

Resultados proyecto PRONOS - Eólica.

Gabriel Cazes, Alejandro Gutiérrez Arce, Everton de Almeida



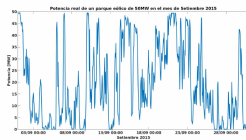
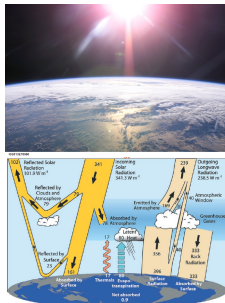
Contenido

- 1 Pronósticos de Energía Eólica en Uruguay.
- 2 Proyecto PRONOS.
- 3 Técnicas de pronóstico para disminuir incertidumbre

¿Porque pronósticos de energía eólica?

La radiación solar que llega a la superficie terrestre en media anual 341.3 W/m^2 .

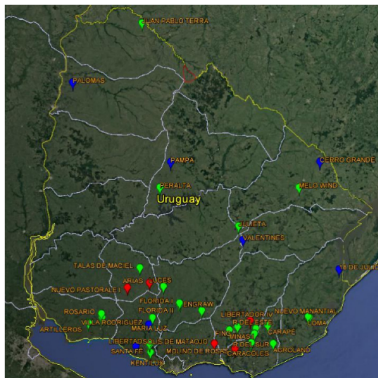
solo una pequeña porción se transforma en flujo de energía cinética (viento), que puede luego ser aprovechados por los aerogeneradores.



	2017	2018
	Pot-Inst (MW)	Pot-Inst (MW)
Hidro-Eléctrica	1538	1538
Térmica-Hidrocarburos	1695,6	1695,6
Térmica-Biomasa	250,1	250,1
Eólica	1351,1	1580,3
Solar	78,5	219,1
% Eólica	27,50%	29,91%
% Eólica y Solar	29,10%	34,06%

¿Porque pronósticos de energía eólica en Uruguay?

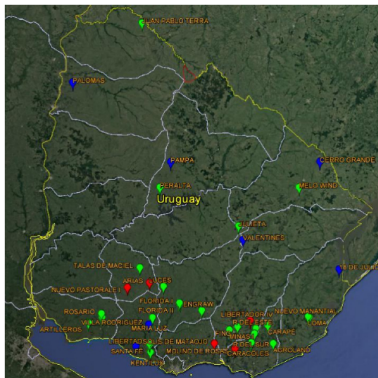
En las energías de flujo su valorización futura, los ingresos y egresos de divisas al país por importaciones y exportaciones así como las transacciones entre actores del sector energético, dependen de la información generada en tiempo real por los pronósticos, por eso la relevancia de los mismos. **ES ESTRATEGICO DISPONER DE PRONOSTICOS OPERATIVOS DESARROLLADOS A NIVEL NACIONAL.** Y es muy bueno tener varias fuentes de información dada la etapa de desarrollo de energía eólica en la que estamos.



Parque	Pot.Nom (MW)
CARACOL	20
KENTILUX	17.2
R DEL SUR	50
PERALTA	150
LUCES	88
FLORIDA I-II	100
JUAN PABLO TERRA	67.2
MINAS I	42
TALAS DE MACIEL	100
ARTILLEROS	65.1
MELO WIND	50
VENTUS I	9
LIBERTAD	7.7
CARAPE	90
SANTA FE	0.9
ENGRAV	3.6
AGROLAND	0.3
NUEVO MANANTIALES	4
LOMA	14
FING	0.15
ROSARIO	9
JULIETA	3.6
MARIA LUZ	9.75
R DEL ESTE	30
KITYU	45.6
VILLA RODRIGUEZ	10
CERRO GRANDE	50
PARQUE 18 DE JULIO	10
VALENTINES	70
PAMPA	140
PALOMAS	71
MOLINO DE ROSAS	50
NUEVO PASTORALE I	49.2
SOLIS DE MATAOJO	10
ARIAS	70
LIBERTADOR IV	50
TOTAL	1580.3

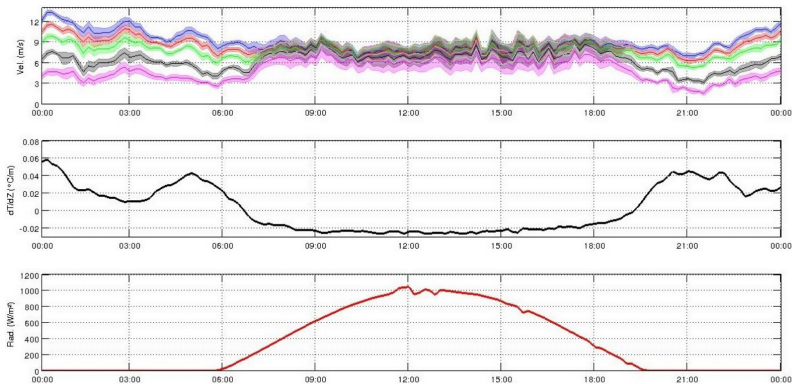
¿Porque pronósticos de energía eólica en Uruguay?

