



# Utilización de la energía eólica en Uruguay

Ventura Nunes  
Grupo de Trabajo en Energías Renovables  
Facultad de Ingeniería, UDELAR

***Ciudad del Este, 14 de abril de 2011***

## Grupo de Trabajo en Energías Renovables

El Grupo de Trabajo en Energías Renovables (GTER) está constituido por docentes de los Institutos de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental y de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería con participación, dependiendo del proyecto, de docentes de otros Institutos de la Facultad y de otras Facultades de la UDELAR. Ha realizado trabajos de investigación y desarrollo en los últimos veinte años. En la actualidad, es considerado como una referencia nacional en esta temática.

En ese lapso, se han llevado a cabo estudios pioneros en el país y en la región sobre la utilización de la energía eólica, la solar fotovoltaica y la minihidráulica para la generación de electricidad, tanto en gran escala como en aplicaciones autónomas en el medio rural aislado, y más recientemente, sobre la utilización de la energía solar térmica

# Introducción

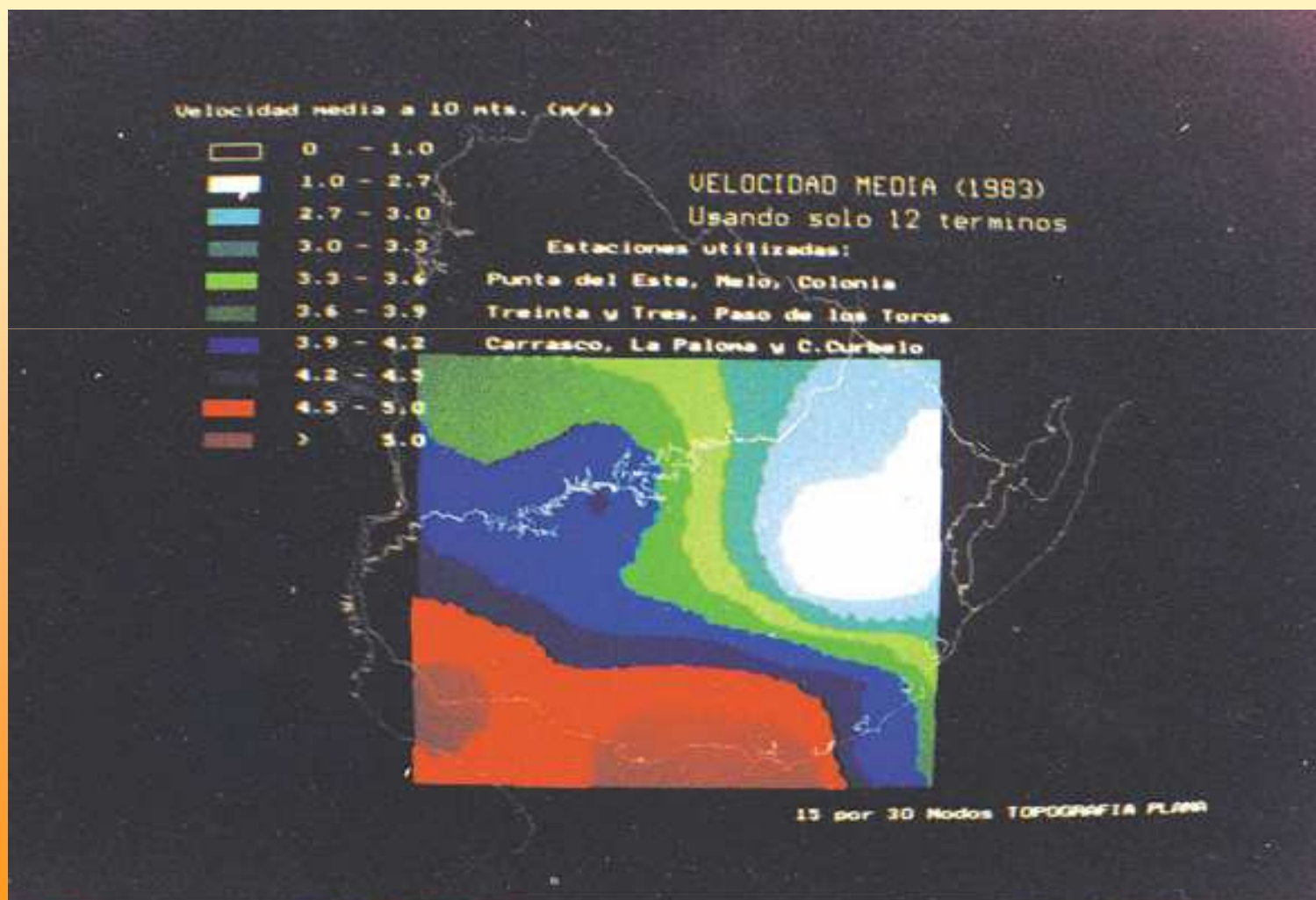
La Facultad de Ingeniería de la UDELAR ha desarrollado una larga e importante trayectoria en la utilización del recurso eólico para generación de electricidad.

