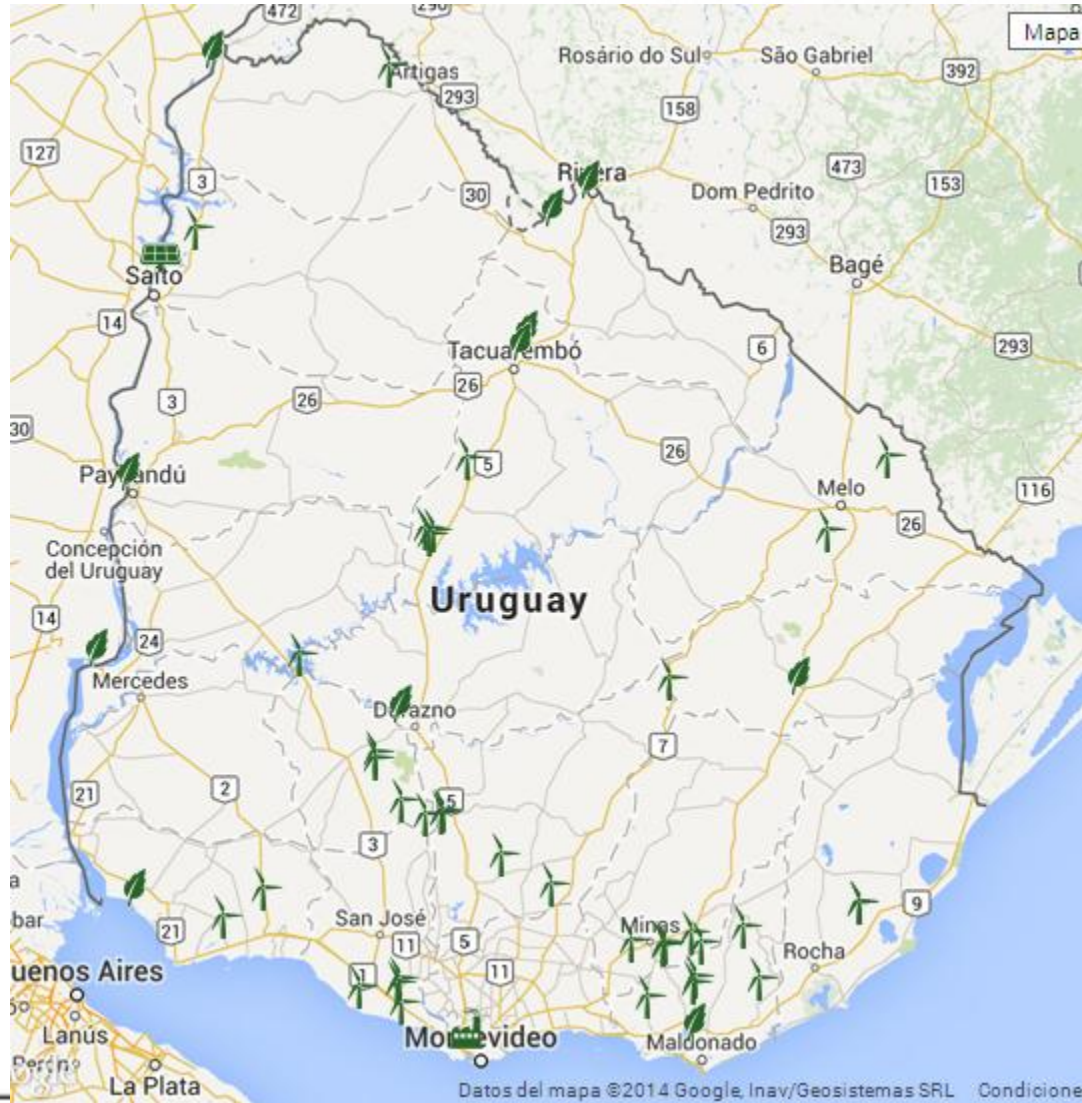
## Evolución de la potencia total instalada y la demanda. [MW]





# Evolución de la Potencia eólica instalada [MW]





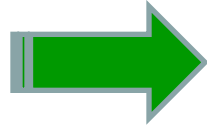
Distribución geográfica de la generación renovable no convencional.





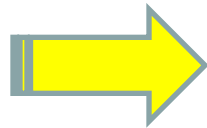
# ¿qué es la generación eólica para el sistema eléctrico uruguayo?

**UNA  
SOLUCIÓN**



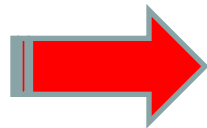
**APORTA LA ENERGÍA  
CONFIABLE QUE EL  
SISTEMA NECESITA**

**UN  
DESAFÍO**



**REQUIERE AJUSTAR  
HERRAMIENTAS Y  
PROCEDIMIENTOS**

**UN  
PROBLEMA**



**POR SU NATURALEZA DE  
GENERACIÓN VARIABLE  
AUTODESPACHADA  
(NO EMBALSABLE)**



## ¿cuál es la interacción entre la generación eólica y el resto del sistema?

**El sistema eléctrico uruguayo es especialmente apropiado para la incorporación de eólica por la generación hidráulica instalada, la disponibilidad de turbinas de arranque rápido y la capacidad de las interconexiones.**

**Por lo tanto, la incorporación de grandes cantidades de generación eólica va a afectar el funcionamiento de la generación hidráulica y el desempeño de las interconexiones.**

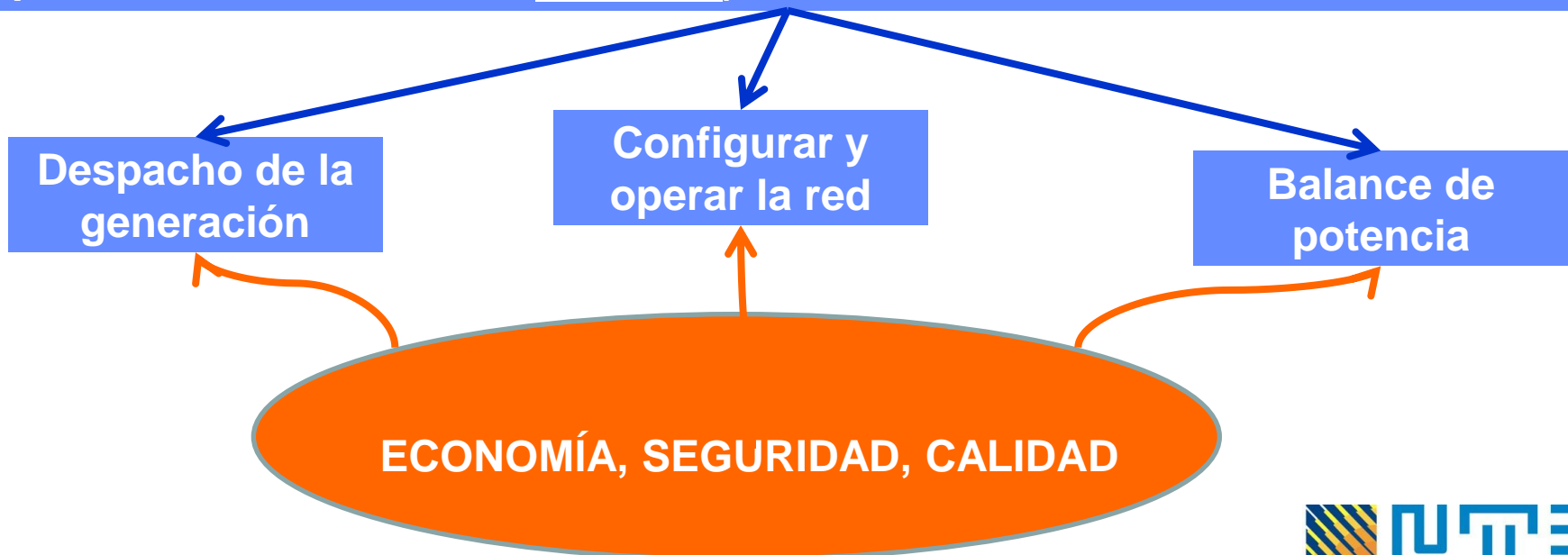
**La instalación de cada parque debió resolver su conexión a la red. Sin embargo ello no incluyó la construcción de algunos refuerzos de la red.**

**Las ampliaciones del sistema fueron definidas para condición n, utilizando en ciertos vínculos toda la capacidad. No se observó la condición n-1.**



# Integración de la generación eólica: objetivo

Ajustar los procedimientos y herramientas con el fin de hacer posible la adecuada gestión del sistema eléctrico en presencia de gran cantidad de potencia eólica instalada (1400MW).







# Integración de la generación eólica: criterios

**Mantener las condiciones de calidad del sistema.**

**Aprovechar toda la potencialidad de la generación eólica, reemplazando la generación convencional en tantas funciones como sea posible.**





## Operación del sistema en presencia de importante generación eólica



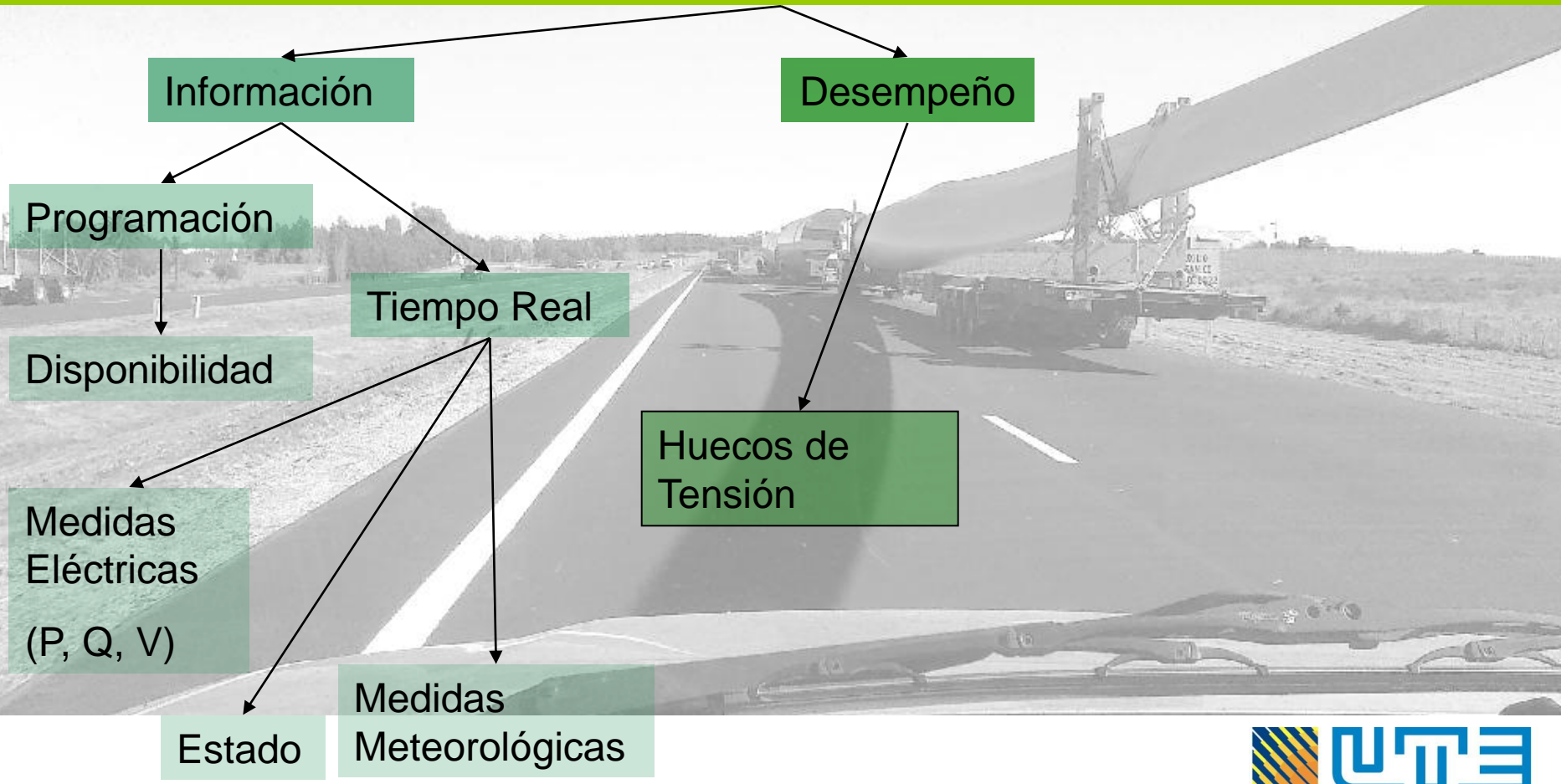
Pliegos  
(requisitos)







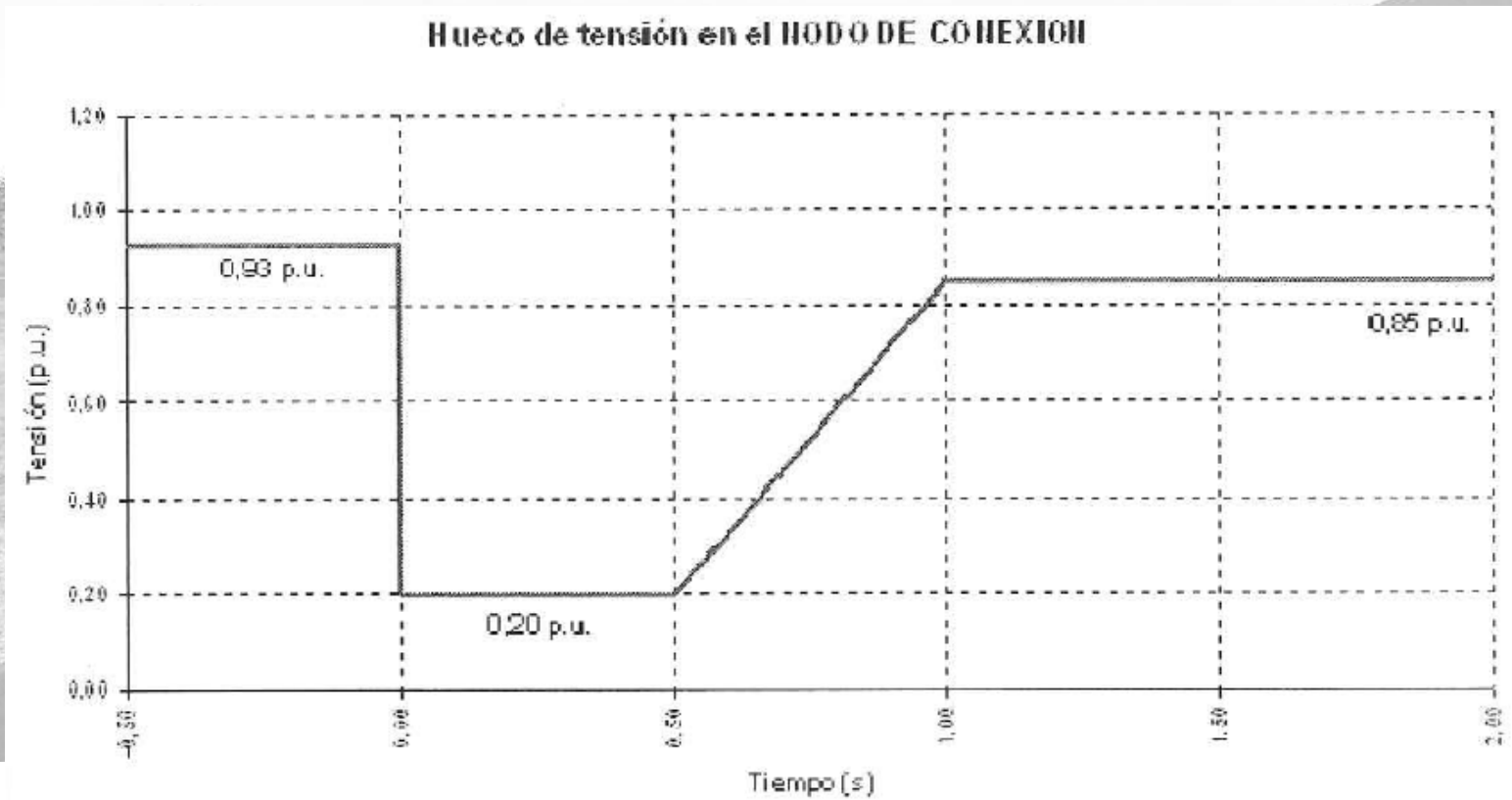
## Pliegos (especificación de requisitos)