En las energías de flujo su valorización futura, los ingresos y egresos de divisas al país por importaciones y exportaciones así como las transacciones entre actores del sector energético, dependen de la información generada en tiempo real por los pronósticos, por eso la relevancia de los mismos. ES ESTRATEGICO DISPONER DE PRONÓSTICOS OPERATIVOS DESARROLLADOS A NIVEL NACIONAL. Y es muy bueno tener varias fuentes de información dada la etapa de desarrollo de energía eólica en la que estamos.

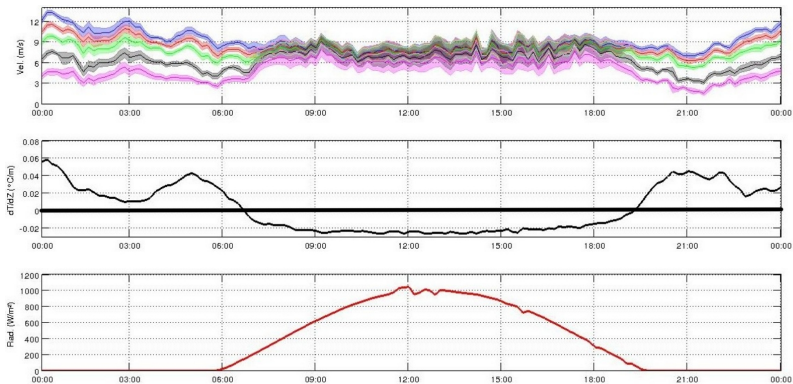


Parque	Pot.Nom (MW)
CARACOL	20
KENTILUX	17.2
R DEL SUR	50
PERALTA	150
LUCES	88
FLORIDA I-II	100
JUAN PABLO TERRA	67.2
MINAS I	42
TALAS DE MACIEL	100
ARTILLEROS	65.1
MIEL WIND	50
VENTUS I	9
LIBERTAD	7.7
CARAPE	90
SANTA FE	0.9
ENGRAV	3.6
AGROLAND	0.3
NUEVO MANANTIALES	4
LOMA	14
FING	0.15
ROSARIO	9
JULIETA	3.6
MARIA LUZ	9.75
R DEL ESTE	30
KITYU	45.6
VILLA RODRIGUEZ	10
CERRO GRANDE	50
PARQUE 18 DE JULIO	10
VALENTINES	70
PAMPA	140
PALOMAS	71
MOLINO DE ROSAS	50
NUEVO PASTORALE I	49.2
SOLIS DE MATAJOJO	10
ARIAS	70
LIBERTADOR IV	50
TOTAL	1580.3

Complementariedad de la energía eólica y solar



Complementariedad de la energía eólica y solar



Pronóstico de Energía eólica en Uruguay

- 2011.- ANII , FSE 2009, Desarrollo de herramientas de Predicción, de corta y muy corta duración de la Generación de Energía Eléctrica de origen eólico.
- 2012-2014.- ANII , FSE 2011 Fondo Sectorial de Energía-convocatoria 2011, FSE-1-2011-1-6562.
- 2012-2015.- **Convenio UTE FING: Implementación de un sistema de pronósticos de energía eólica a la red.**
- 2014-2015.- FSE 2013 FSE-1-2013-110975 “Aplicación de herramientas de HPC, ..., plantas fotovoltaicas.
- 2015.- Convenio de pasantías Unipampa-UdelaR.
Desenvolvimento de um sistema híbrido de previsão de energia eólica para os parques eólicos do RS considerando diferentes resoluções espaciais horizontais e modelos de camada limite planetária
- 2015-2017 **Convenio UTE FING: Sosténimiento y mejora de los productos operativos de pronóstico.**

Pronóstico de Energía eólica en Uruguay

- 2011.- ANII , FSE 2009, Desarrollo de herramientas de Predicción, de corta y muy corta duración de la Generación de Energía Eléctrica de origen eólico.
- 2012-2014.- ANII , FSE 2011 Fondo Sectorial de Energía-convocatoria 2011, FSE-1-2011-1-6562.
- 2012-2015.- **Convenio UTE FING: Implementación de un sistema de pronósticos de energía eólica a la red.**
- 2014-2015.- FSE 2013 FSE-1-2013-110975 “Aplicación de herramientas de HPC, ..., plantas fotovoltaicas.
- 2015.- Convenio de pasantías Unipampa-UdelaR.
Desenvolvimento de um sistema híbrido de previsão de energia eólica para os parques eólicos do RS considerando diferentes resoluções espaciais horizontais e modelos de camada limite planetária
- 2015-2017 **Convenio UTE FING: Sostenimiento y mejora de los productos operativos de pronóstico.**