A continuación, se señalan los hitos principales:

- Años 60': Mapa isoviento del país y primeros estudios
- Evaluación del recurso eólico del país: mapas de velocidad de viento y de factor de capacidad con distintos aerogeneradores, desarrollo de una metodología de evaluación con modelación numérica y física en túnel de viento y utilización del recurso en gran escala, escala industrial y en forma autónoma. Estos estudios y proyectos fueron financiados por convenios con UTE y empresas privadas, por los programas CONICYT-BID y PDT.

- Implementación de una instalación eólica piloto con un aerogenerador de 150 kW en el cerro Caracoles.
- Estudios para el Departamento de Montevideo: utilización de la energía eólica en plantas de saneamiento y estudio del potencial eólico para generación de energía eléctrica como parte de la formulación del plan estratégico de energía del Departamento.

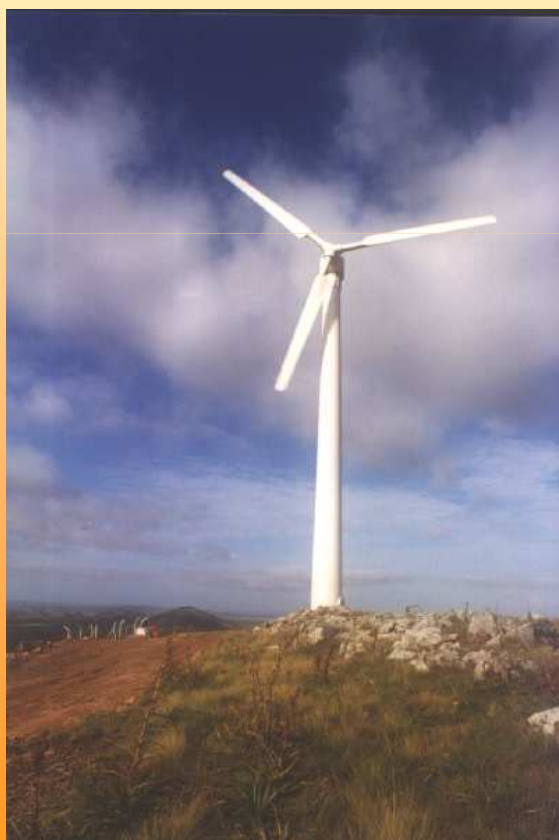
# Velocidad media para 1983



# Sitios modelados en la evaluación del potencial eólico nacional



# Aerogenerador Nordex 150 kW Cerro de los Caracoles





## Programa financiado por GEF- PNUD

El Programa de Energía Eólica de Uruguay está en ejecución desde 2007 en la Dirección Nacional de Energía. Comprende plan de mediciones, mapa de viento, identificación de sitios de centrales eólicas, identificación de capacidades nacionales y oportunidades de negocios, creación de un marco de política habilitadora, desarrollo de capacidades de negocios para preparar, implementar y beneficiarse de la tecnología de energía eólica dentro del modelo público y privado. Incluye además el diseño de un parque eólico que fue construido por UTE.

Una primera versión fue presentada por el GTER y luego fue reformulado por la Dirección Nacional de Energía estando a cargo del GTER la realización de la mayor parte de los estudios incluidos en el Programa.