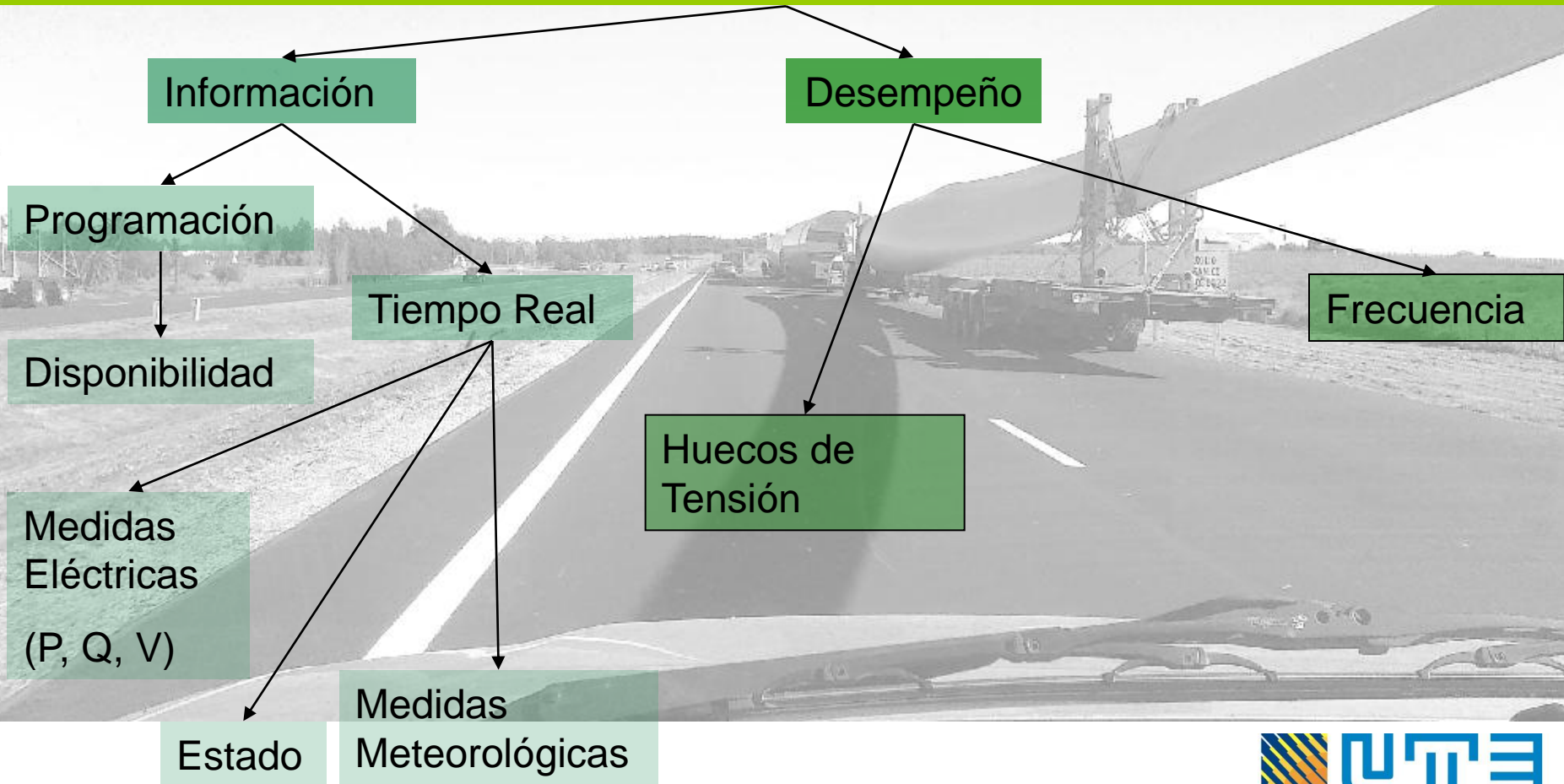
## Huecos de Tensión





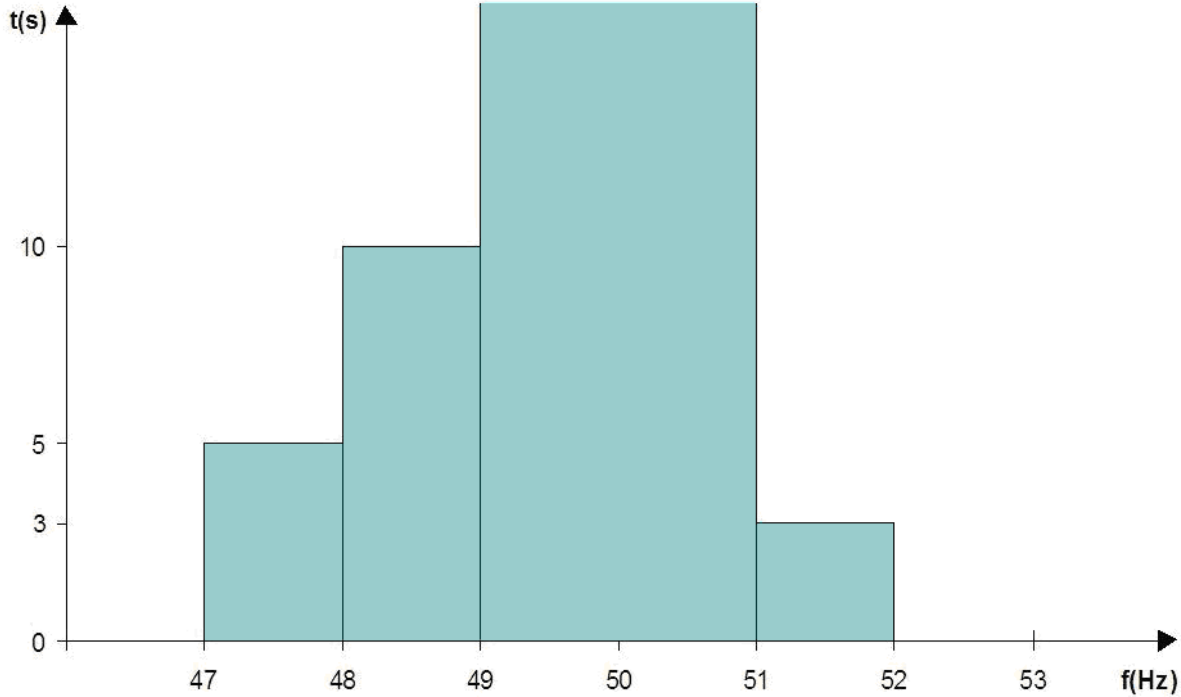


## Pliegos (especificación de requisitos)





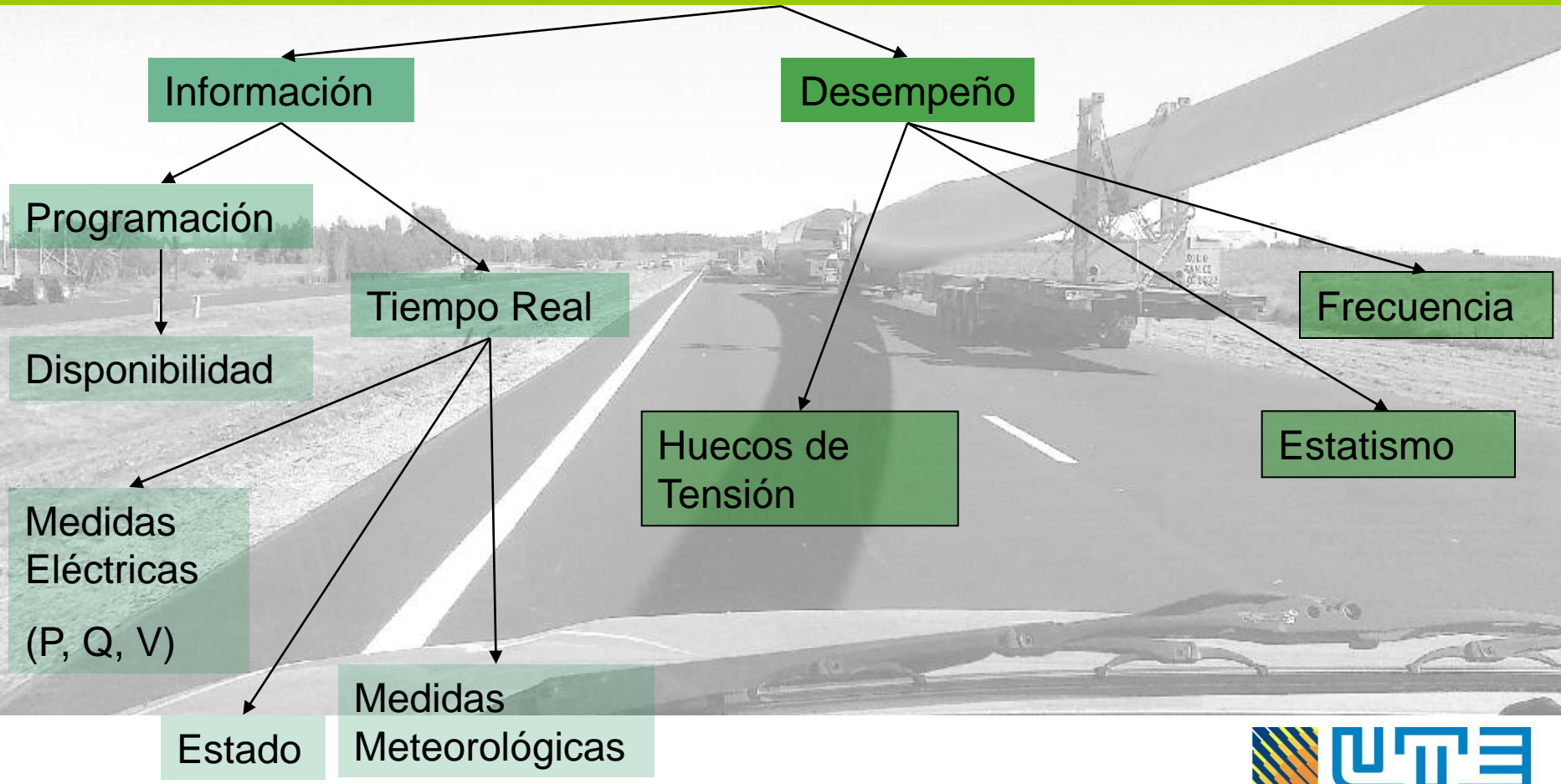
## Requisitos de Frecuencia



Para el rango de frecuencia entre 49 y 51 Hz la CENTRAL GENERADORA deberá permanecer permanentemente conectada a la RED DE UTE.



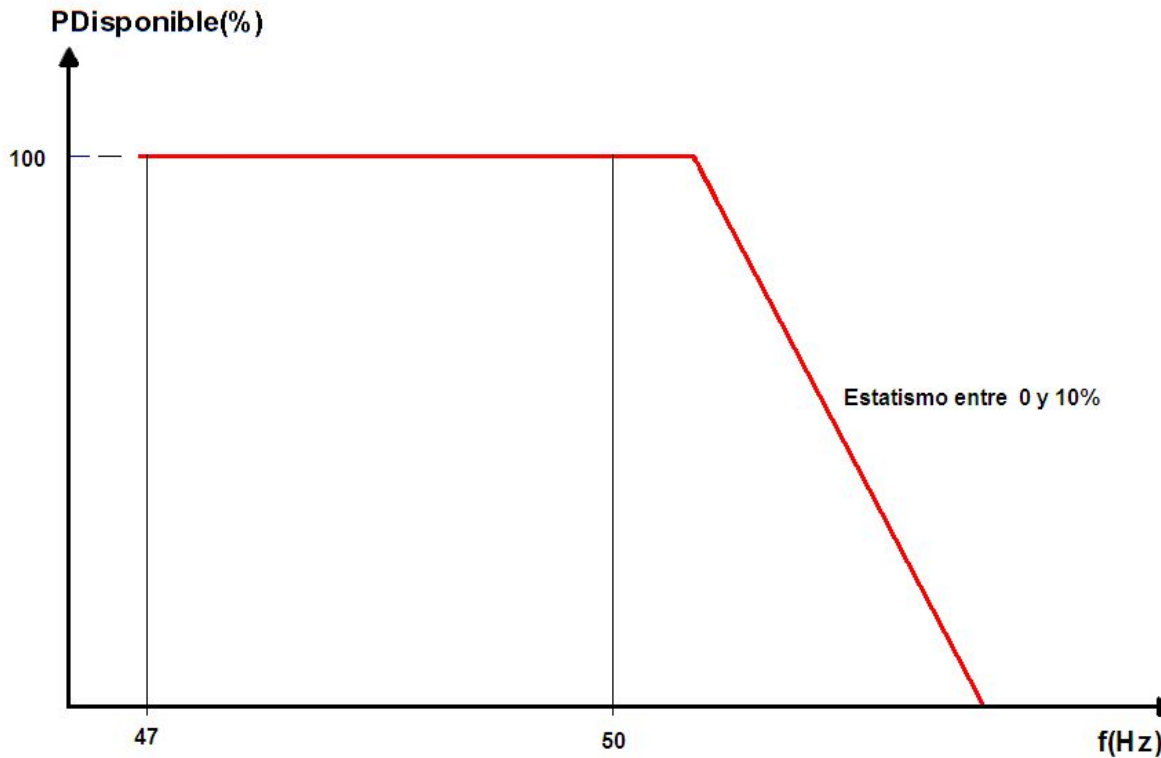
## Pliegos (especificación de requisitos)





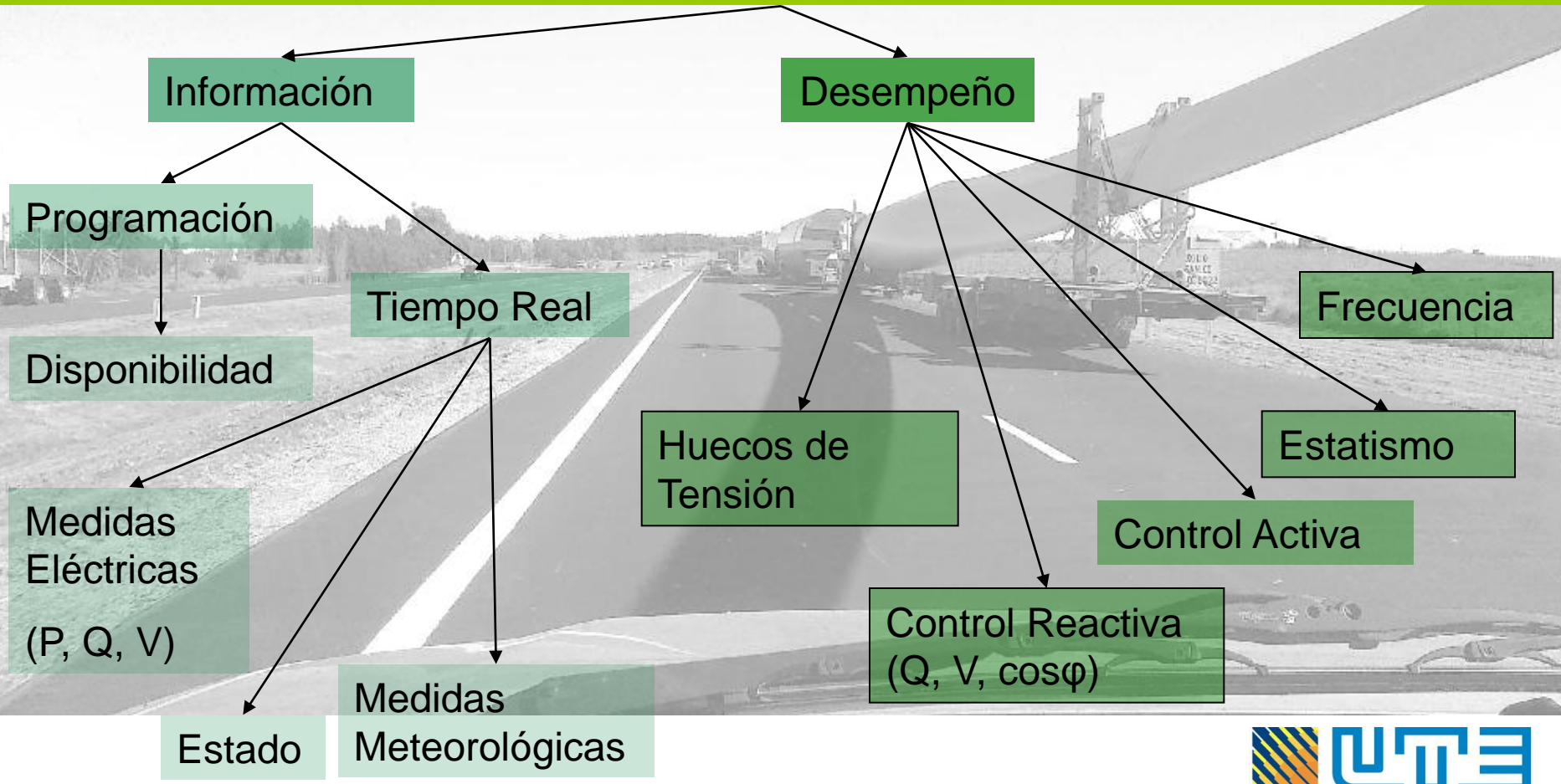


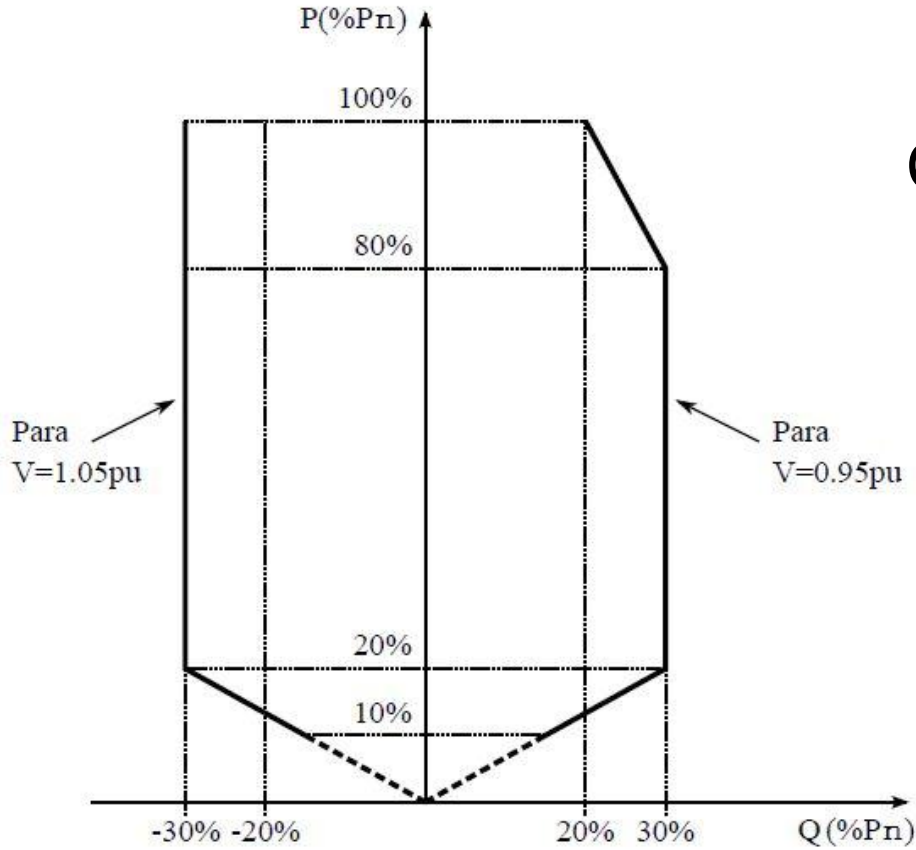
## Estatismo





## Pliegos (especificación de requisitos)





Curva de capacidad







R DEL SUR  
SCARLOS  
↑4  
↑1

GEN.TOT RDELSUR  
5.0

Estacion  
Francisco Veira

150kV

Modos de Operacion

Modo Q / V ..... Q

Modo Cos phi / Q: Cosphi

Logica de Consignas

Q / V	CosPhi/Q	CONSIGNA
Q	Q	Q
Q	CosPhi	CosPhi
V	Indistinto	V

R del SUR

CONSIGNA EVACUADO

Q.....	0.0	-1.6
V.....	29.3	29.2
COS PHI..	-0.995	-0.995

CANT.MOLINOS DISP.. 24  
Q DISPONIBLE..... 14.4

90  
49.9  
Is  
Hz

P Siempre Activa

P..... 55 5

30kV

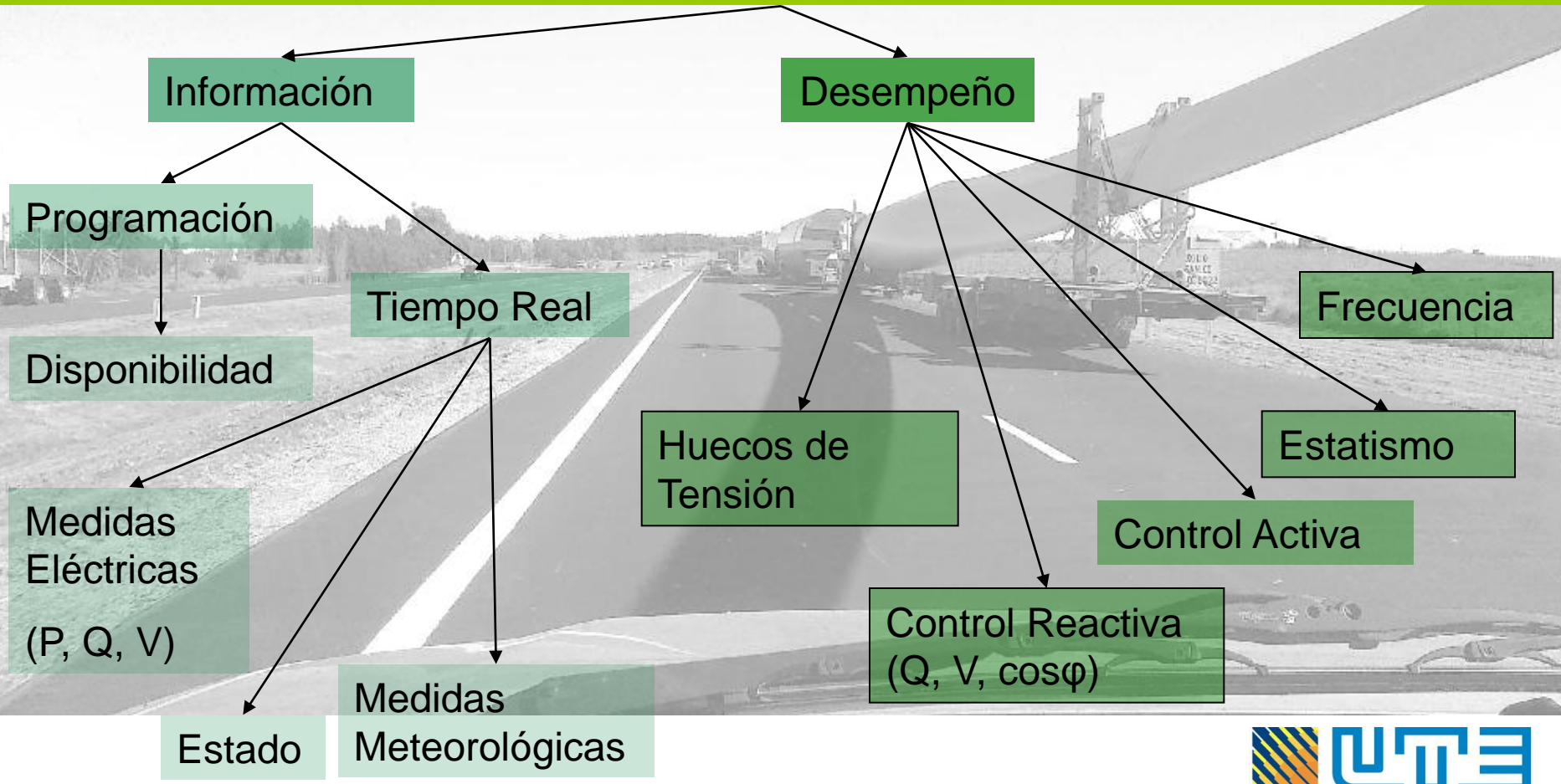
Circ.2-11 Aerogen.

Circ.2-10 Aerogen.

Circ.1- 4 Aerogen.



## Pliegos (especificación de requisitos)



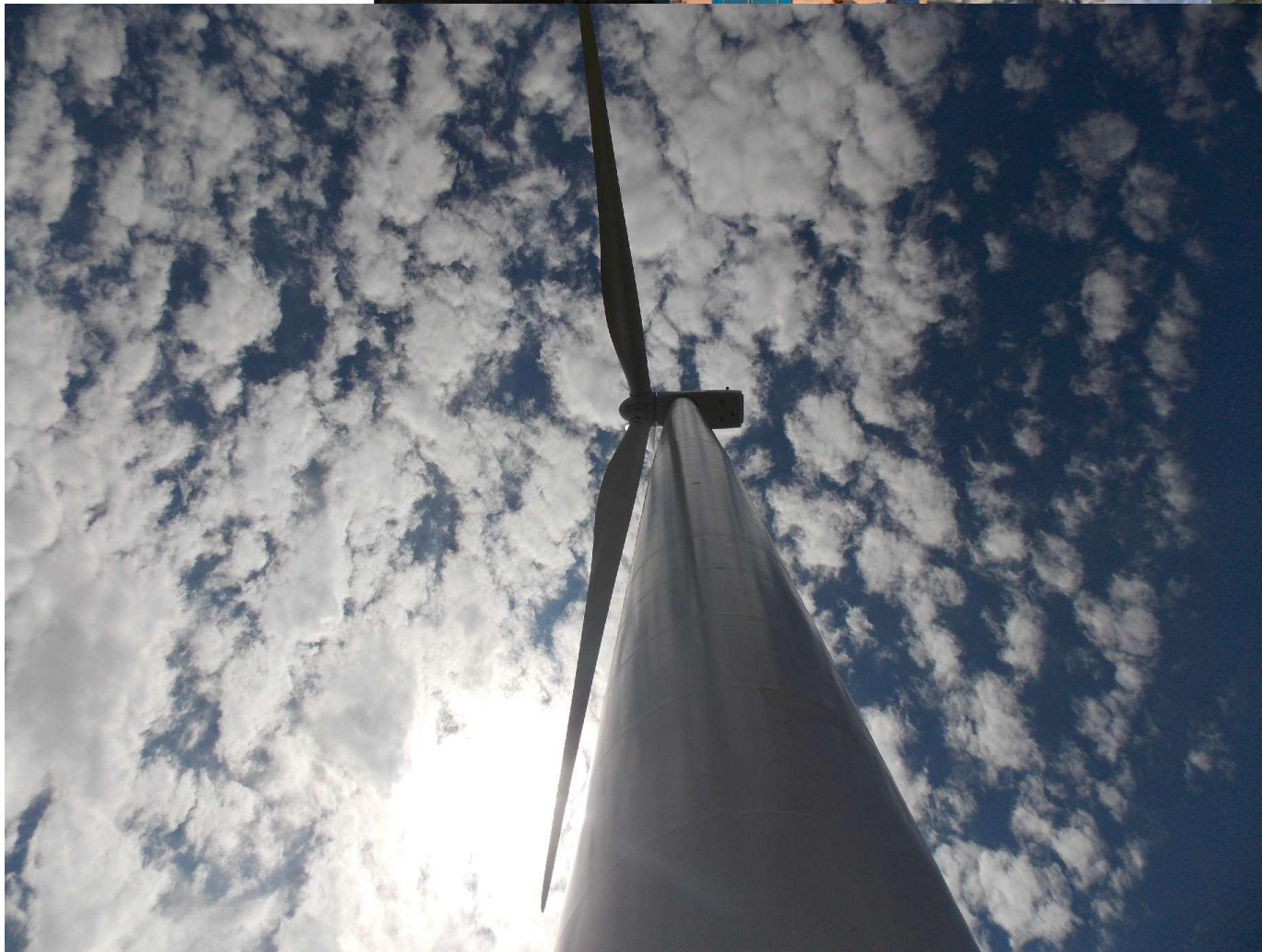


## Operación del sistema en presencia de importante generación eólica

Análisis del recurso

Pliegos  
(requisitos)