Pronóstico de Energía eólica en Uruguay

- 2011.- ANII , FSE 2009, Desarrollo de herramientas de Predicción, de corta y muy corta duración de la Generación de Energía Eléctrica de origen eólico.
- 2012-2014.- ANII , FSE 2011 Fondo Sectorial de Energía-convocatoria 2011, FSE-1-2011-1-6562.
- 2012-2015.- **Convenio UTE FING: Implementación de un sistema de pronósticos de energía eólica a la red.**
- 2014-2015.- FSE 2013 FSE-1-2013-110975 “Aplicación de herramientas de HPC, ..., plantas fotovoltaicas.
- 2015.- Convenio de pasantías Unipampa-UdelaR.
Desenvolvimento de um sistema híbrido de previsão de energia eólica para os parques eólicos do RS considerando diferentes resoluções espaciais horizontais e modelos de camada limite planetária
- 2015-2017 **Convenio UTE FING: Sostenimiento y mejora de los productos operativos de pronóstico.**

Pronóstico de Energía eólica en Uruguay

- 2011.- ANII , FSE 2009, Desarrollo de herramientas de Predicción, de corta y muy corta duración de la Generación de Energía Eléctrica de origen eólico.
- 2012-2014.- ANII , FSE 2011 Fondo Sectorial de Energía-convocatoria 2011, FSE-1-2011-1-6562.
- 2012-2015.- **Convenio UTE FING: Implementación de un sistema de pronósticos de energía eólica a la red.**
- 2014-2015.- FSE 2013 FSE-1-2013-110975 “Aplicación de herramientas de HPC, ..., plantas fotovoltaicas.
- 2015.- Convenio de pasantías Unipampa-UdelaR.
Desenvolvimento de um sistema híbrido de previsão de energia eólica para os parques eólicos do RS considerando diferentes resoluções espaciais horizontais e modelos de camada limite planetária
- 2015-2017 **Convenio UTE FING: Sostenimiento y mejora de los productos operativos de pronóstico.**

Pronóstico de Energía eólica en Uruguay

- 2011.- ANII , FSE 2009, Desarrollo de herramientas de Predicción, de corta y muy corta duración de la Generación de Energía Eléctrica de origen eólico.
- 2012-2014.- ANII , FSE 2011 Fondo Sectorial de Energía-convocatoria 2011, FSE-1-2011-1-6562.
- 2012-2015.- **Convenio UTE FING: Implementación de un sistema de pronósticos de energía eólica a la red.**
- 2014-2015.- FSE 2013 FSE-1-2013-110975 “Aplicación de herramientas de HPC, ..., plantas fotovoltaicas.
- 2015.- Convenio de pasantías Unipampa-UdelaR.
Desenvolvimento de um sistema híbrido de previsão de energia eólica para os parques eólicos do RS considerando diferentes resoluções espaciais horizontais e modelos de camada limite planetária
- 2015-2017 **Convenio UTE FING: Sostenimiento y mejora de los productos operativos de pronóstico.**

Pronóstico de Energía eólica en Uruguay

- 2011.- ANII , FSE 2009, Desarrollo de herramientas de Predicción, de corta y muy corta duración de la Generación de Energía Eléctrica de origen eólico.
- 2012-2014.- ANII , FSE 2011 Fondo Sectorial de Energía-convocatoria 2011, FSE-1-2011-1-6562.
- 2012-2015.- **Convenio UTE FING: Implementación de un sistema de pronósticos de energía eólica a la red.**
- 2014-2015.- FSE 2013 FSE-1-2013-110975 “Aplicación de herramientas de HPC, ..., plantas fotovoltaicas.
- 2015.- Convenio de pasantías Unipampa-UdelaR.
Desenvolvimento de um sistema híbrido de previsão de energia eólica para os parques eólicos do RS considerando diferentes resoluções espaciais horizontais e modelos de camada limite planetária
- 2015-2017 **Convenio UTE FING: Sostenimiento y mejora de los productos operativos de pronóstico.**

Pronóstico de Energía eólica en Uruguay links

Todos los pronósticos de energía eólica generados para Uruguay por consultoras privadas internacionales y en Uruguay por instituciones publicas, son públicos:

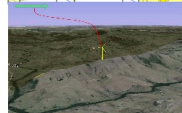
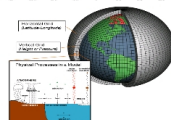
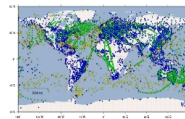
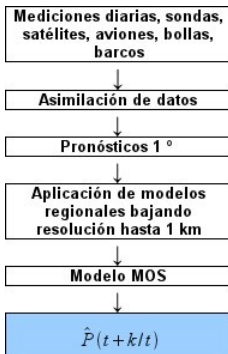
- [http : // www.ute.com.uy / SgePublico / ConsPrevGeneracioEolica.aspx](http://www.ute.com.uy/SgePublico/ConsPrevGeneracioEolica.aspx)
- [http : // pronos.adme.com.uy / svg /](http://pronos.adme.com.uy/svg/)
- [https : // www.fing.edu.uy / cluster / eolica /](https://www.fing.edu.uy/cluster/eolica/)

Proyecto PRONOS Objetivos en Energía Eólica.