# Mapa eólico de Uruguay

Se utilizó un modelo numérico de interpolación de datos de viento del tipo de conservación de masa, diseñado por integrantes del GTER. Emplea como datos los obtenidos en estaciones meteorológicas.

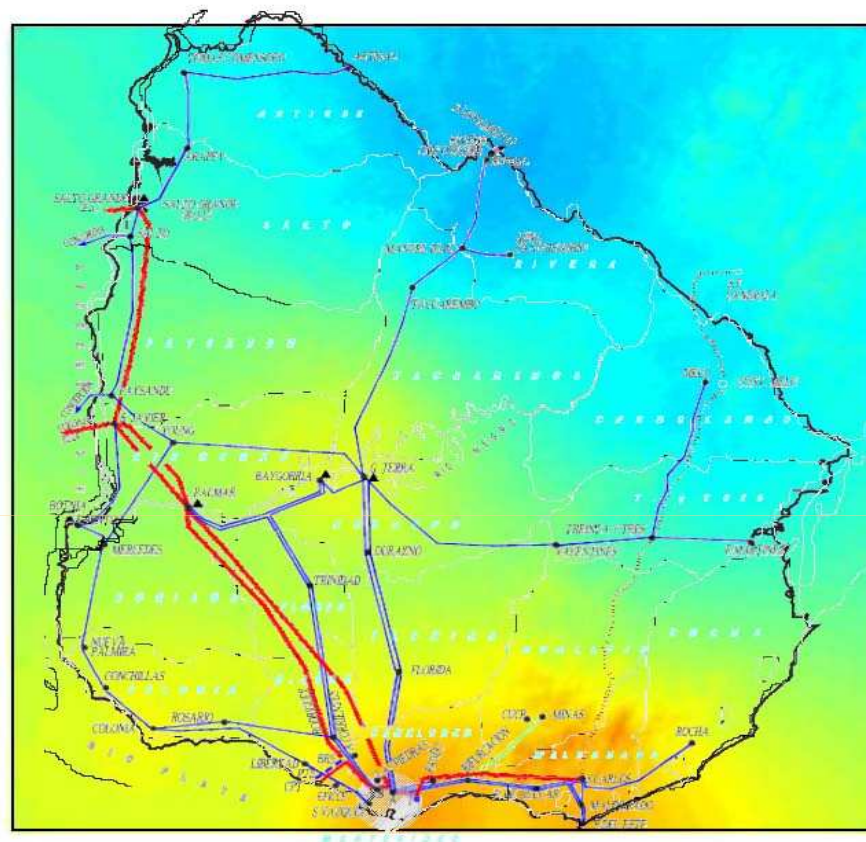
Hasta el momento y para las primeras versiones, se utilizaron mediciones de estaciones meteorológicas y mediciones realizadas por la empresa eléctrica nacional UTE que está realizando una extensa campaña como parte de su participación en la generación eólica. Asimismo, el Programa Eólico ha diseñado su propia campaña de mediciones que ha comenzado recientemente y cuyos resultados se emplearán en versiones posteriores del mapa eólico.

Asimismo, se utiliza información sobre la topografía del terreno.

- En la medida que el mapa eólico se deduce a partir de información meteorológica, la misma debe presentar una calidad que asegure la representatividad del mapa eólico. Esto significa que las series históricas no pueden presentar faltantes, deben ser simultáneas y ser consistentes entre sí. Para lograrlo, debe conducirse un análisis de calidad para lo cual debe analizarse cada estación tanto individualmente como integrando una base de datos.
- Entre los datos requeridos, a los efectos de vincular la velocidad del viento en el sitio de interés y en la estación meteorológica, se requiere información sobre la rugosidad del terreno aguas arriba tanto en el sitio de interés como en la estación meteorológica.
- El modelo toma como datos de entrada las series históricas medidas en cada estación, llevadas a una altura común y la rugosidad del suelo en cada una para todas las direcciones.