## Análisis del Recurso

Conocer la generación eólica

Capacitar al personal

Objetivos

Información

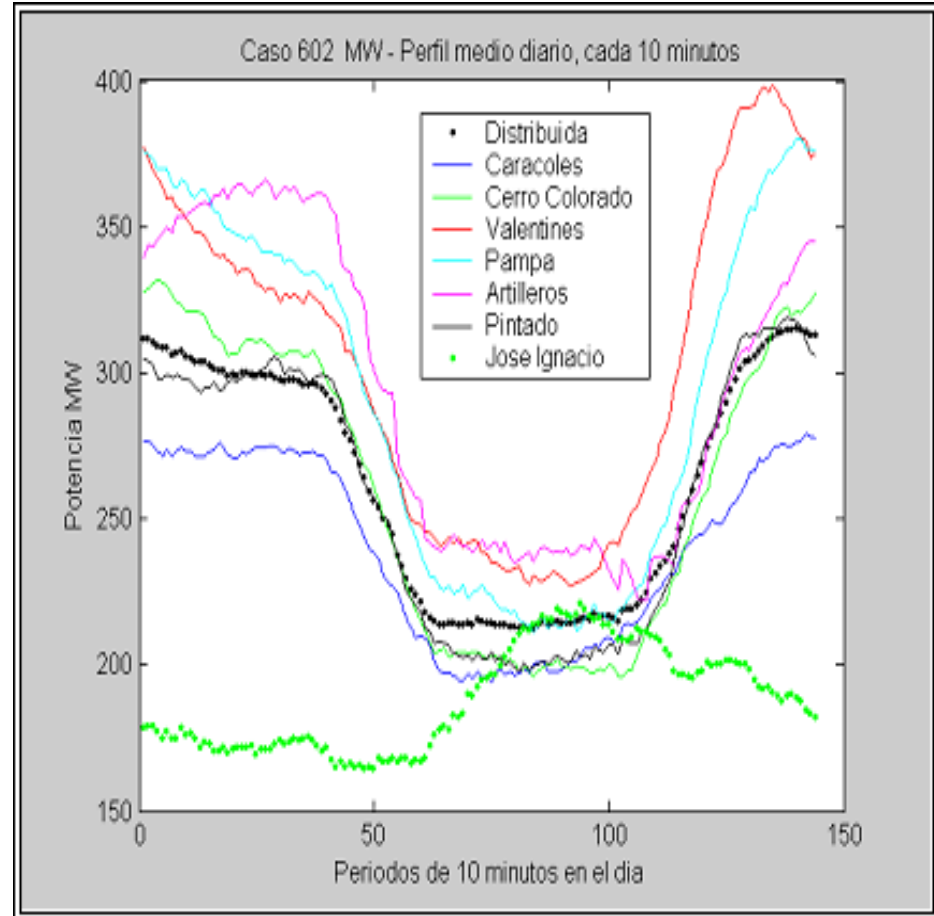
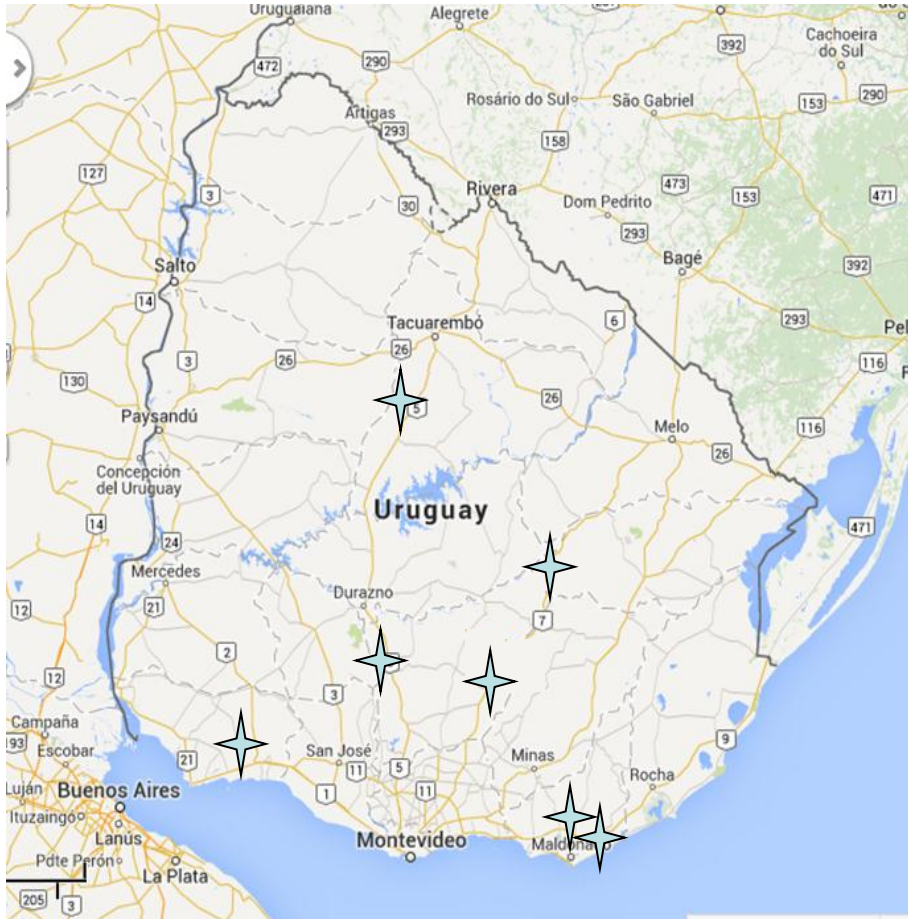
Central de 10MW