- PT 2016- ADME-CAF-FJR-FING. Relevamiento de las estrategias de pronóstico
- PT 2017 ADME-CAF-FJR-FING. Evaluación de técnicas incertidumbres en función de distintos horizontes de pronóstico.

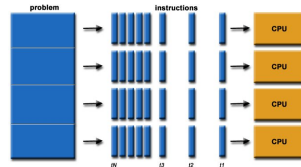
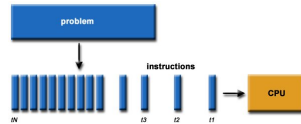
Pronósticos de Energía Eólica.

00:00 GMT — 06:00 GMT — 12:00 GMT — 18:00 GMT



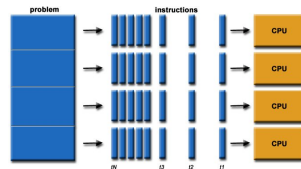
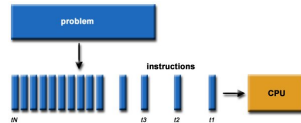
High Performance Computing HPC

- Computación de alto desempeño, los modelos deben tener en cuenta la condición de la máxima capacidad de cálculo disponible.
- OpenMP
- Cluster -FING.

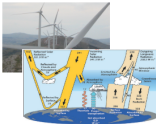
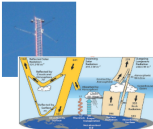
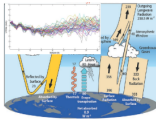
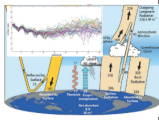


High Performance Computing HPC

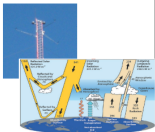
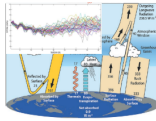
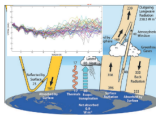
- Computación de alto desempeño, los modelos deben tener en cuenta la condición de la máxima capacidad de cálculo disponible.
- OpenMP
- Cluster -FING.



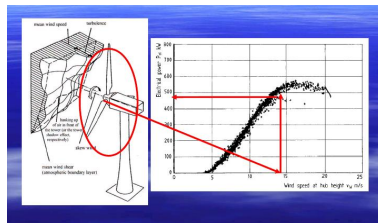
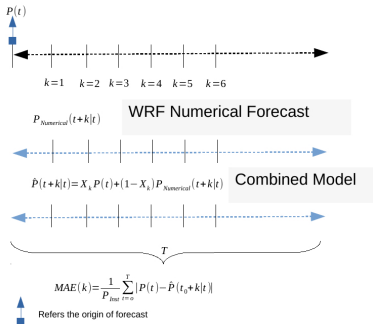
Herramientas en función del horizonte de pronóstico.

Horizonte	Hasta 6 horas	Hasta 12 horas	Hasta 72 horas	Hasta 240 horas
Herramienta	Medidas de velocidad de viento asimiladas en modelos de circulación atmosférica de mesoescala	Potencia real asimilada combinada con modelos de circulación atmosférica de mesoescala	Modelos de circulación atmosférica de mesoescala	Modelos de circulación atmosférica de mesoescala
Frecuencia de disponibilidad posible	Cada una hora	Cada 6 horas	Cada 6 horas	Una vez al día aunque es posible cada 6 horas
				

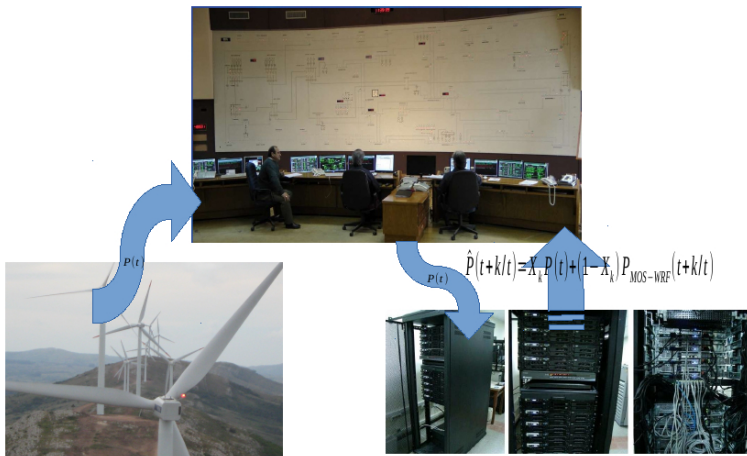
Hasta un horizonte de pronóstico $k=6$ horas

Horizonte	Hasta 6 horas	Hasta 12 horas	Hasta 72 horas	Hasta 240 horas
Herramienta	Medidas de velocidad de viento asimiladas en modelos de circulación atmosférica de mesoescala	Potencia real asimilada combinada con modelos de circulación atmosférica de mesoescala	Modelos de circulación atmosférica de mesoescala	Modelos de circulación atmosférica de mesoescala
Frecuencia de disponibilidad posible	Cada una hora	Cada 6 horas	Cada 6 horas	Una vez al día aunque es posible cada 6 horas
				

Horizonte de pronóstico hasta 6 horas. Asimilación de Potencia.