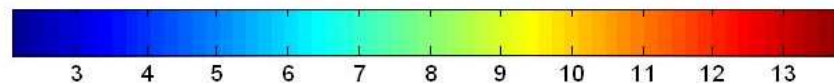
- A partir de las series históricas obtenidas en la confección del Mapa Eólico para cada punto, es posible realizar una caracterización del clima de vientos con vistas a determinar velocidad media anual, analizar la estadística del parámetro viento y, basado en tales resultados, analizar la operación de diferentes modelos de aerogeneradores, determinando la energía que generaría un parque eólico, el factor de capacidad que presentaría un aerogenerador y las emisiones que se evitarían por su utilización.
- A los efectos de tener una visión global del recurso eólico en la zona estudiada, se construyeron algunos indicadores tales como la velocidad media anual. A partir de este indicador, se obtuvieron, mapas con zonas de igual valor de velocidad media anual a distintas alturas: 30m, 60m y 90m.
- Otro indicador es el factor de capacidad. Se seleccionó un conjunto de aerogeneradores con curvas características más o menos sintonizadas con el recurso eólico evaluado y se calculó en cada sitio el factor de capacidad para cada aerogenerador operando en forma aislada. Se construyó el mapa de curvas de igual valor de factor de capacidad.

### Mapa de igual velocidad media anual y líneas de transmisión Altura 90m



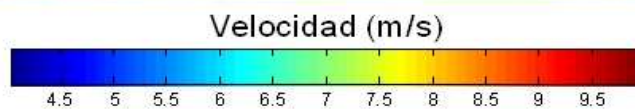
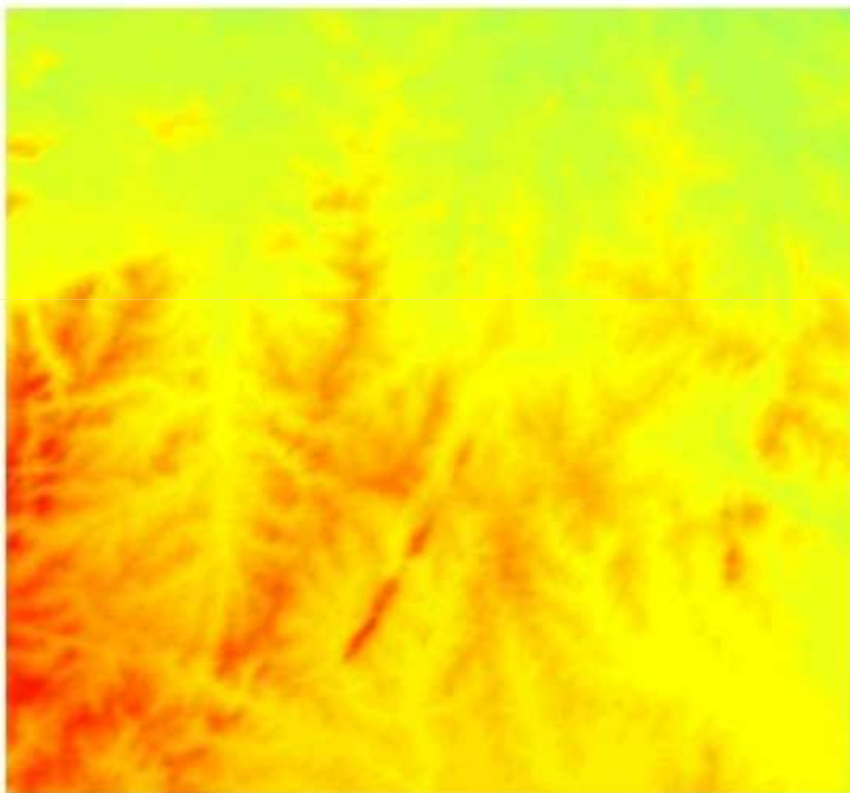
SITUACION	LINEAS DE TRASMISION				ESTACIONES TRANSFORM.	USINAS	
	500 kV	150 kV	110 kV	60kV		TERMICAS	HIJRAULICAS
EN SERVICIO	—	—	—	—	●	■	▲
EN OBRA	- - -	- - -	- - -	- - -	●	■	▲
EN PROYECTO	⋯	⋯	⋯	⋯	○	□	△

Velocidad (m/s)