7 torres de medición





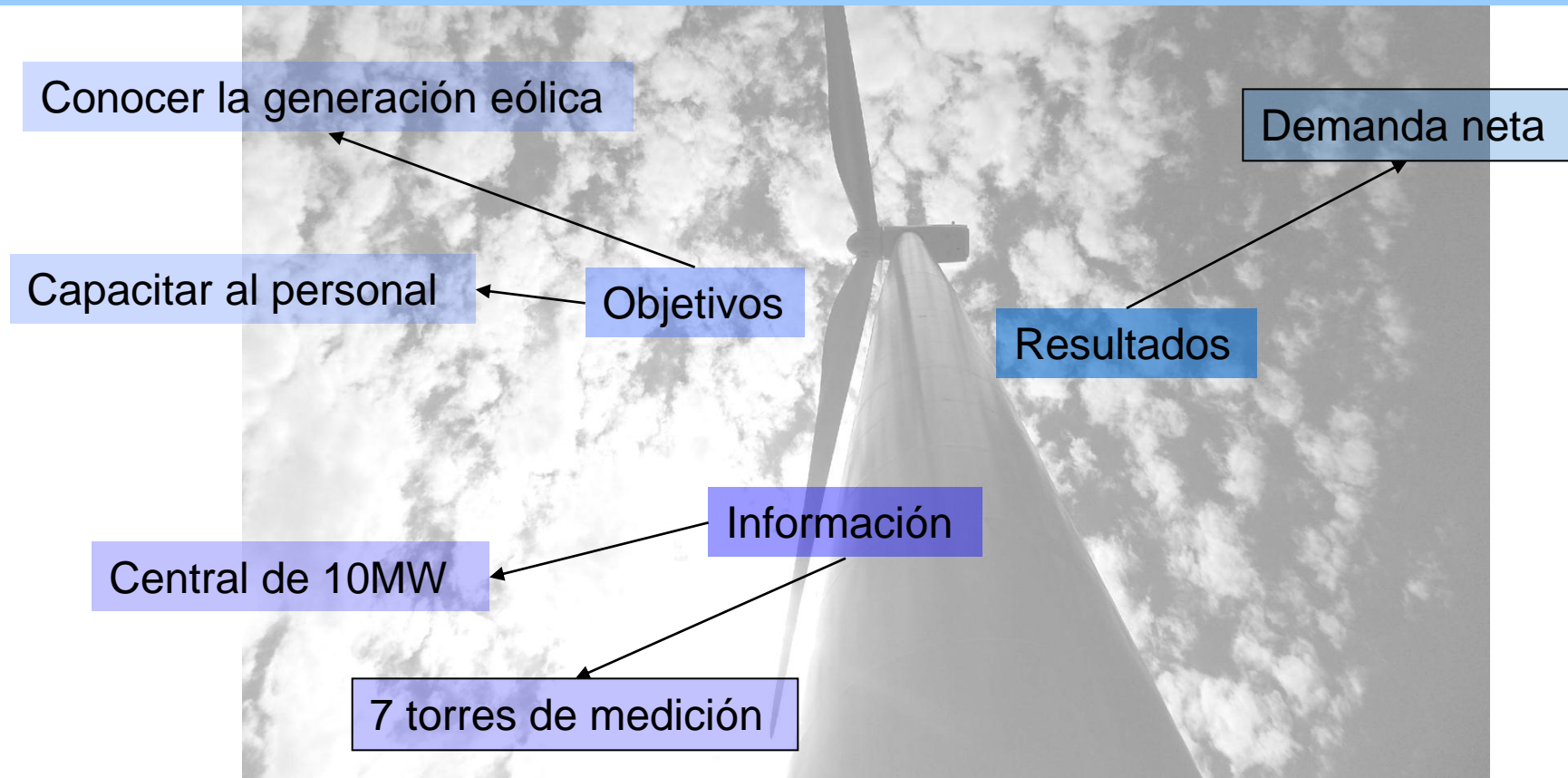
## Torres de medición





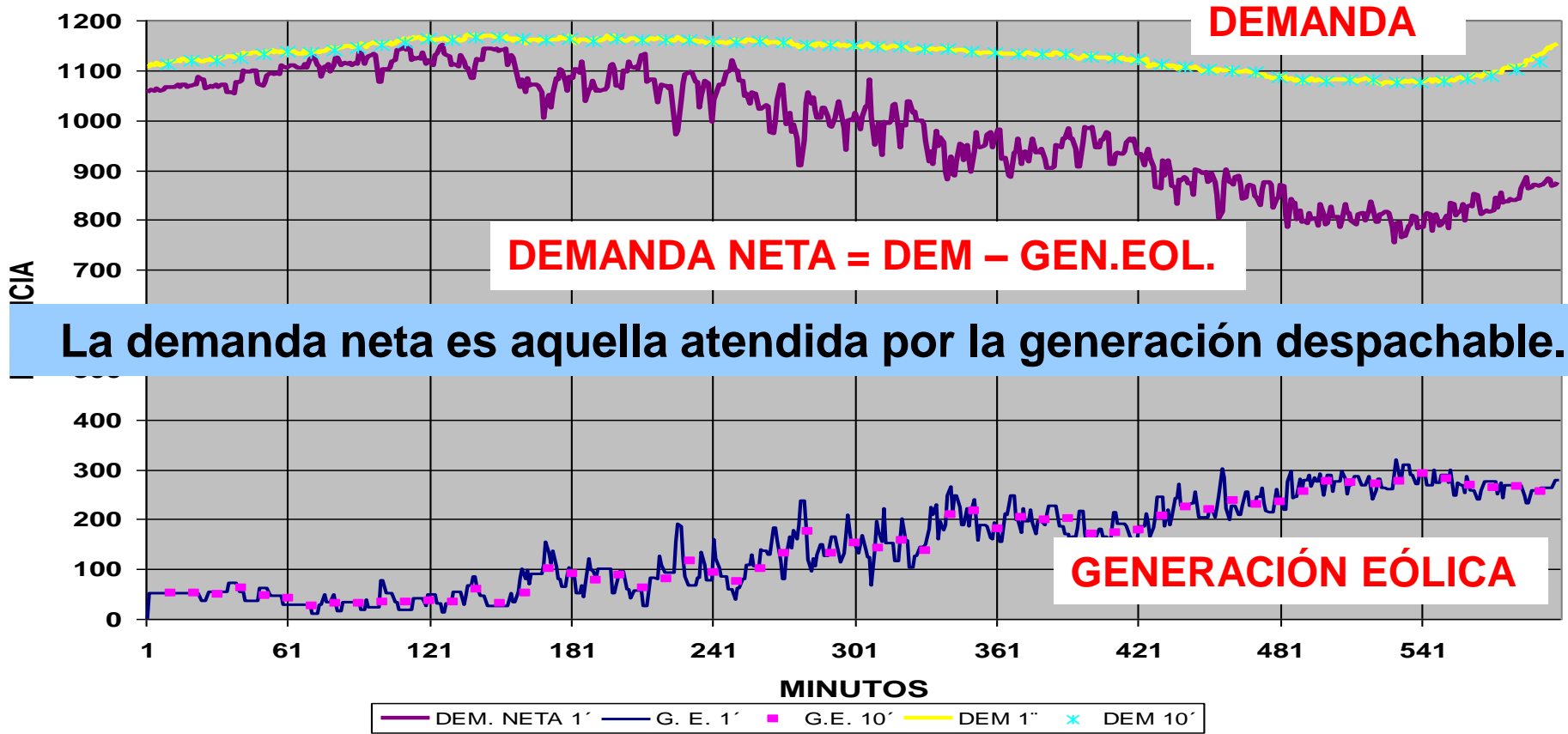


## Análisis del Recurso



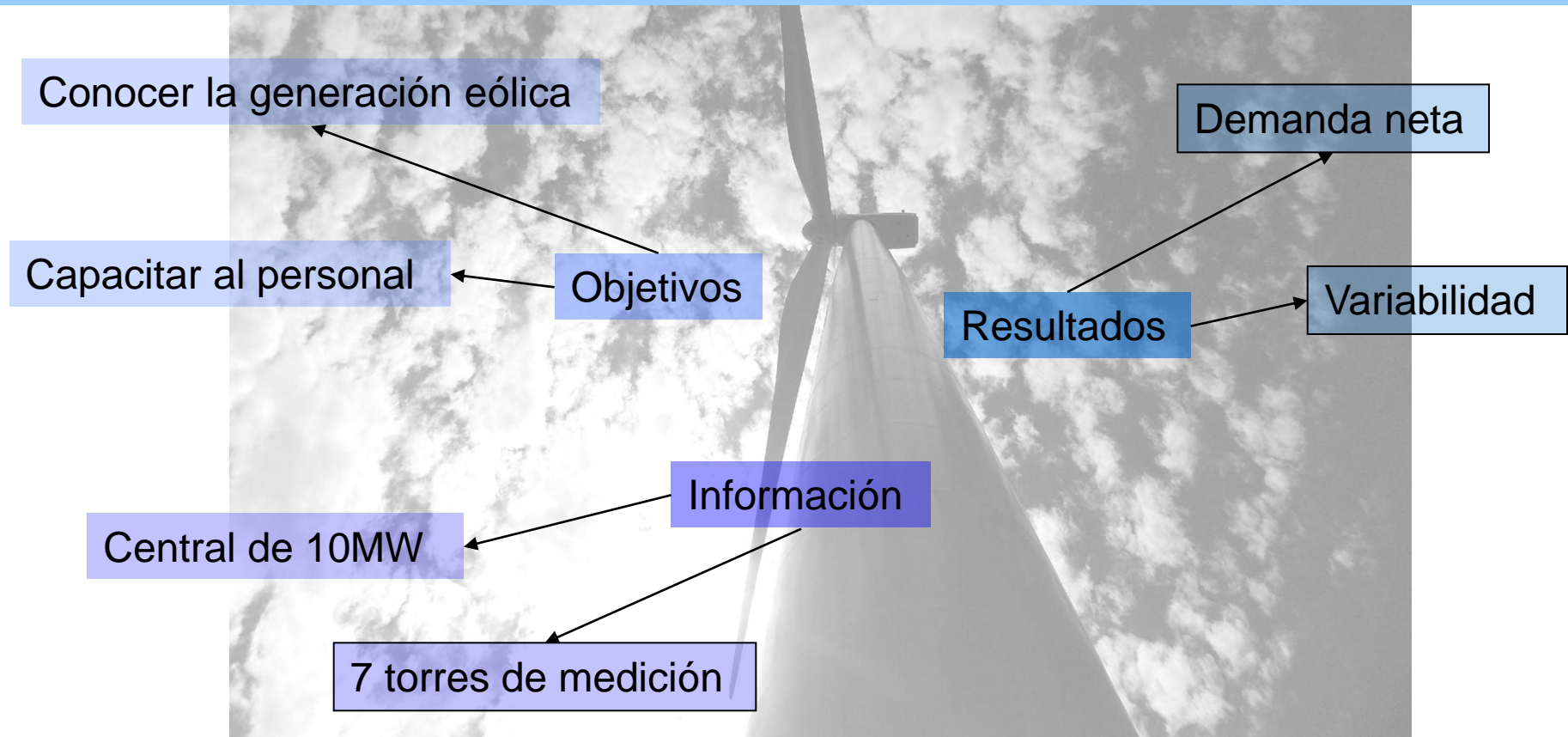


**GENERACIÓN CARACOLES PERÍODO 29/1 11 Hrs - 20:58 ESCALADA A 600 MW  
PROMEDIOS 10 MIN VS 1 MIN**





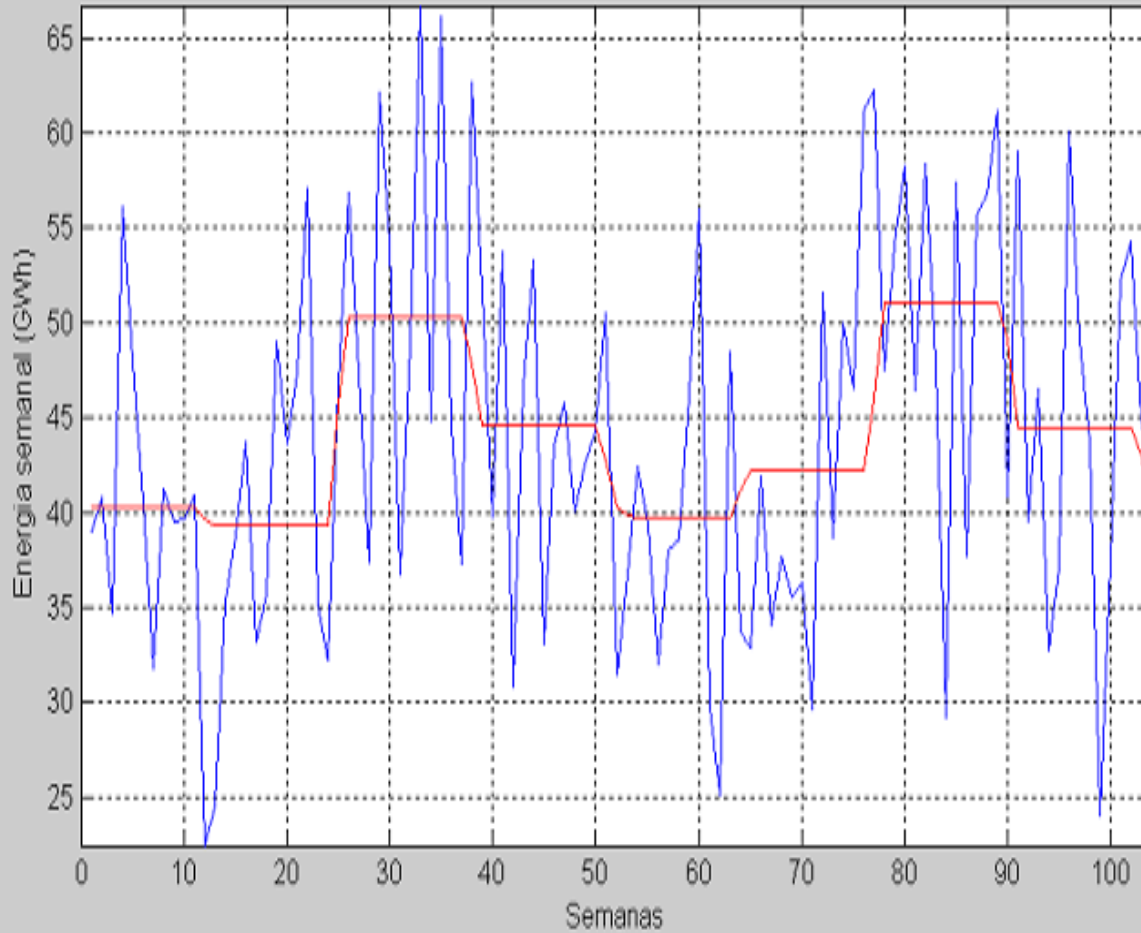
## Análisis del Recurso







Generación eólica semanal y promedio estacional- Años 2009-2010

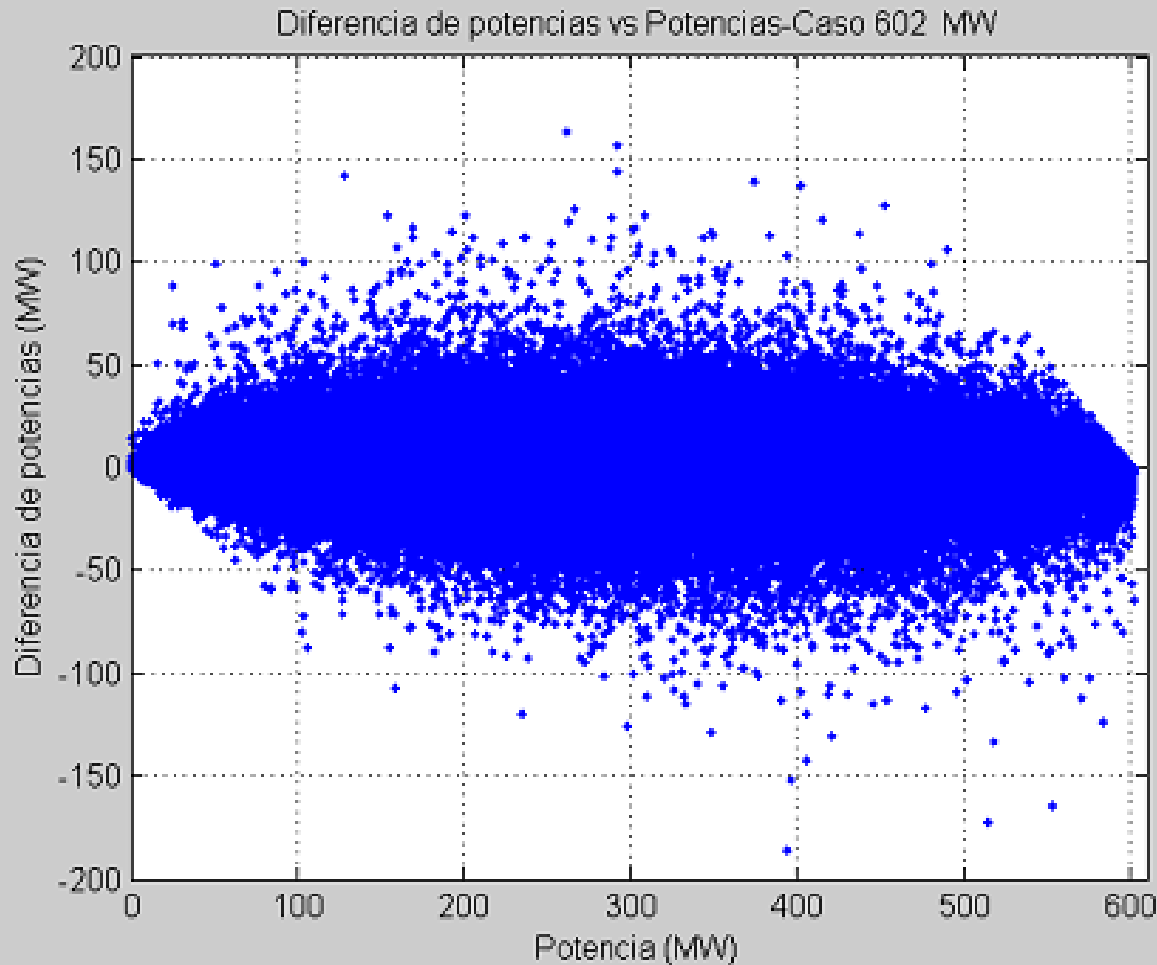


Variabilidad  
trimestral y  
semanal



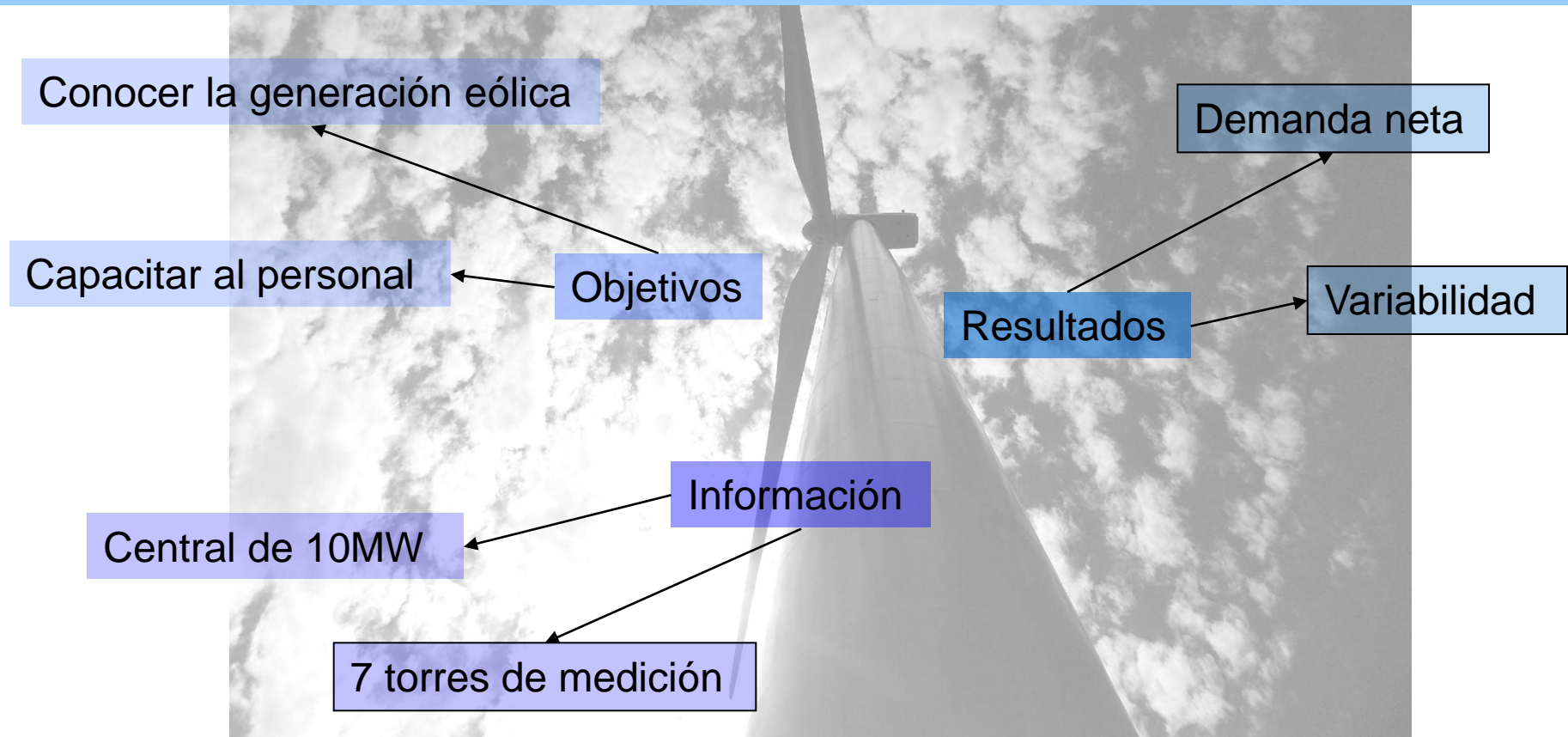
## Variación diezminutal

**Las variaciones diezminutales deben ser reguladas con las unidades en servicio (no es posible arrancar unidades).**





## Análisis del Recurso







## Operación del sistema en presencia de importante generación eólica

Análisis del recurso

Pliegos  
(requisitos)

Pronósticos





## Pronósticos

Antecedentes

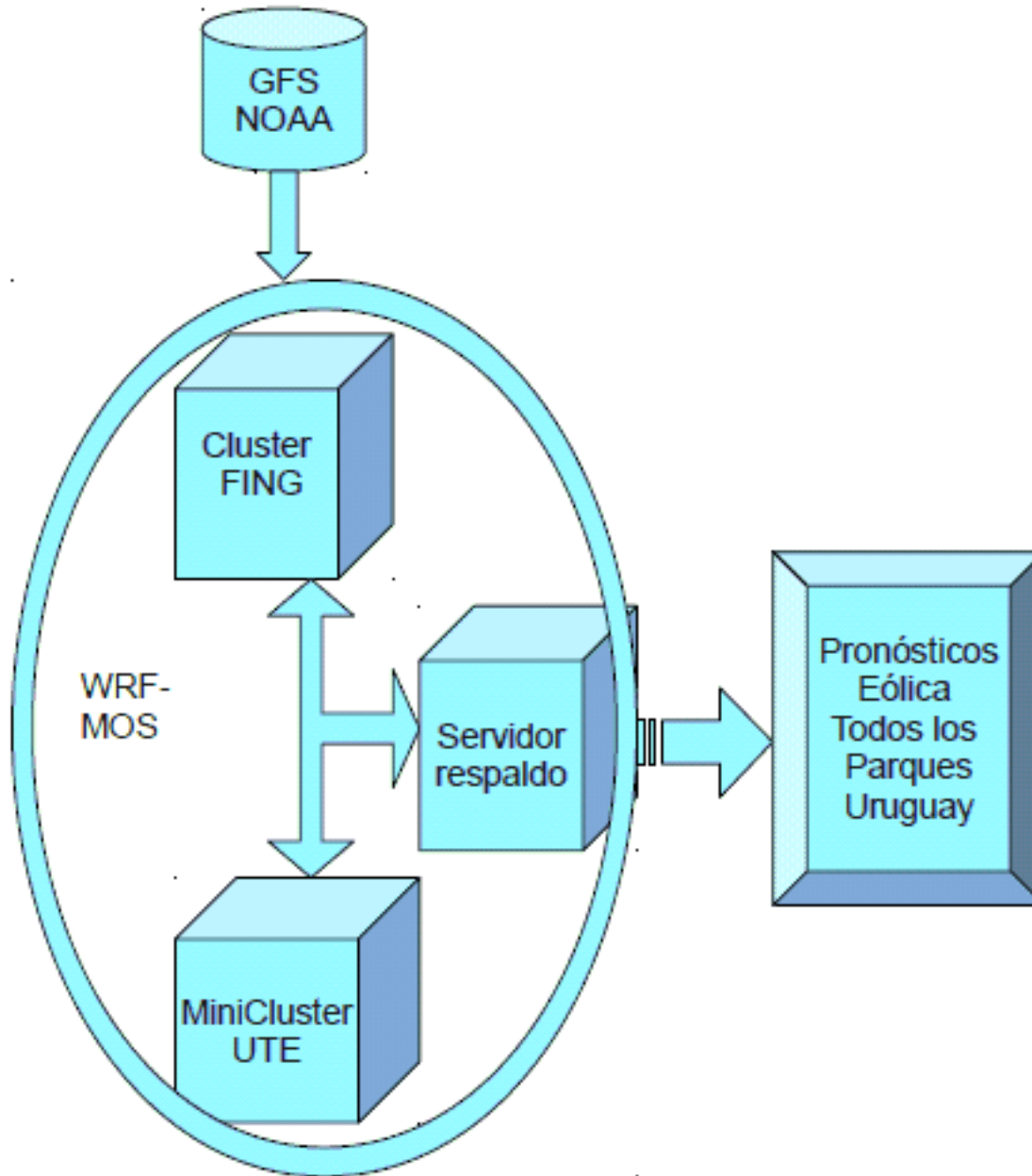
Servicio de  
pronósticos

Transferencia  
tecnológica

Contratación  
especialista

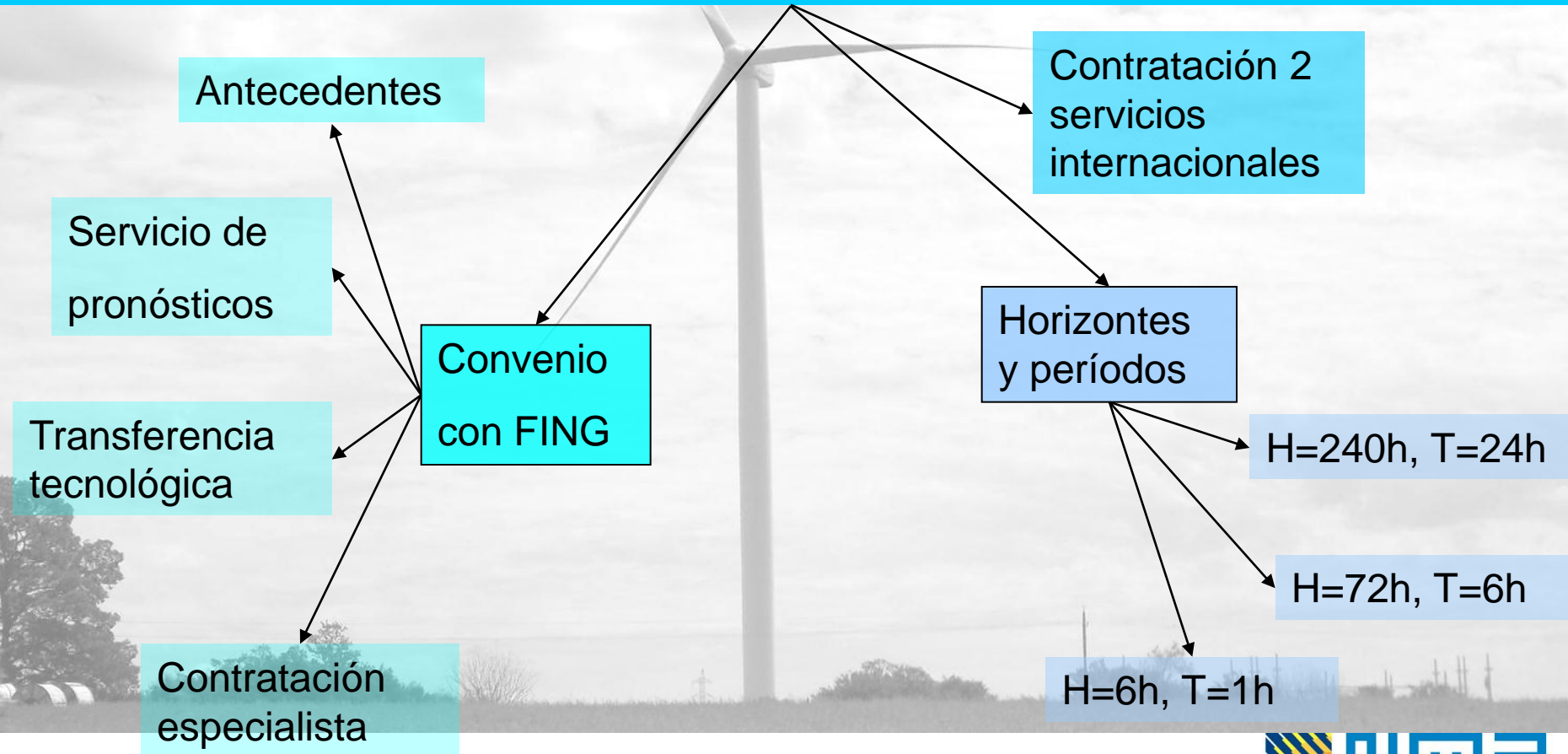
Convenio  
con FING





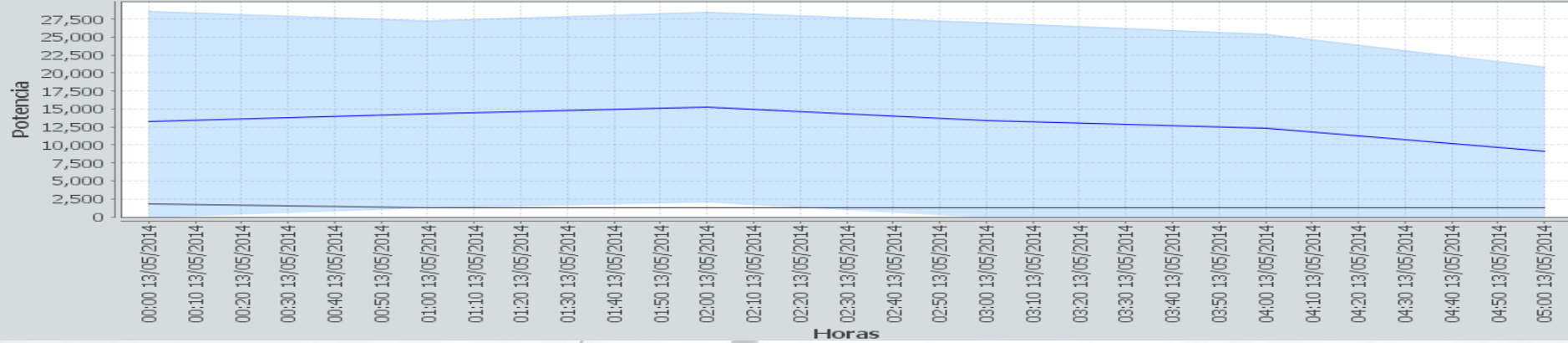


## Pronósticos

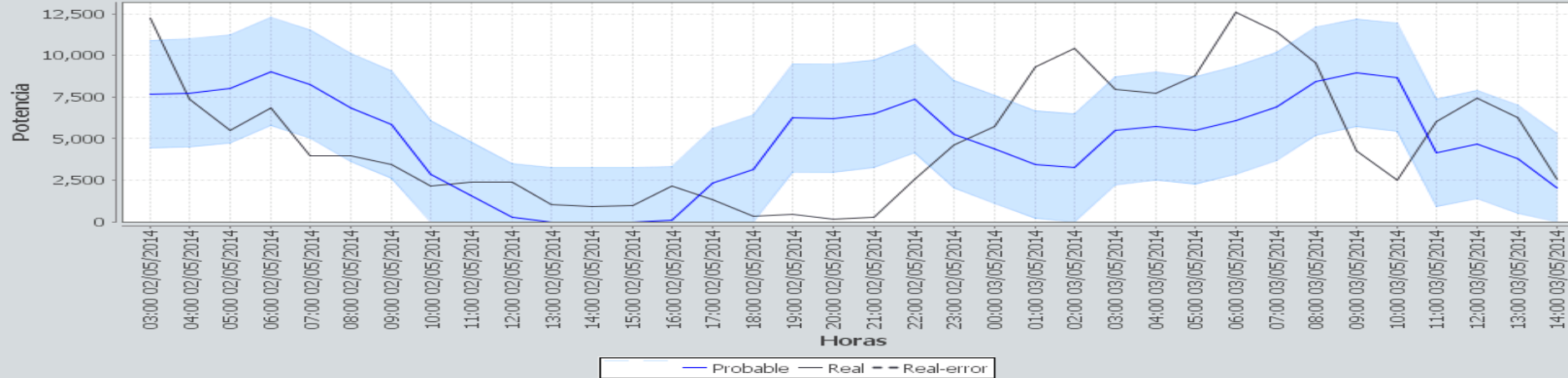




**RSUR01 MTLOG 13/05/2014 0000hs h6**



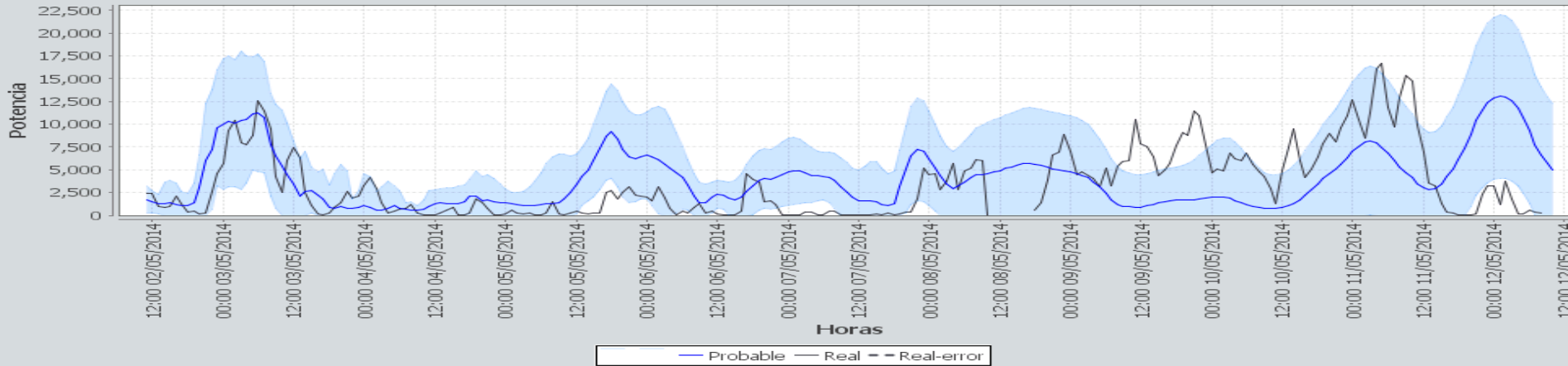
**CARA01 UTEP1 02/05/2014 0300hs h36**







## CARA01 MTLOG 02/05/2014 1100hs h240

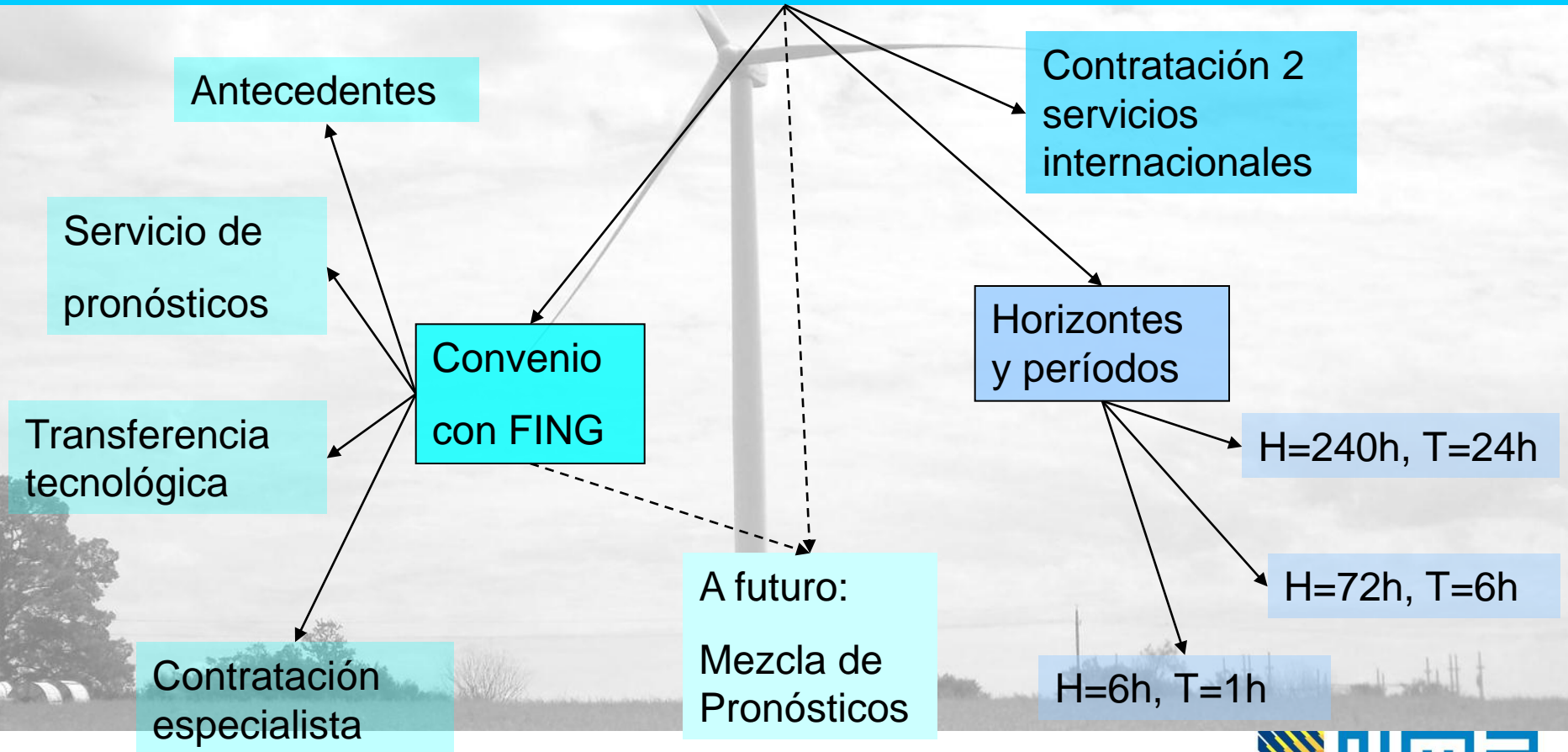


Datos utilizados:



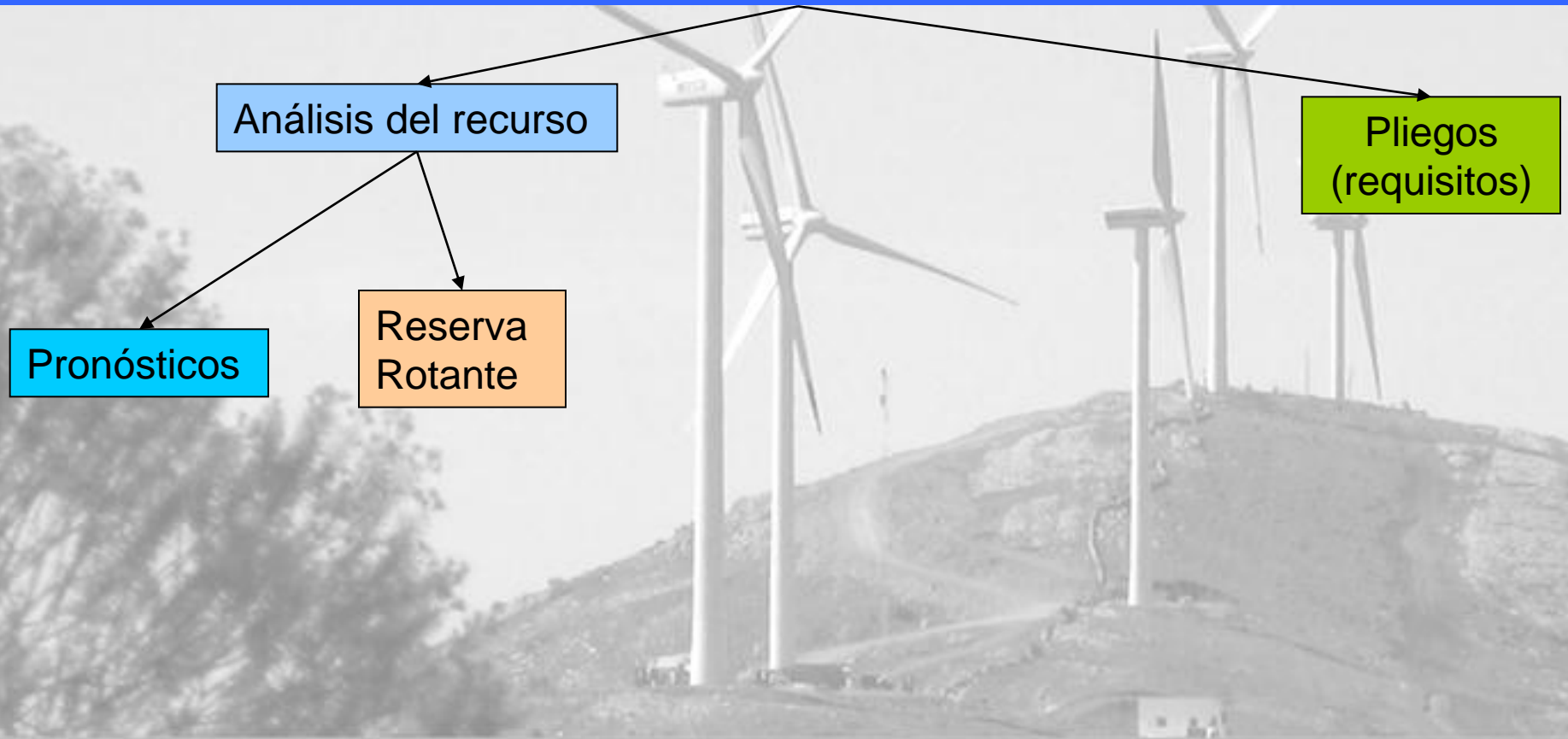


## Pronósticos





## Operación del sistema en presencia de importante generación eólica







## Reserva Rotante





## Reserva Rotante

Evaluación RR a partir de las medidas de viento

Registro de desempeño de la interconexión

Registro de generación

Modelo dinámico de 3 áreas

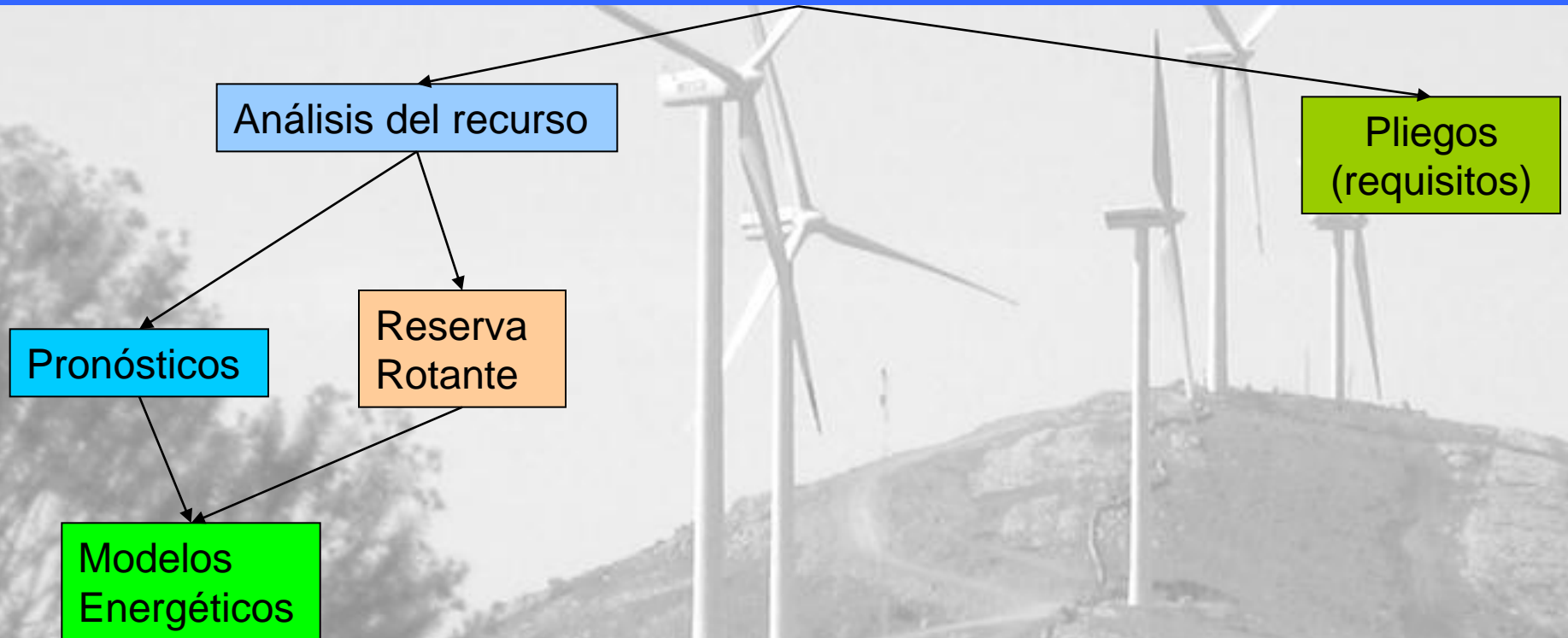
Estándar

La variabilidad diezminutal de la generación eólica debe ser cubierta con la generación convencional en servicio.

Revisión de la RR necesaria



## Operación del sistema en presencia de importante generación eólica









# Modelos Energéticos

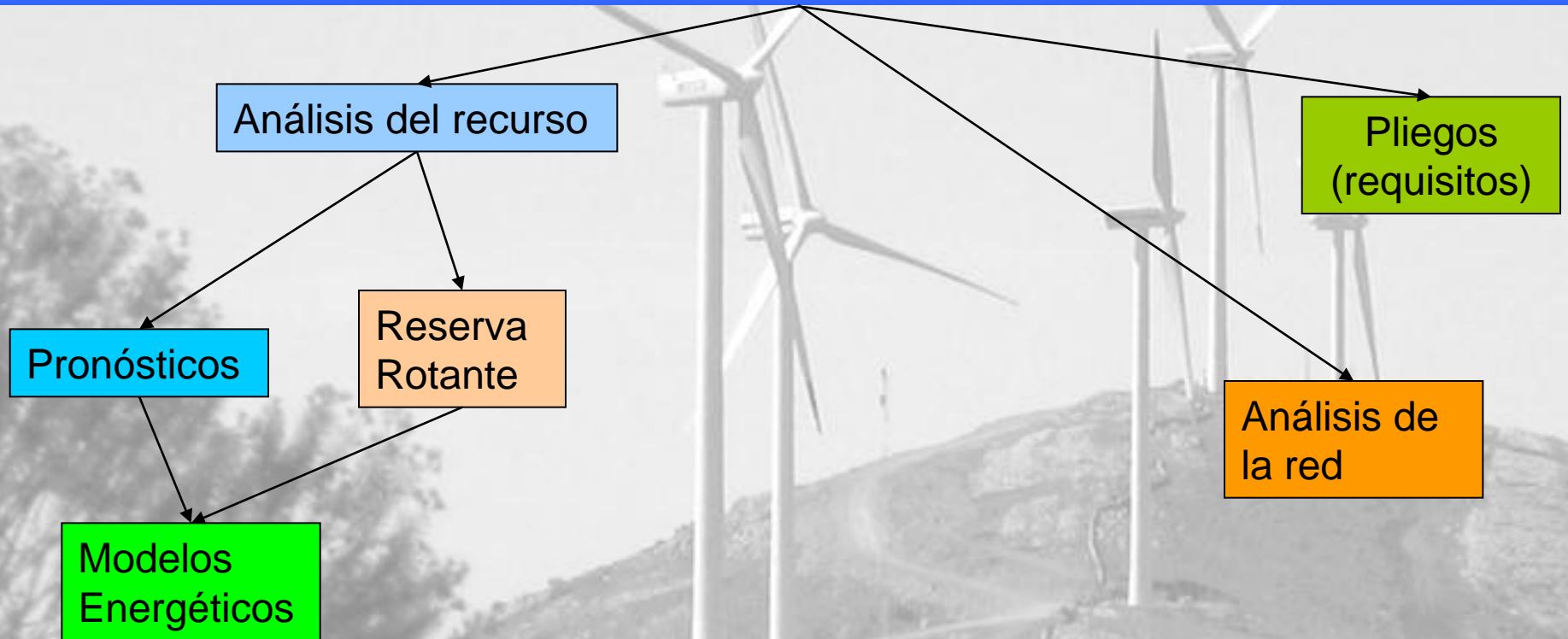
Representación de la generación eólica

Representación de una restricción de reserva rotante

23/10/2010



## Operación del sistema en presencia de importante generación eólica







## Análisis de la red

Representación de la  
generación eólica

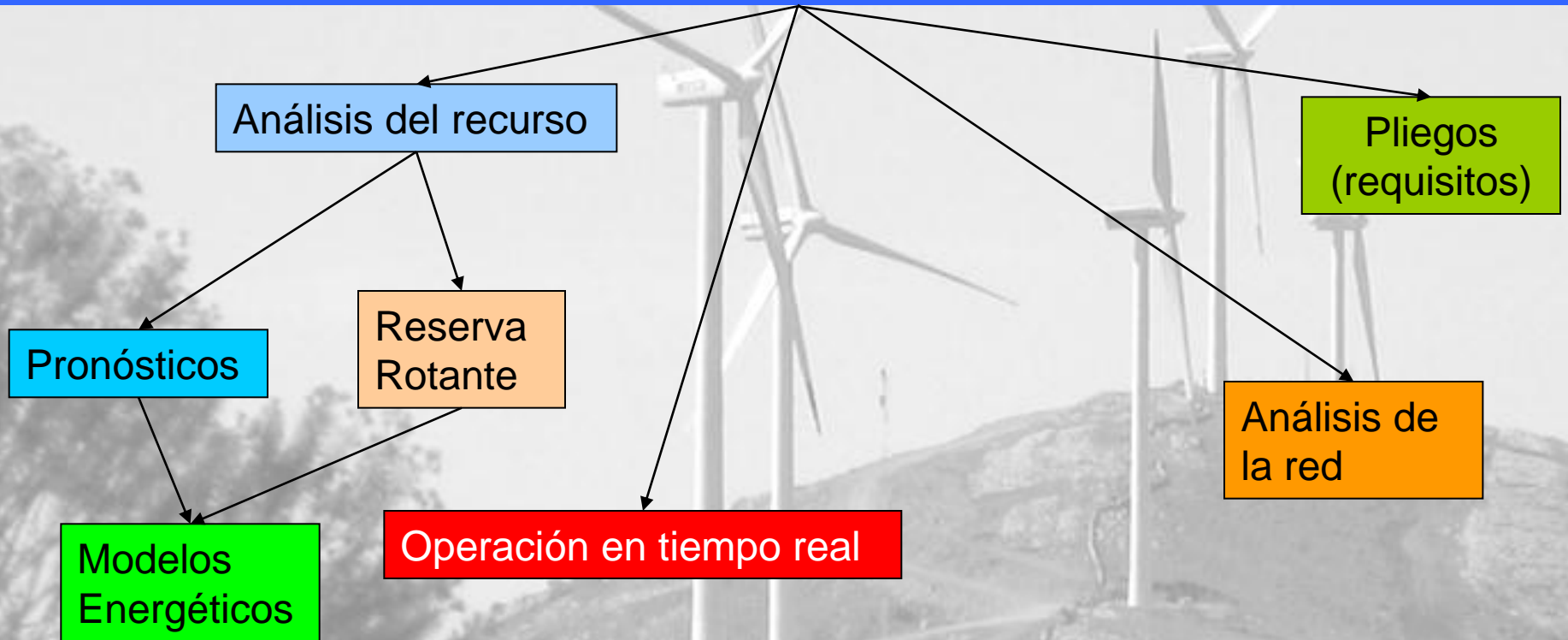
Análisis de desempeño en  
condición n

Análisis de desempeño en  
condición n-1

Cargabilidad dinámica de  
líneas



## Operación del sistema en presencia de importante generación eólica









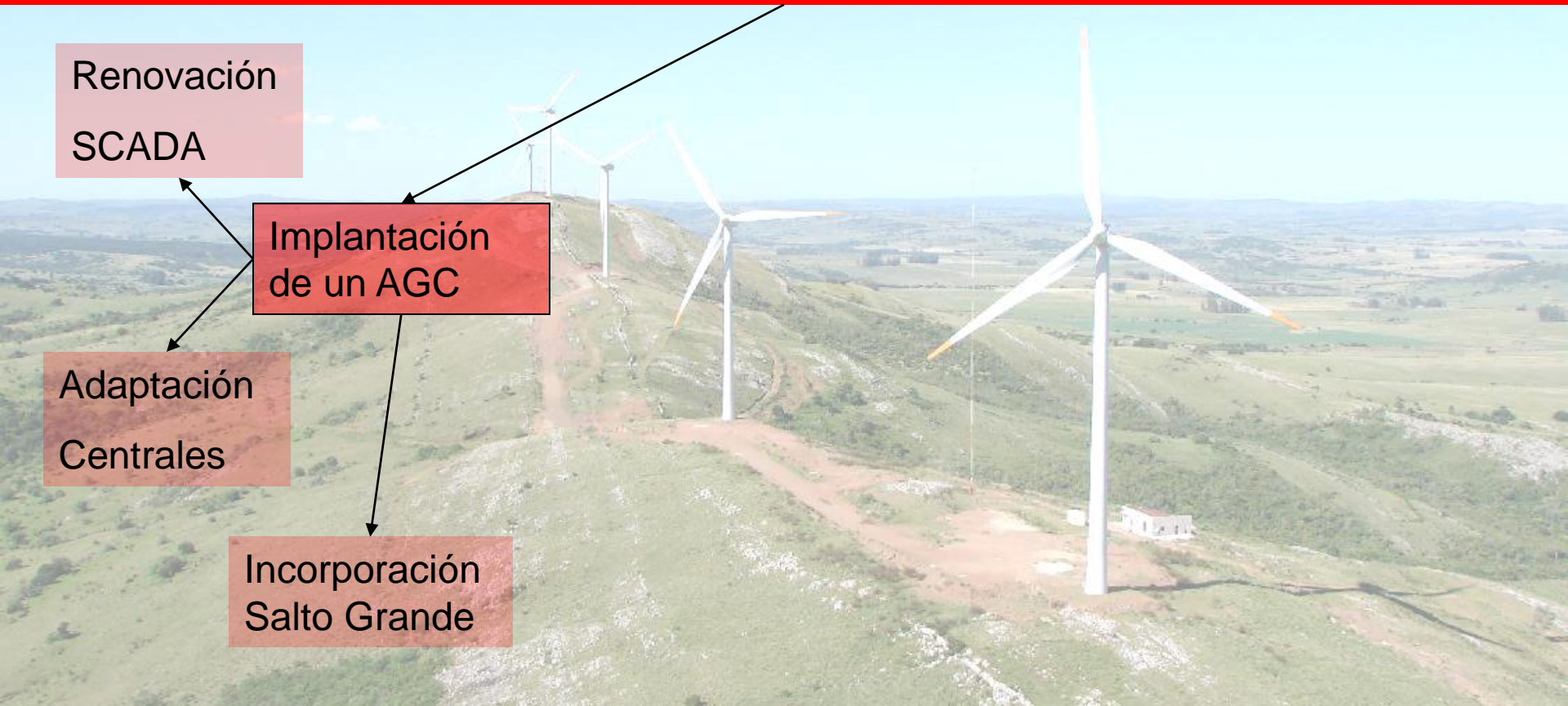
## Operación en tiempo real

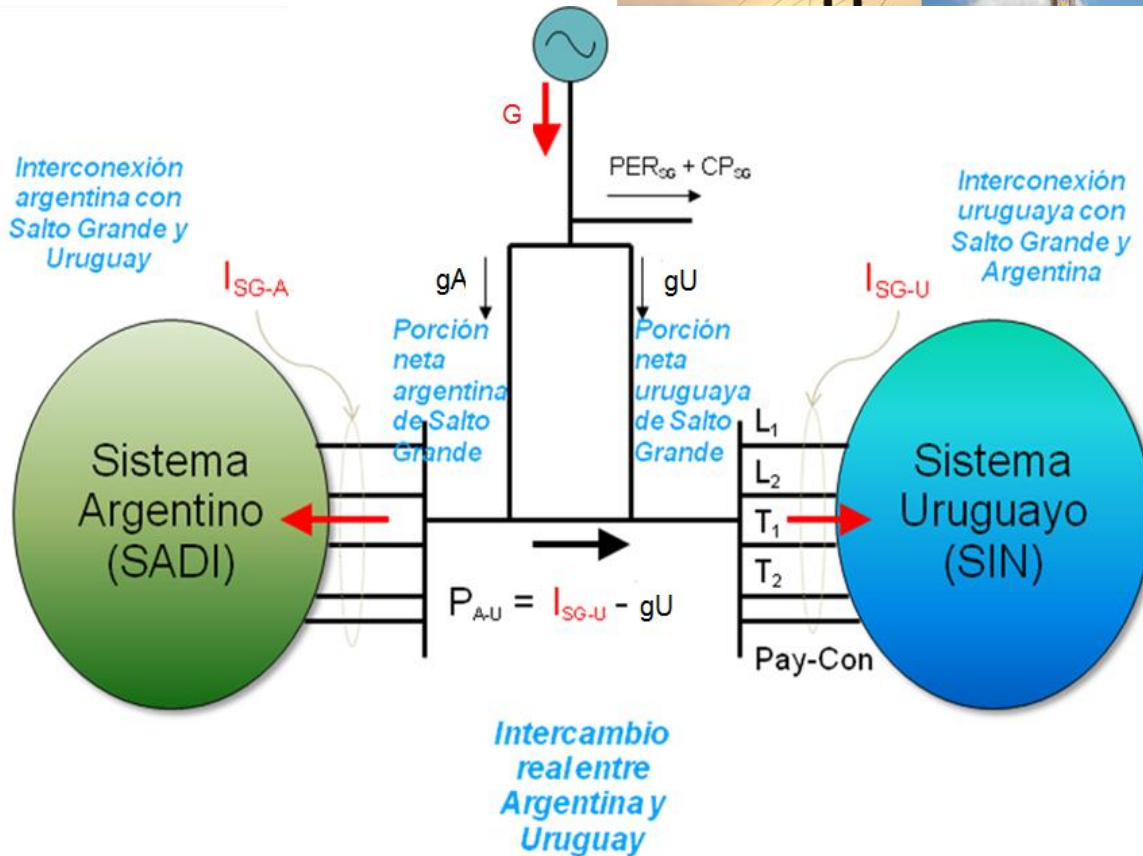
Renovación  
SCADA

Implantación  
de un AGC

Adaptación  
Centrales

Incorporación  
Salto Grande





## Variables involucradas en el intercambio

- $I_{SG-U}$ : Suma de potencias activas por: las dos líneas de 500kV San Javier- Palmar, el TR 500/150kV Salto Grande, el TR 500/150kV San Javier y por la LAT de 150 kV Paysandú – Concepción del Uruguay ; medidas en la frontera entre CTM y UTE.
- $g_U$ : Es la fracción de potencia generada por Salto Grande que le corresponde a Uruguay, la cual podrá generarse con máquinas de una o ambas márgenes del río.

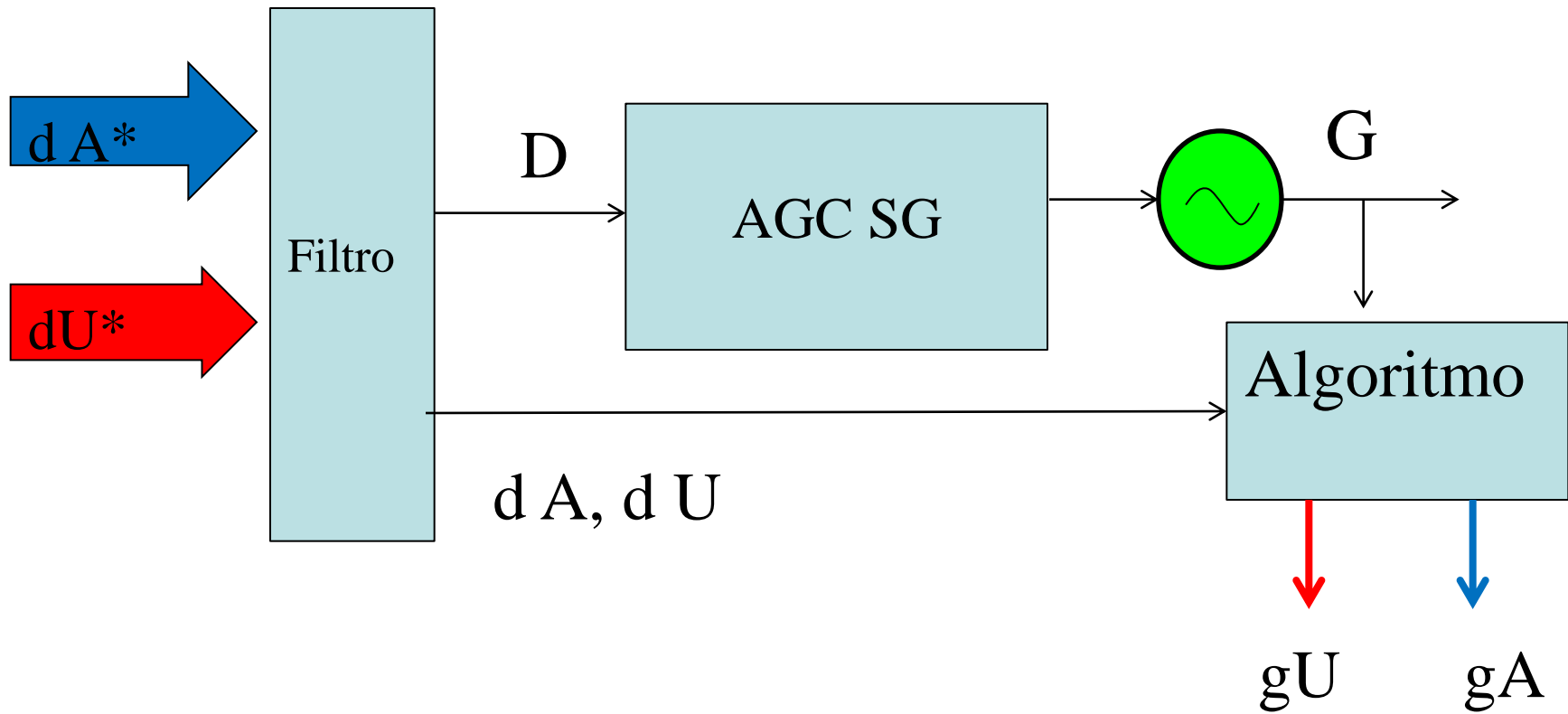


# Esquema de implementación

ORGANISMO SUPERVISOR DE LA INVERSIÓN EN ENERGÍA Y MINERÍA



Nota : Este esquema no contiene la implementación de los  $g_{max}$  y  $g_{min}$ .