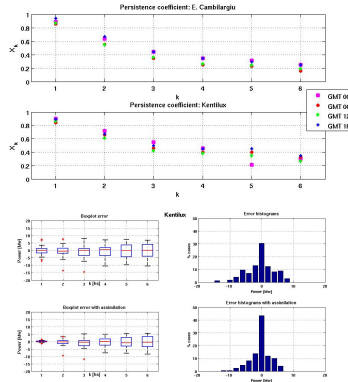


Horizonte de pronóstico hasta 6 horas, considerar la potencia real $P(t)$.



Horizonte de pronóstico hasta 6 horas.

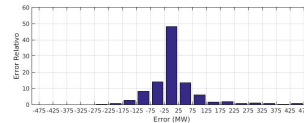
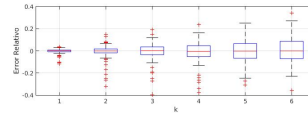
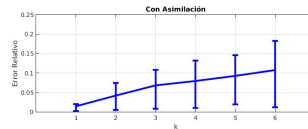
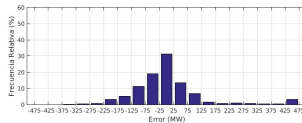
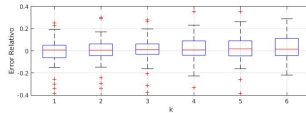
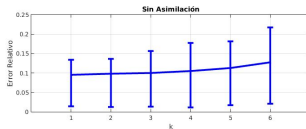
$$\hat{P}(t + k|t) = X_k P(t) + (1 - X_k) P_{num-atmos}(t + k|t)$$



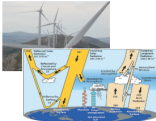
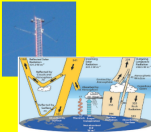
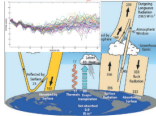
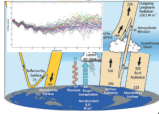
Horizonte de pronóstico hasta 6 horas.

$$\hat{P}(t+k|t) = X_k P(t) + (1 - X_k) P_{num-atmos}(t+k|t)$$

Potencia considerada 793.4 MW

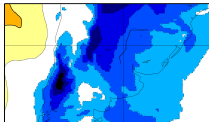


Hasta un horizonte de pronóstico $k=12$ horas

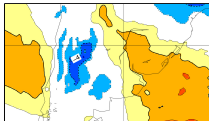
Horizonte	Hasta 6 horas	Hasta 12 horas	Hasta 72 horas	Hasta 240 horas
Herramienta	Medidas de velocidad de viento asimiladas en modelos de circulación atmosférica de mesoescala	Potencia real asimilada combinada con modelos de circulación atmosférica de mesoescala	Modelos de circulación atmosférica de mesoescala	Modelos de circulación atmosférica de mesoescala
Frecuencia de disponibilidad posible	Cada una hora	Cada 6 horas	Cada 6 horas	Una vez al día aunque es posible cada 6 horas
				

Horizonte de pronóstico hasta 12 horas.

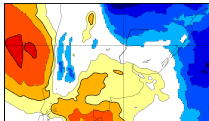
primer Cluster, djf, 0:00 UY



segundo Cluster

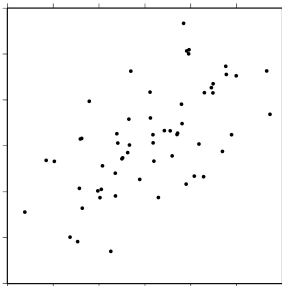


tercer Cluster

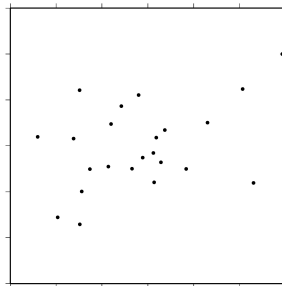


Horizonte de pronóstico hasta 12 horas.

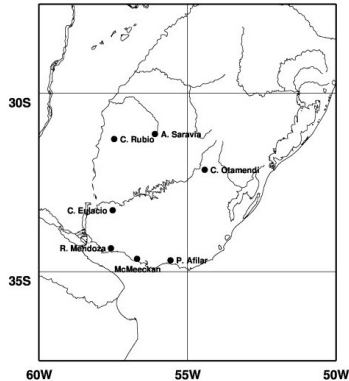
Scatter plot pred. vs obs. Anem. Peralta, clusters 1 y 2



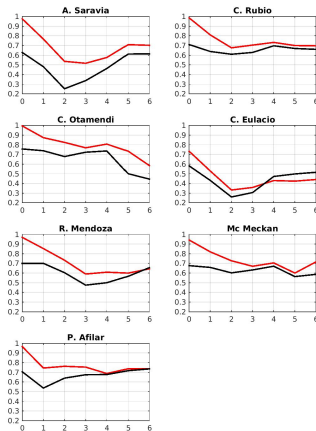
Idem cluster 3



Horizonte de pronóstico hasta 12 horas.

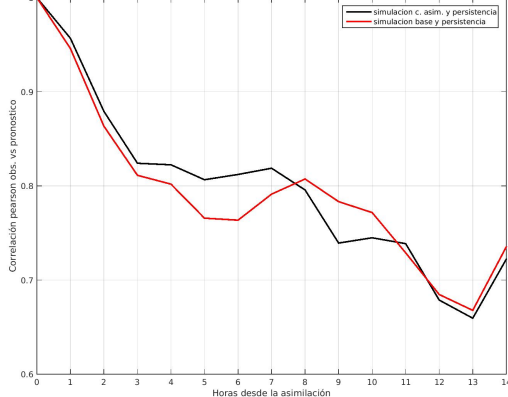


Horizonte de pronóstico hasta 12 horas.



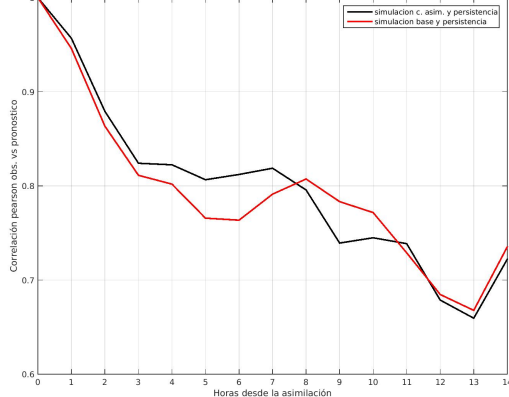
Horizonte de pronóstico hasta 12 horas.

Media CRu, ASa, COT, RMe, MMk, PAF; asimilacion a las 18:00Uy, simulacion base desde 12:00GMT, DJF 2014-15

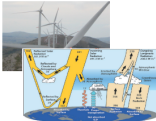
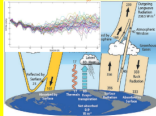
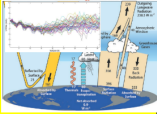


Horizonte de pronóstico hasta 12 horas.

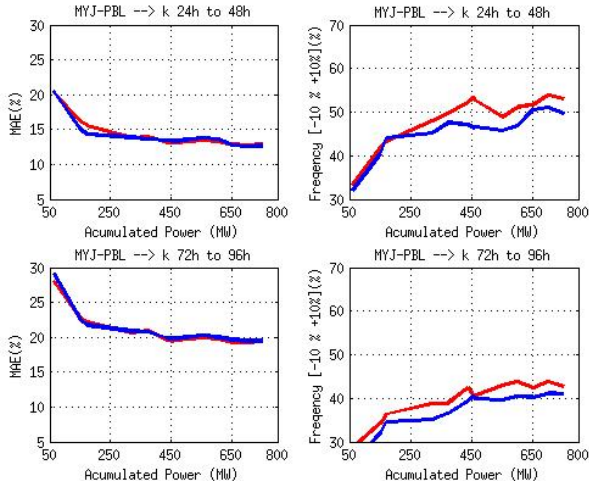
Media CRu, ASa, COT, RMe, MMk, PAF; asimilacion a las 18:00Uy, simulacion base desde 12:00GMT, DJF 2014-15



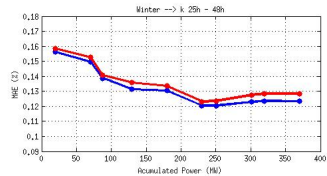
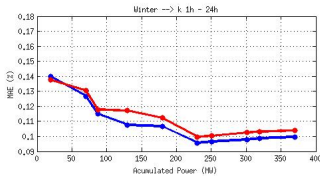
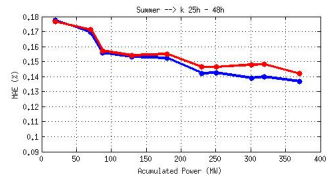
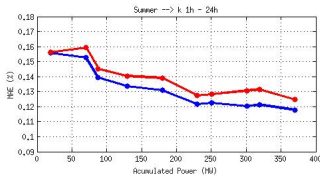
Horizonte de pronóstico k=96 horas

Horizonte	Hasta 6 horas	Hasta 12 horas	Hasta 72 horas	Hasta 240 horas
Herramienta	Medidas de velocidad de viento asimiladas en modelos de circulación atmosférica de mesoescala	Potencia real asimilada combinada con modelos de circulación atmosférica de mesoescala	Modelos de circulación atmosférica de mesoescala	Modelos de circulación atmosférica de mesoescala
Frecuencia de disponibilidad posible	Cada una hora	Cada 6 horas	Cada 6 horas	Una vez al día aunque es posible cada 6 horas
				