Interchange Data	
Interchange Obligation (MW)	5
Actual Interchange	0.00
Scheduled Interchange	0.00
Schedule Offset	0.00
Actual Dyn Scheduled	0.00
Manual Metering Error	5.00
Calc Metering Error	0.00
Max Metering Error	40.00
Use Calc Metering Error?	No
Alarm Limit	100
Negative Time-out Lim	-300.00
Positive Time-out Lim	300.00

Time Error Data	
Time Error Obligation (MW)	0.00
Actual Time Error	0.000 Sec
Source Used	Alter
Primary/Alter Deviation Lim	1.500 Sec
Filter Status	Off
Alarm Limit	1.000 Sec
Manual Time Bias Constant	1.00 MW/0.1 Sec
Calculated Bias Constant	0.00 MW/0.1 Sec

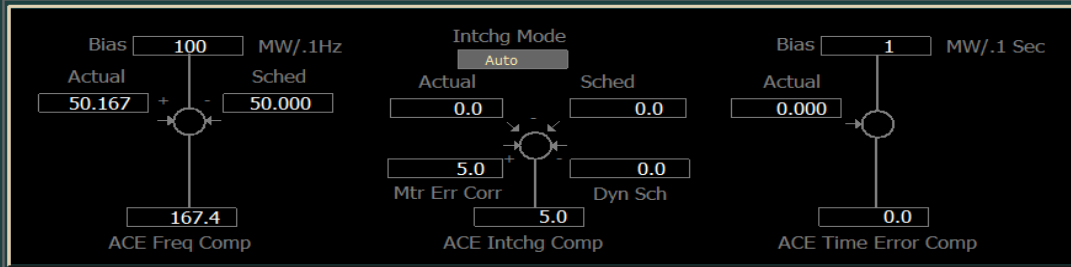
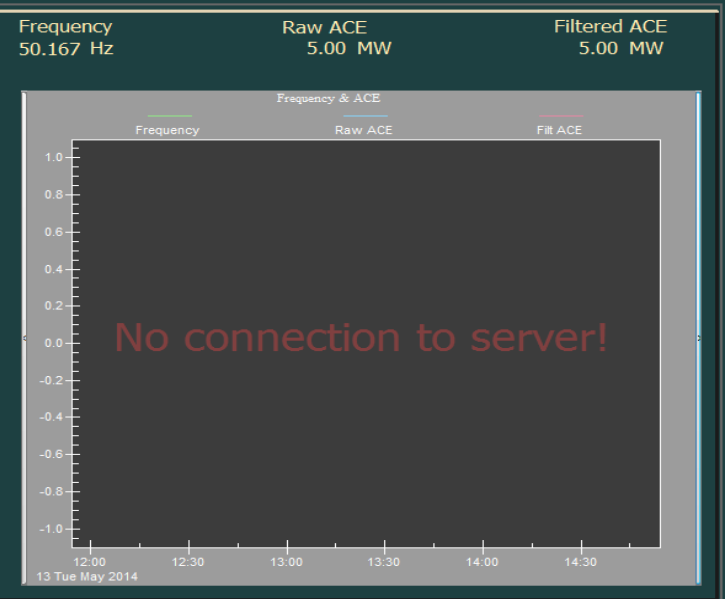
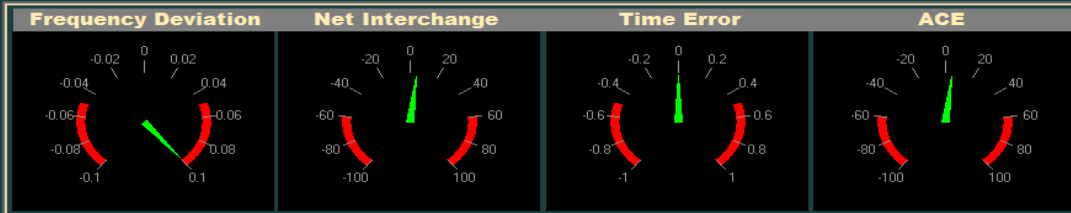
Frequency Data	
Frequency Obligation (MW)	192.42
Actual Frequency	50.192 Hz
Scheduled Frequency	50.000 Hz
Frequency Deviation	0.192 Hz
Alarm Deviation Lim	0.500 Hz
Over-Frequency Dev Time-out Limit	1.000 Hz
Under-Frequency Dev Time-out Limit	1.000 Hz
Frequency Selection Method	Priority
Largest/Smallest Freq Dev Limit	0.010 Hz
Filter Status	Off
Scheduled Frequency Start Time	hh:mm
Scheduled Frequency Stop Time	hh:mm
Off- Nominal Frequency	50.000 Hz
Maximum Scheduled Offset	0.080 Hz
Frequency Scheduling in Progress	No
Manual Frequency Bias Constant	100.00 MW/0.1Hz
Calculated Bias Constant	0.00 MW/0.1Hz
Frequency/Time Error Calculation	Off
Multi-Island	No



## AGC: Generation Dashboard

## Area 1

**AGC Status** Susp    
 **ACE Mode** CNI    
 **AGC Target** -5.0    
 **Frequency** 50.17 Hz    
 **Act Intchg** 0 MW    
 **Sched Intchg** 0 MW    
 **Generation** 3 MW    
 **Load** 3 MW



System Reserve		
	Act	Req
Non-Spinning	0	0
Spinning	10	0
Operating	10	0

**Control Status** NORMAL

	CPS1	CPS2
This Hour	200.00	100.00
Today	200.00	100.00
Month	200.00	0.00

■ Normal   
 ■ Lower   
 ■ Moderate   
 ■ High   
 ■ Severe

**Regulation**   
 Manual - Up    
 Normal    
 Manual - Down

Current Status

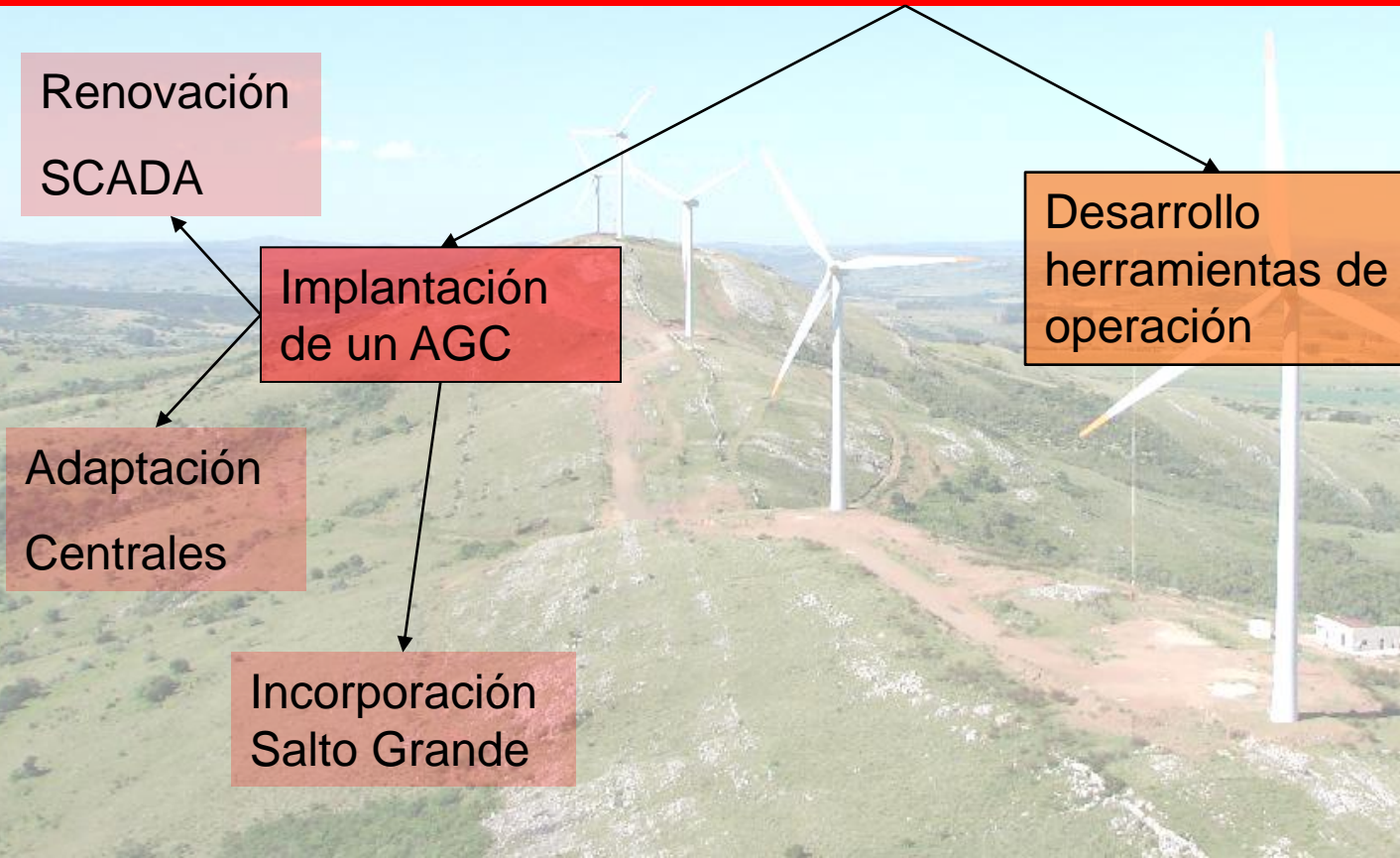
Alarms	High	Low
Frequency		
ACE		
Interchange		

**Telemeter Errors**  
● Frequency  
● Tie Line  
● Dyn Sch  
● Time Error





## Operación en tiempo real



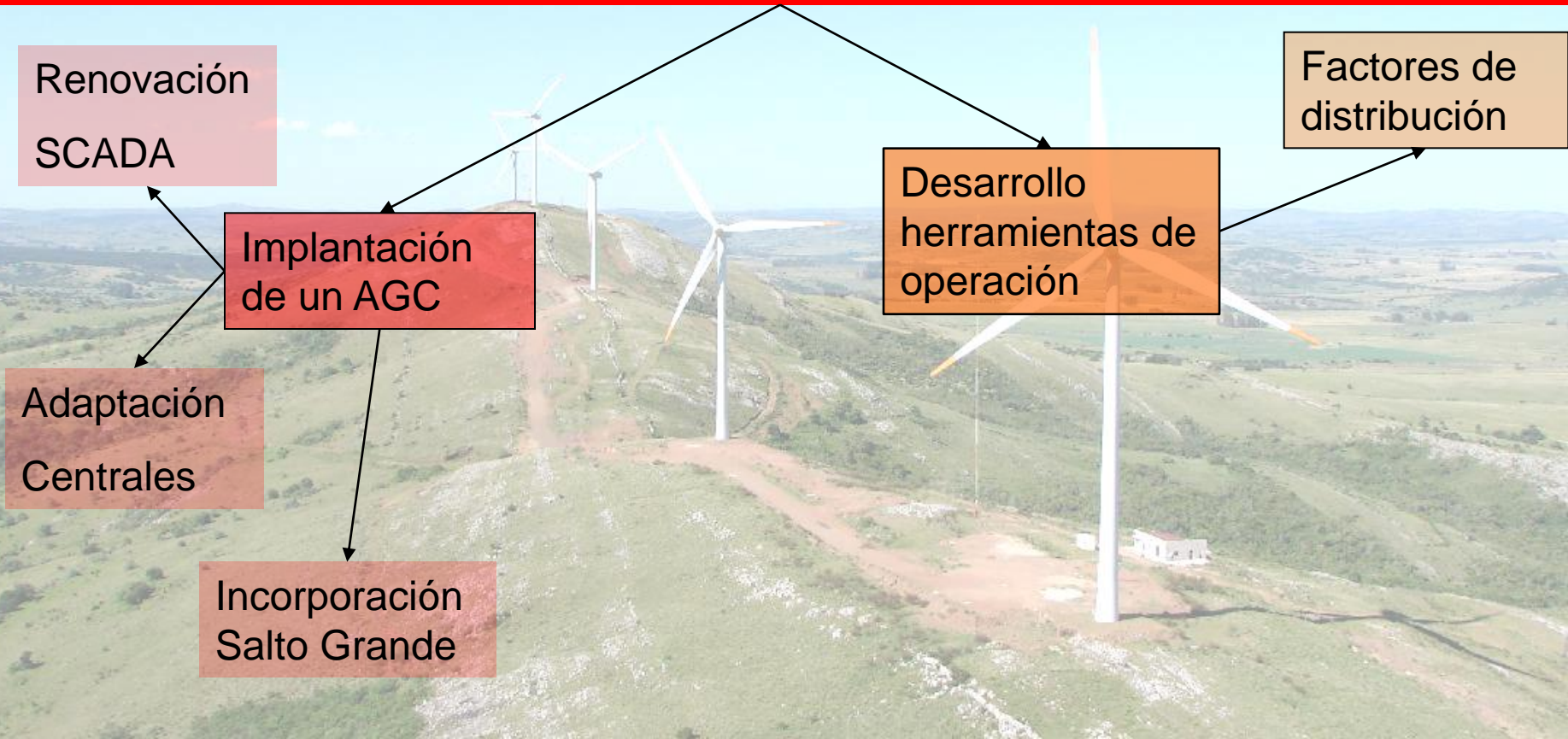




- Previsión de generación eólica
  - Previsión de demanda
  - Balance de Potencia
  - Redespacho
  - Factores de Distribución
  - Cargabilidad dinámica de líneas
- Aplicaciones EMS:
    - Flujo de Cargas en línea
    - Análisis de Contingencias.
    - Simulador de Entrenamiento.



## Operación en tiempo real





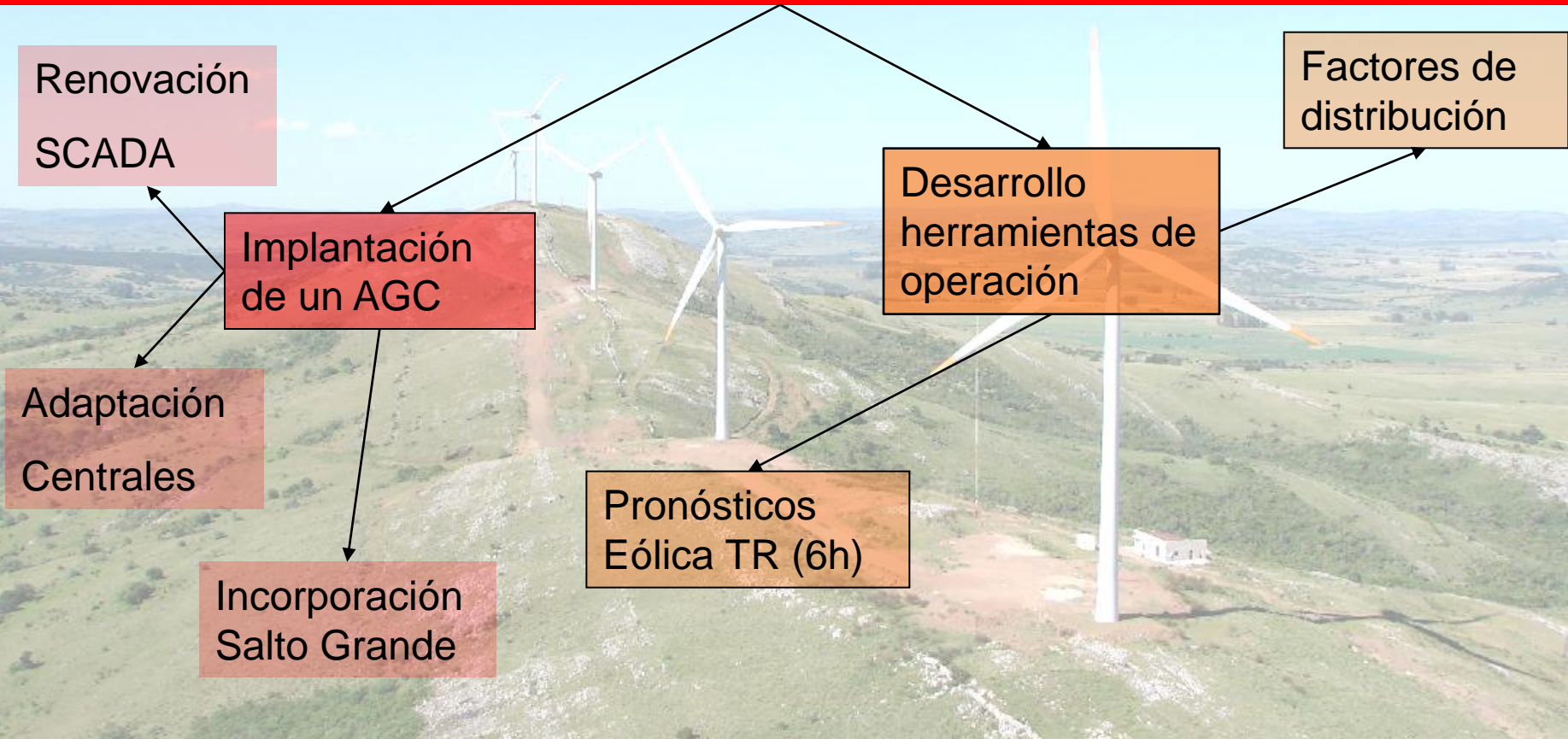
# Factores de Distribución.

TIPO	CENTRAL	Bonete-Tacuarembó	Bonete - Baygorria	Baygorria - Palmar	Bonete - Young	Florida - Mont. A 1	Florida - Mont. A 2	Palmar - Rodríguez
HIDRO	BONETE	0	56	40	30	15	15	13
	BAYGORRIA	0	-25	58	22	10	10	20
	PALMAR	0	-9	-15	15	3	3	5
	SALTO GRANDE	0	-1	-2	-2	0	0	1
INTERCONEXIÓN	ARGENTINA	0	-1	-2	-2	0	0	1
	RIVERA	97	52	38	28	13	13	12
	MELO	0	2	1	1	0	0	0
TERMICAS	CB	0	1	1	1	-3	-3	-1
	CTR	0	1	1	1	-4	-4	-1
	PTA	0	1	1	1	-2	-2	0
BIOMASA	BIOENER	97	52	37	28	14	14	10
	FENIROL	99	52	37	28	14	14	10
	GALOFER	0	57	39	27	13	13	11
	LIDERDAT	0	-1	-1	-1	0	0	2
	ALUR	0	-1	-1	-1	0	0	2
EOLICAS	PE MALDONADO	0	1	1	0	-2	-2	0
	CARACOLES	0	1	1	0	-2	-2	0
	KENTILUX	0	1	1	0	-2	-2	0
	POLESINE	0	3	2	1	22	22	-1
	PINTADO	0	5	4	1	20	20	0
	PAMPA	99	55	38	28	14	14	10
	PALOMAS	0	1	-1	-5	1	1	2
	JP TERRA	0	1	-1	-5	1	1	2