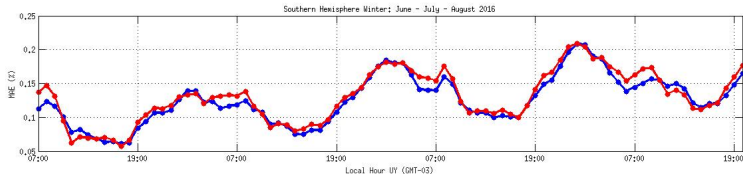
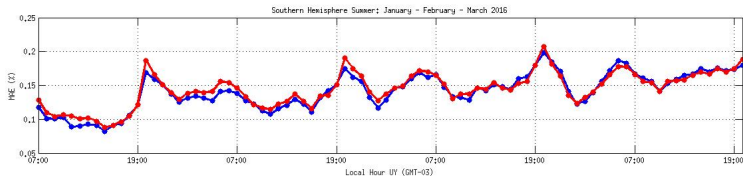
Horizonte de pronóstico hasta 96 horas Enero 2016.



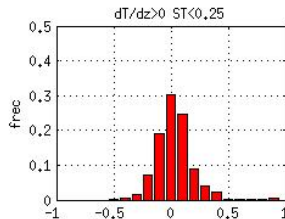
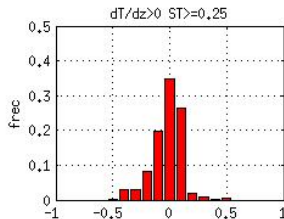
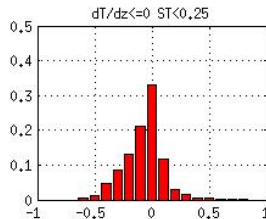
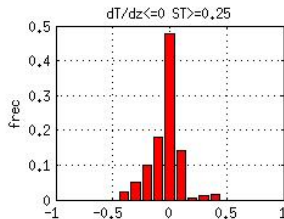
Horizonte de pronóstico hasta 48 horas estacionalidad 2016.



Horizonte de pronóstico hasta 96 horas ciclo diario.



Horizonte de pronóstico hasta 96 horas ciclo diario y Pronóstico de Conjuntos.

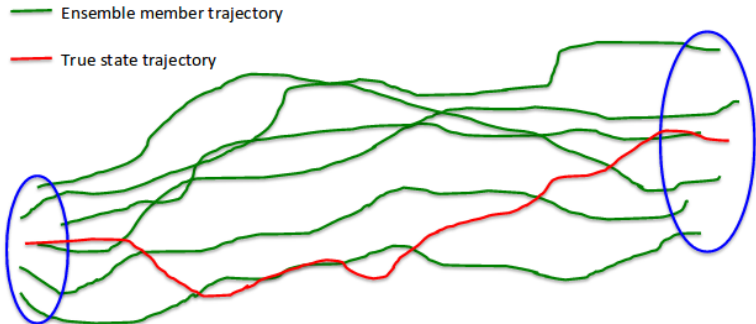


Sistema de pronóstico por conjuntos

¿Qué es el SPC ?

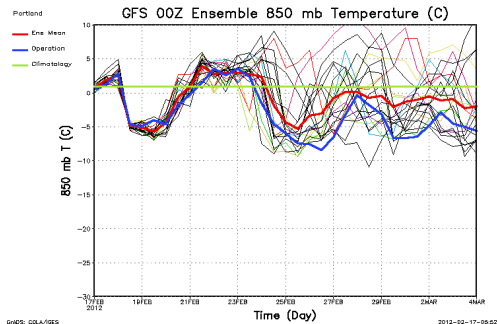
- Conjunto de pronósticos individuales con condiciones iniciales distintas, que permiten incluir información acerca del nivel de incertidumbre.
- Múltiples pronósticos $>$ confiabilidad

Sistema de pronóstico por conjuntos



Sistema de pronóstico por conjuntos

- Características del comportamiento de la atmósfera (caótica).
- Capturar las probabilidades de que se produzca determinado evento meteorológico (incertidumbre).
- “Medición” de la sensibilidad a las condiciones iniciales.



Sistema de pronóstico por conjuntos

Fuentes de errores.

- Condiciones Iniciales.
- Física del los modelo numéricos (parametrizaciones).
- Dinámica de los modelos numéricos.

Sistema de pronóstico por conjuntos

História Desarrollo de la Computación de Alto Desempeño.

- ECMWF, Europa, 1992. 50 miembros.
- NWS, EEUU, 2005. 21 miembros.
- AEMET, España, 2014.
- CPTEC Brasil 2001. 15 miembros.