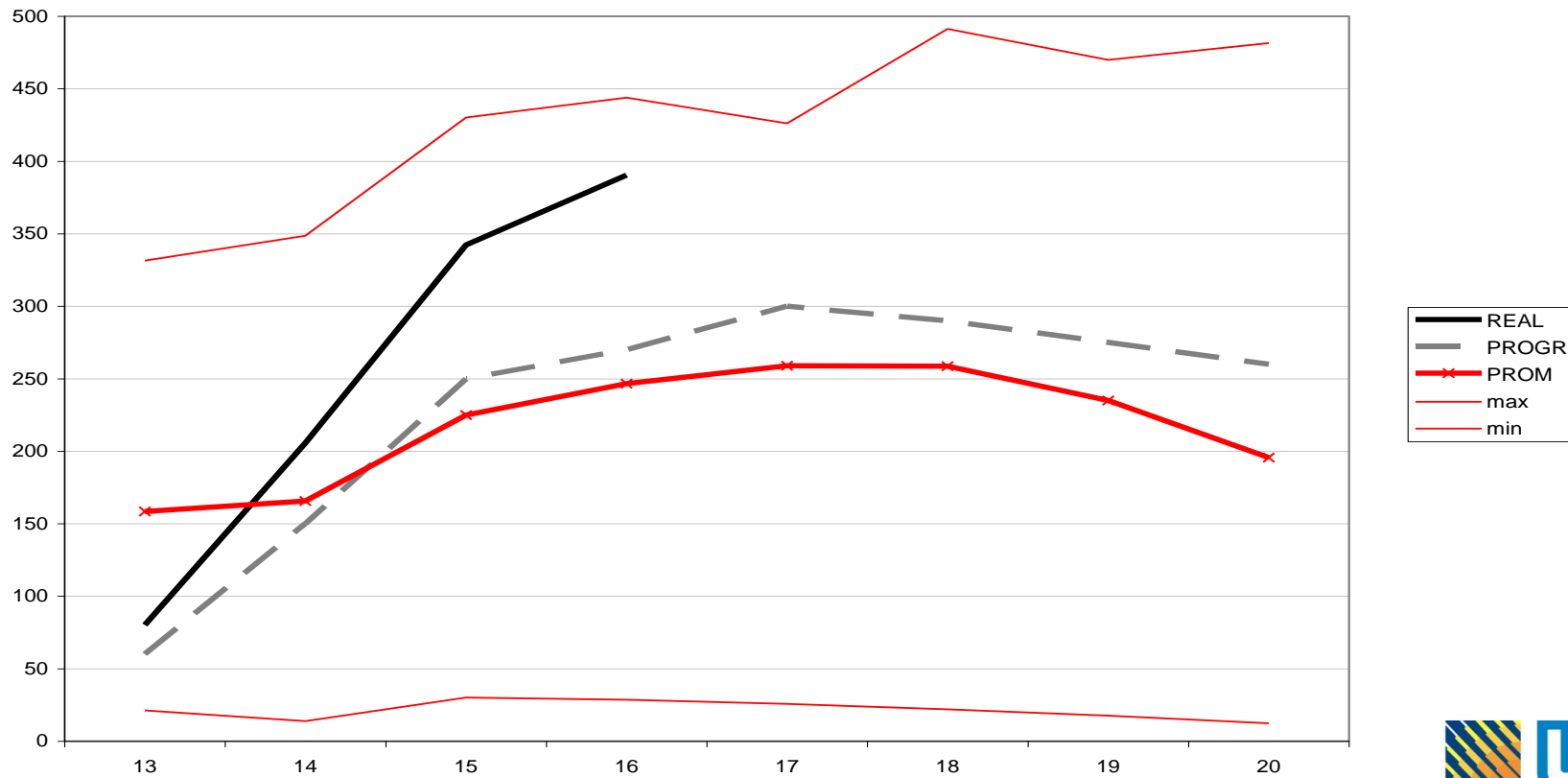


## Operación en tiempo real





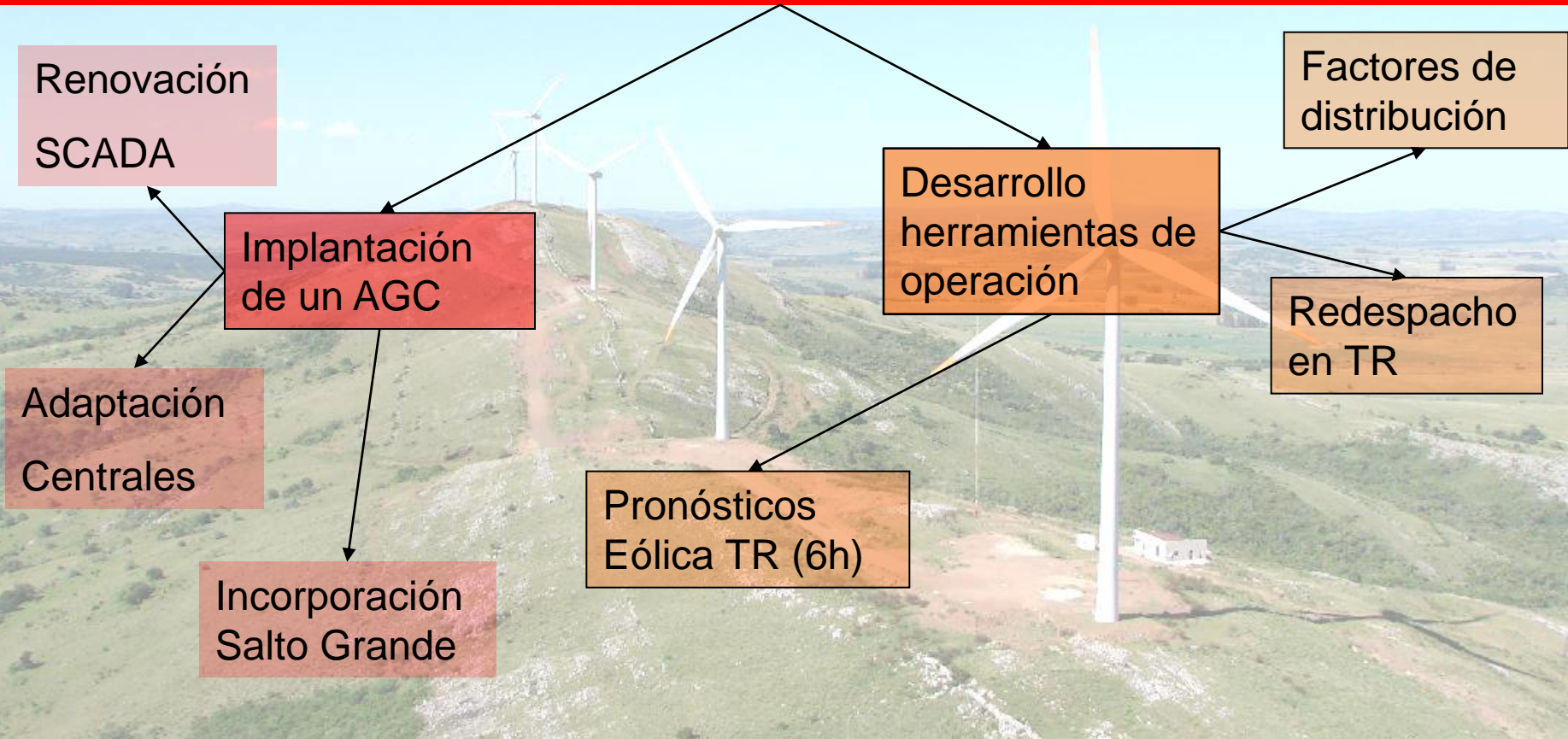
# Pronósticos de generación eólica.







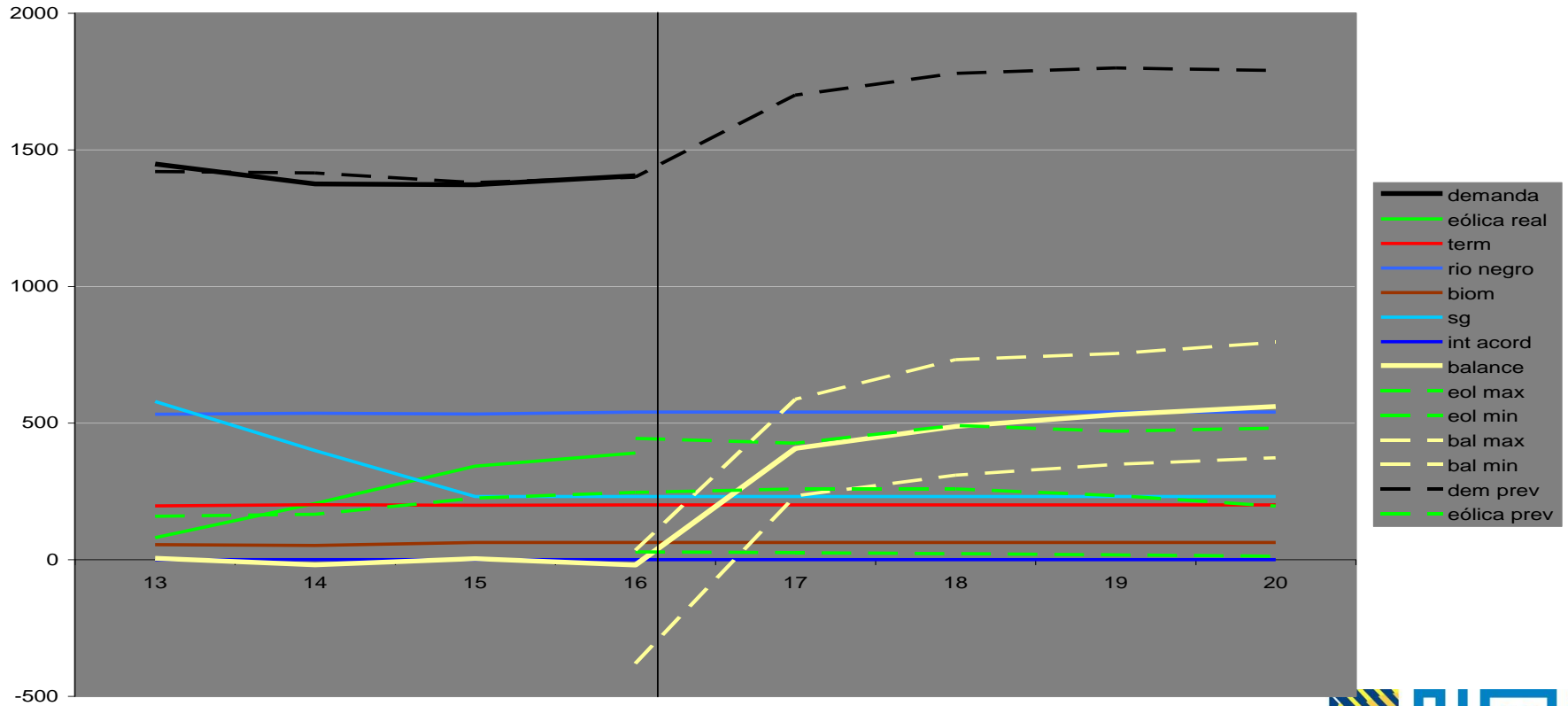
## Operación en tiempo real





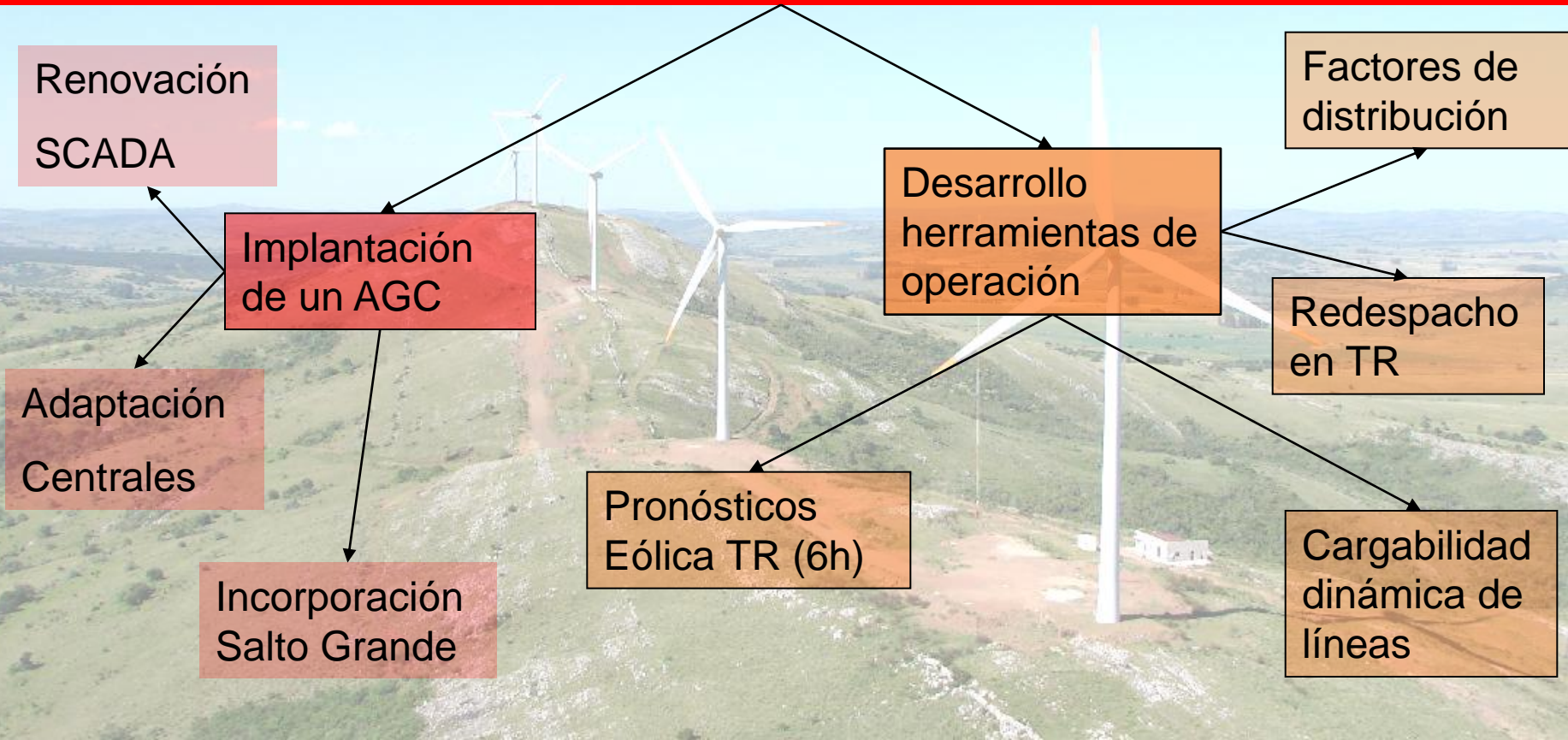


# Balance de potencia.





## Operación en tiempo real





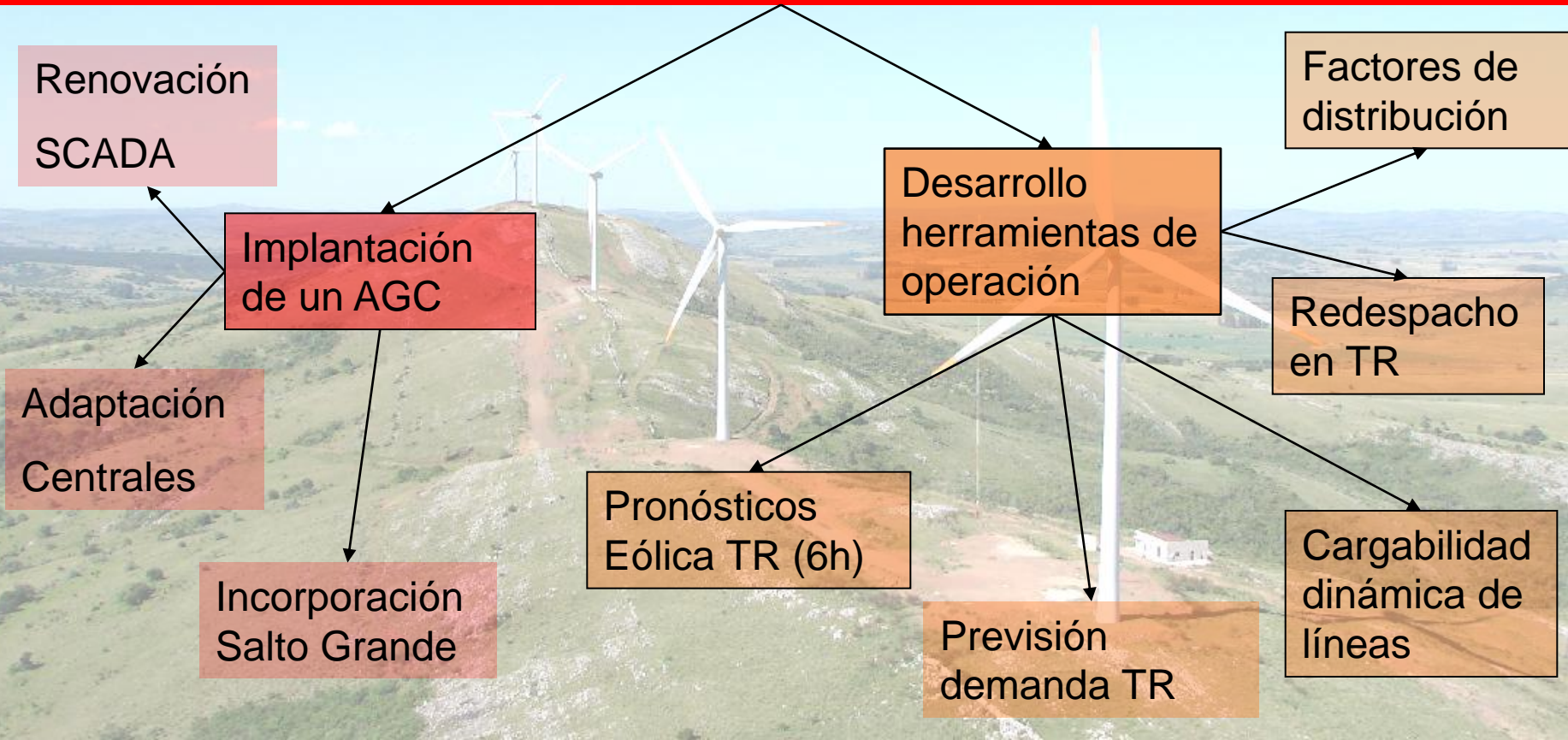
# Cargabilidad de líneas.

Línea	Estación	T. Amb. [°C]	V. Viento [m/s]	Radiación [kJ/m <sup>2</sup> ]	I max [A]	I [A]
Salto Grande- Arapey	Palomas	12,1	6,2	217	604	254
Bonete- Tacuarembó	Pampa	13,2	5,4	201	580	302
Bonete - Baygorria	Palmatir	11,4	4,8	206	605	402
	Pampa	13,2	5,4	201		
Baygorria - Palmar	Palmatir	11,4	4,8	206	584	451
	Pampa	13,2	5,4	201		
Bonete - Young	Palmatir	11,4	4,8	206	560	320
	Pampa	13,2	5,4	201		
Florida - Montevideo A 1	Polesine	11,4	4,8	206	580	409
	Pintado	12,3	3,2	209		
Florida - Montevideo A 2	Polesine	11,4	4,8	206	578	412
	Pintado	12,3	3,2	209		
Palmar - Rodríguez	Cadonal	14,6	2,1	202	440	462
	Colonia Arias	14,7	2,3	204		



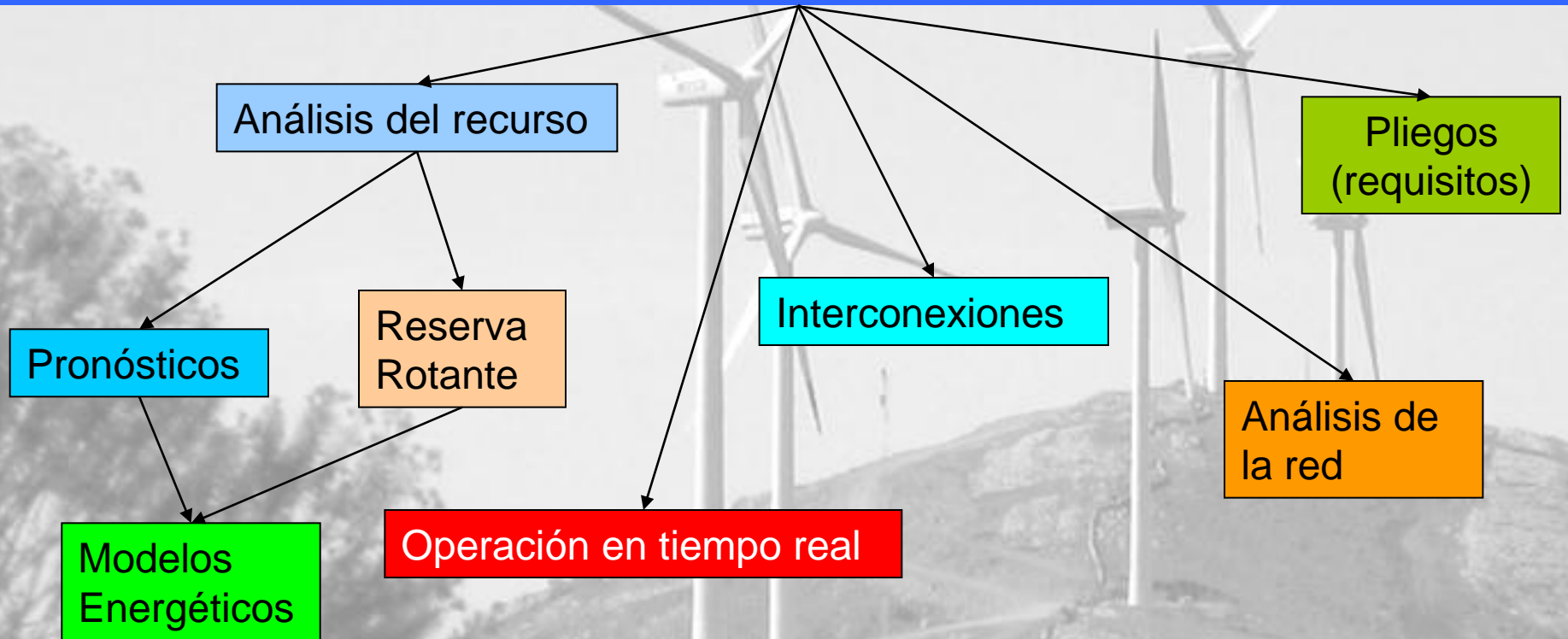


## Operación en tiempo real





## Operación del sistema en presencia de importante generación eólica











## Interconexiones

Análisis conjunto de desempeño del sistema

Ajuste de los acuerdos de interconexión

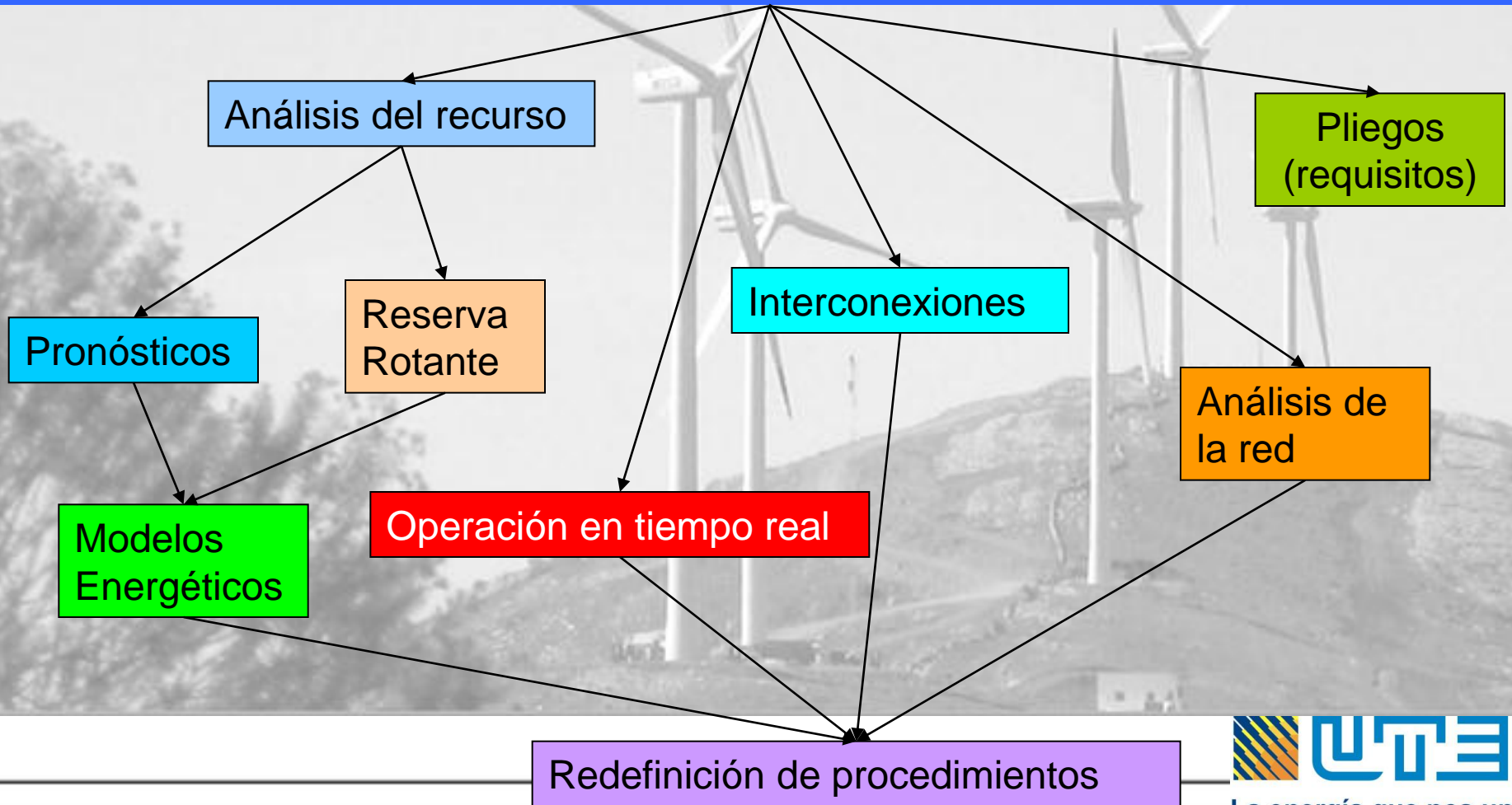
Incorporación de Salto Grande al AGC

Modelo dinámico

Análisis de los registros de generación eólica



## Operación del sistema en presencia de importante generación eólica



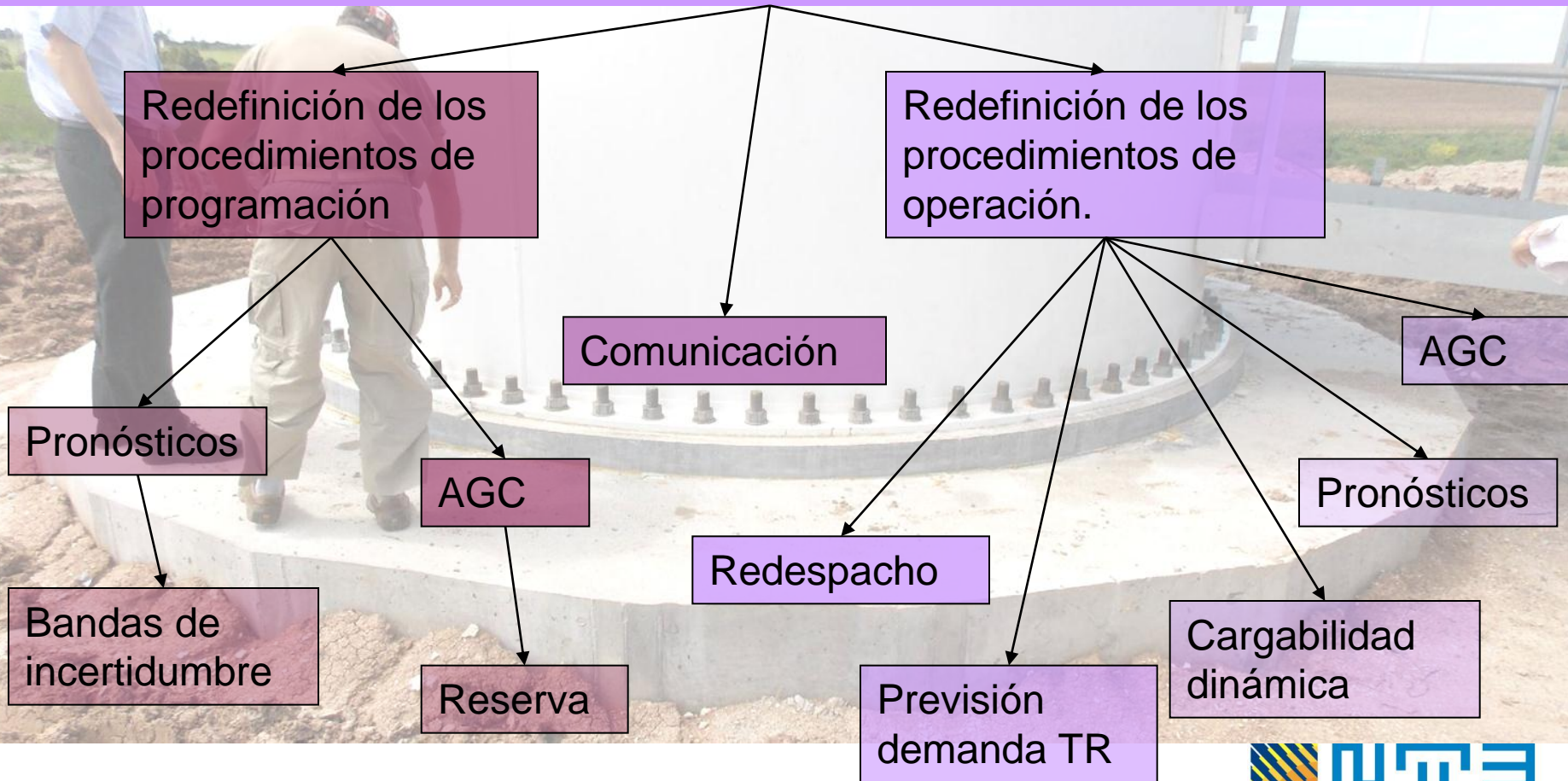






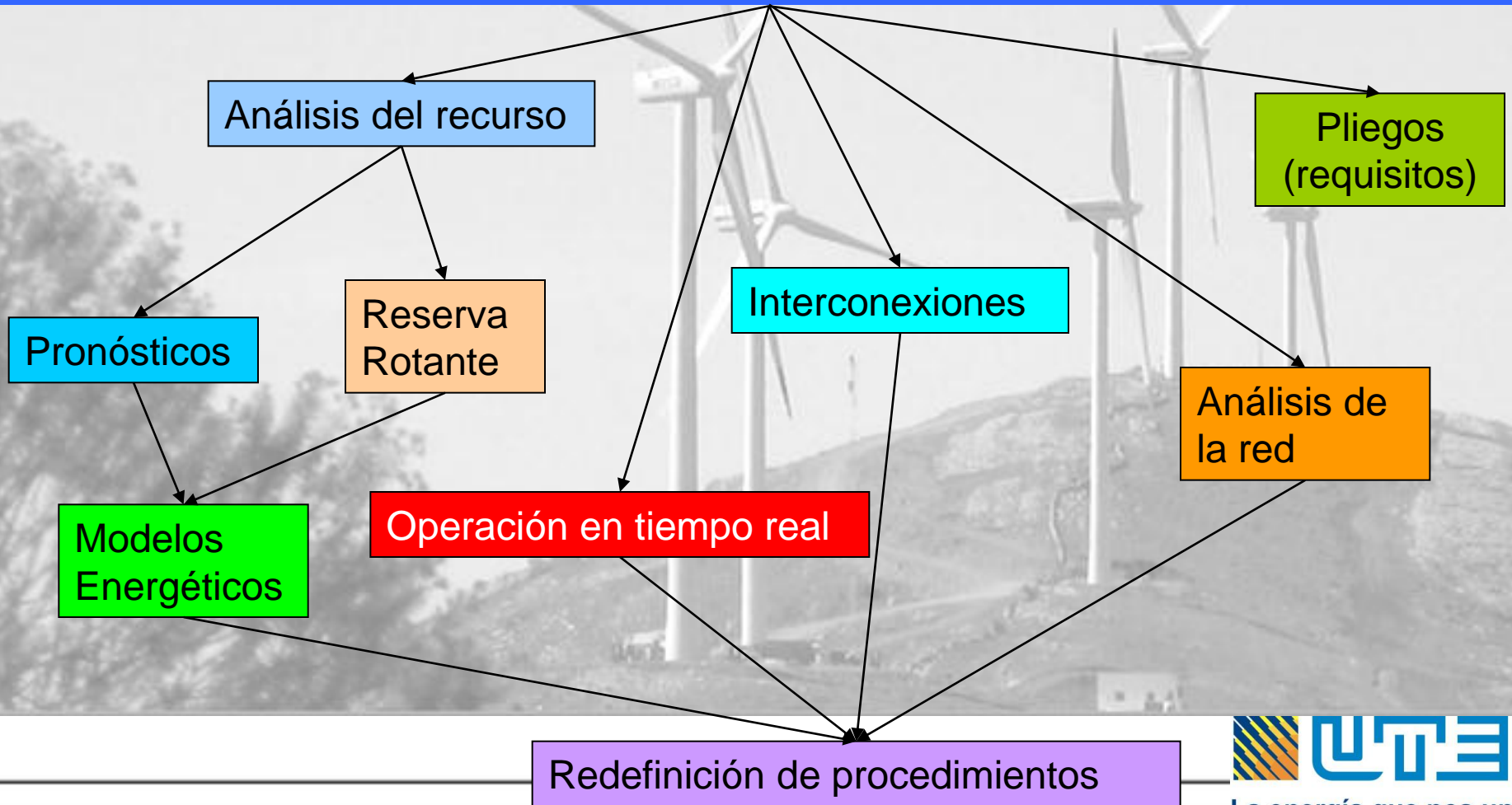


## Redefinición de Procedimientos





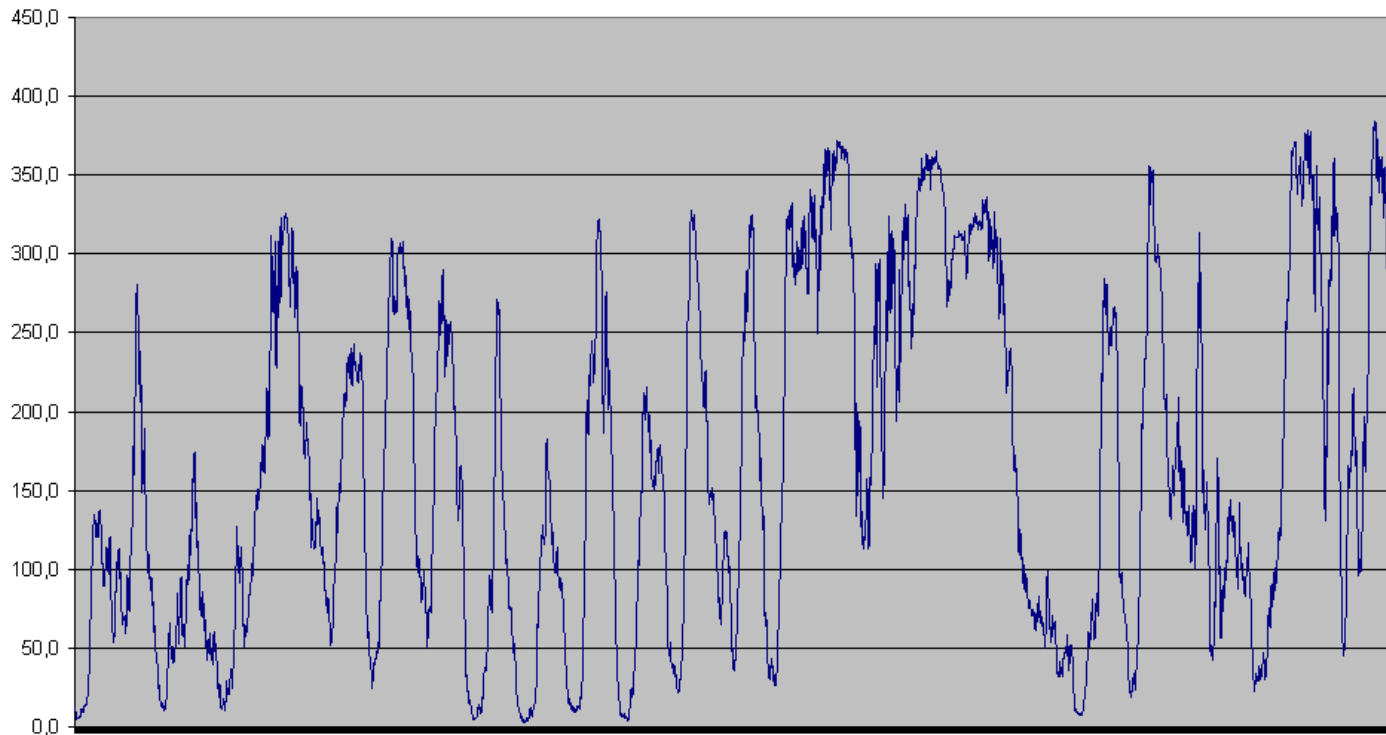
## Operación del sistema en presencia de importante generación eólica





# Variabilidad observada.

Variabilidad (del 8/8 al 3/9, 424MW)

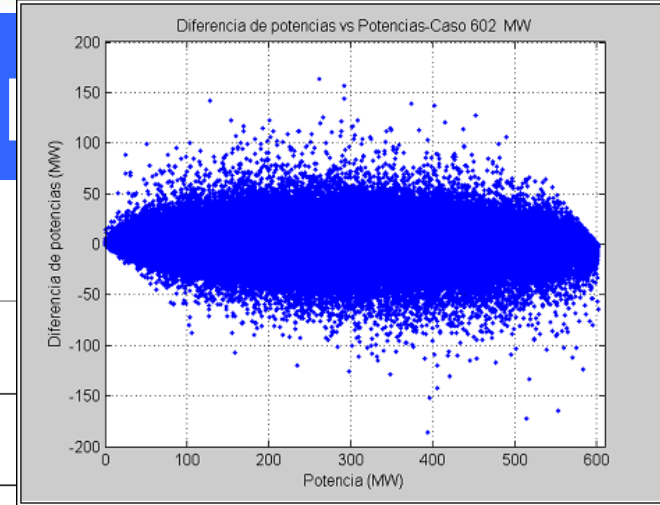
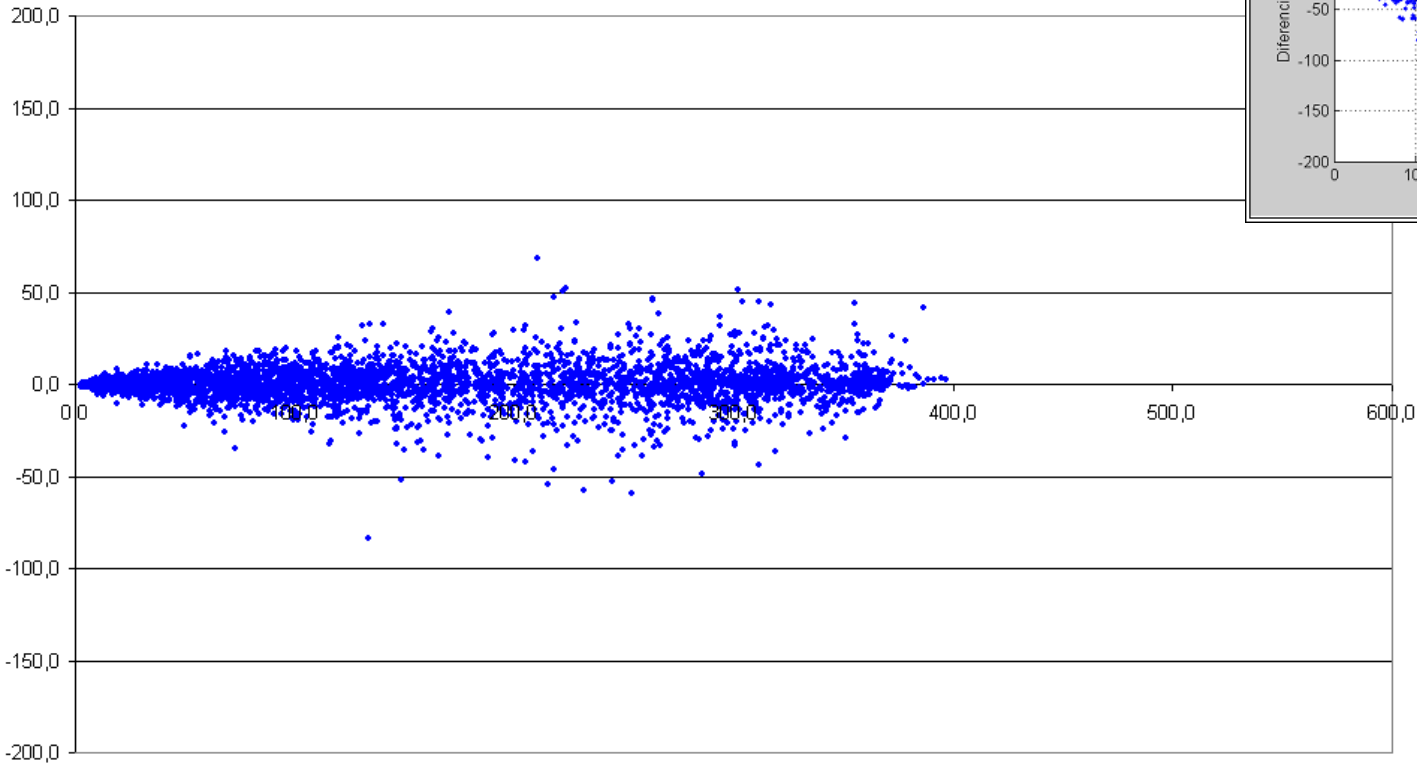


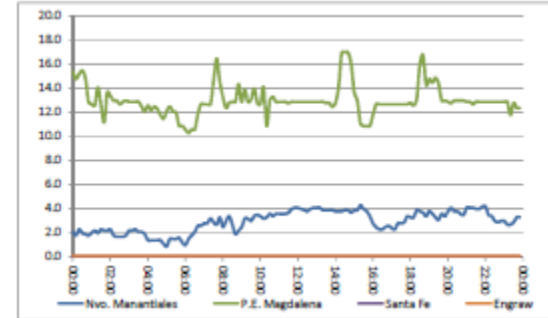
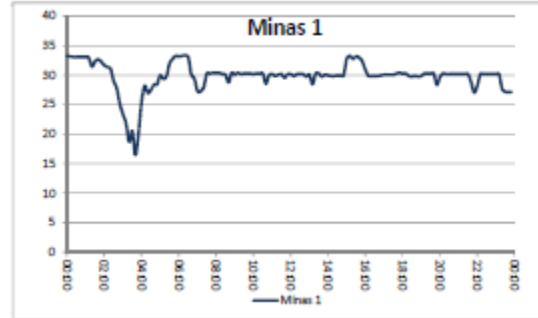
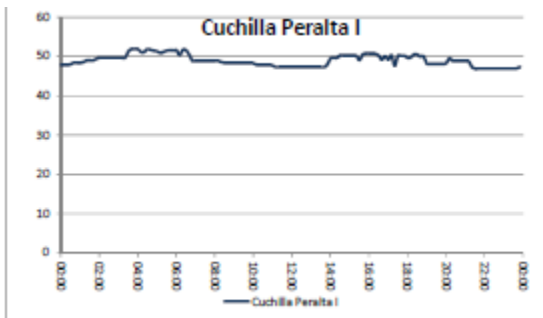
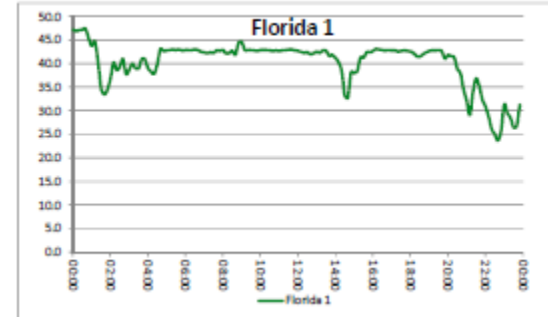
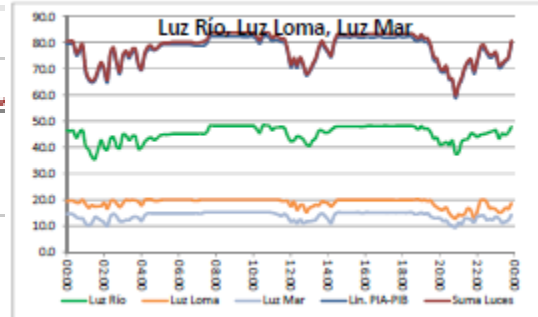
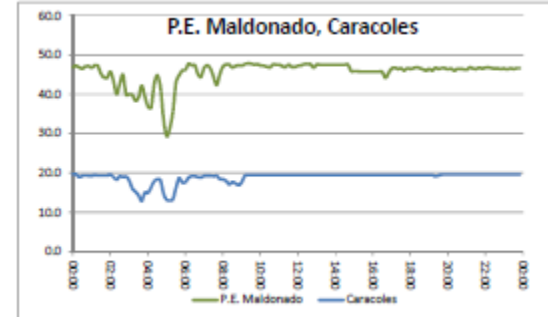
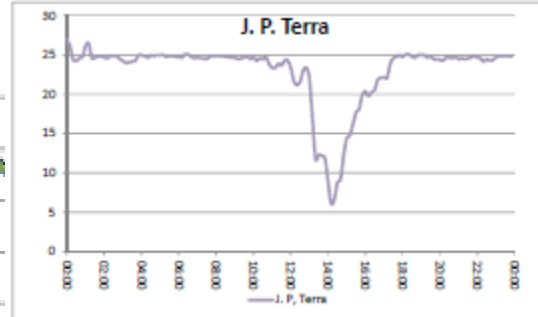
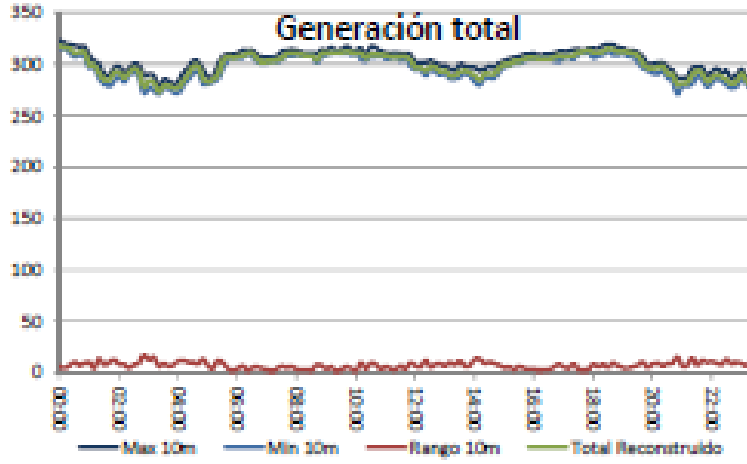




# Variabilidad obser

Variación diezminutal observada (del 8/8 al 3/9, 424 MW instalados)











# Integración de la generación eólica: ¿y luego?

centrales de bombeo

herramientas de gestión de la demanda

transporte eléctrico

Proyecto generación solar