Sistema de pronóstico por conjuntos

Tipos de SPC

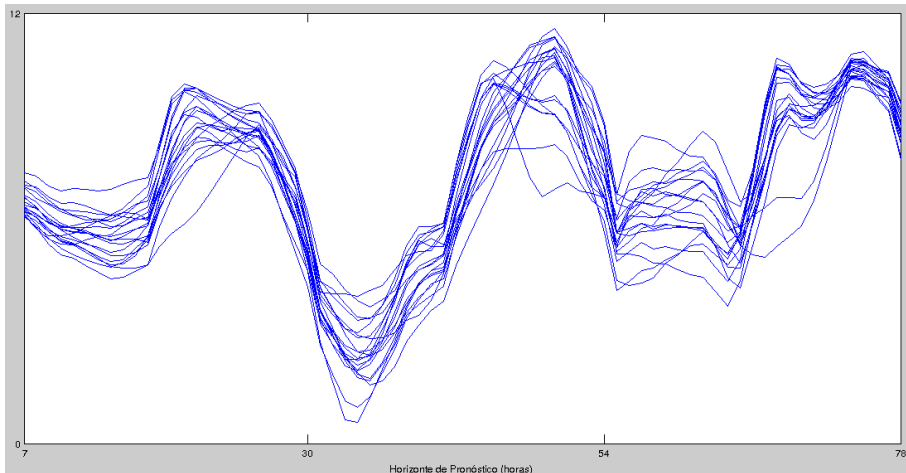
- Condiciones Iniciales (errores potenciales más importantes).
- Parametrizaciones Físicas.
- Escala de Modelo (horizontal y vertical).

Disponibilidad de productos de pronósticos de conjuntos.

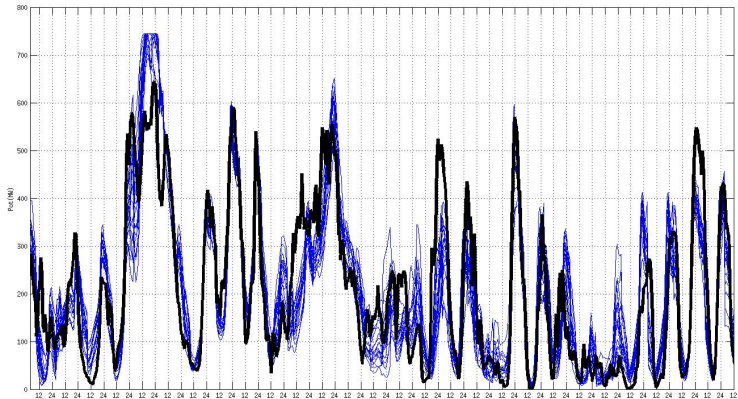
Pronósticos de conjuntos ECMWF, CPETEC, NOAA,

- [http : / / www . ecmwf . int / sites / default / files / elibrary / 2012 / 14557 — ecmwf — ensemble — prediction — system . pdf](http://www.ecmwf.int/sites/default/files/elibrary/2012/14557-ecmwf-ensemble-prediction-system.pdf)
- [https : / / www . ncdc . noaa . gov / data — access / model — data / model — datasets / global — ensemble — forecast — system — gefs](https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/model-data/model-datasets/global-ensemble-forecast-system-gefs)
- [http : / / previsaonumerica . cptec . inpe . br / rpnum / ensemble / exp / index . pdf](http://previsaonumerica.cptec.inpe.br/rpnum/ensemble/exp/index.pdf)

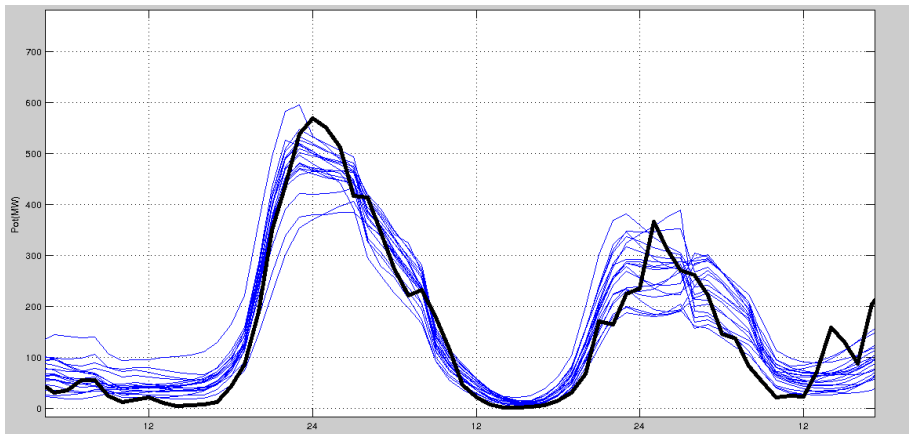
Ejemplo de uso de 20 conjuntos horizonte 96 horas velocidad m/s en Pampa



Pronóstico de Potencia Eólica.



Pronóstico de Potencia Eólica.



Muchas Gracias !!!

Muchas Gracias !!!

"Hay único lugar donde ayer y hoy se encuentran se reconocen y se abrazan. Ese lugar es mañana." E. Galeano.