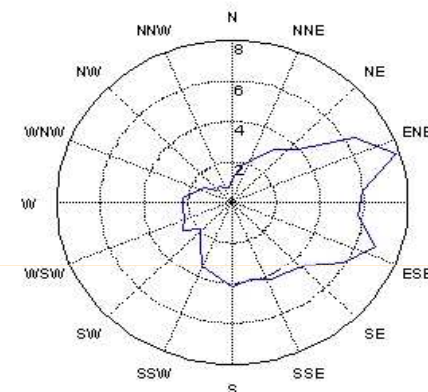


ZONA I8 - Altura: 90m

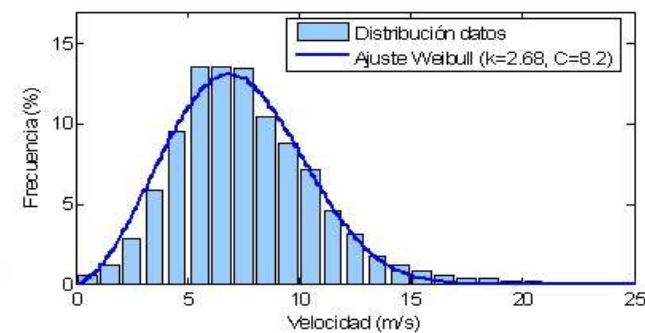
Velocidad media anual



Rosa de vientos

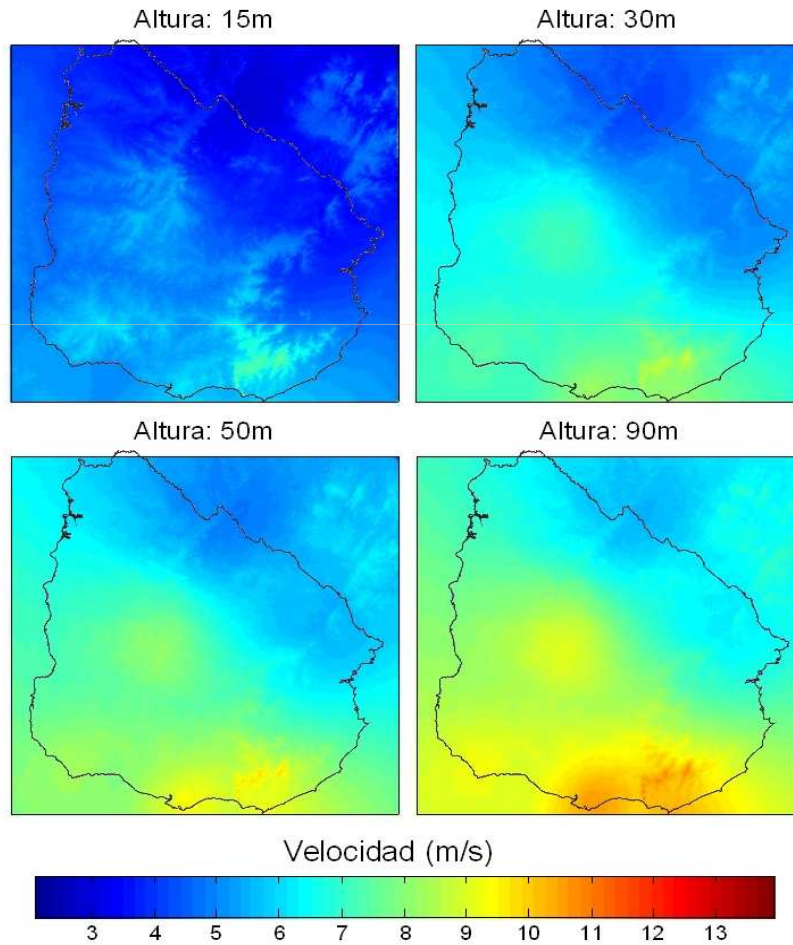


Histograma de velocidades

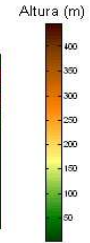
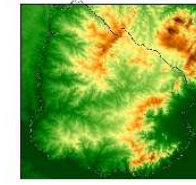


# MAPA EÓLICO DEL URUGUAY

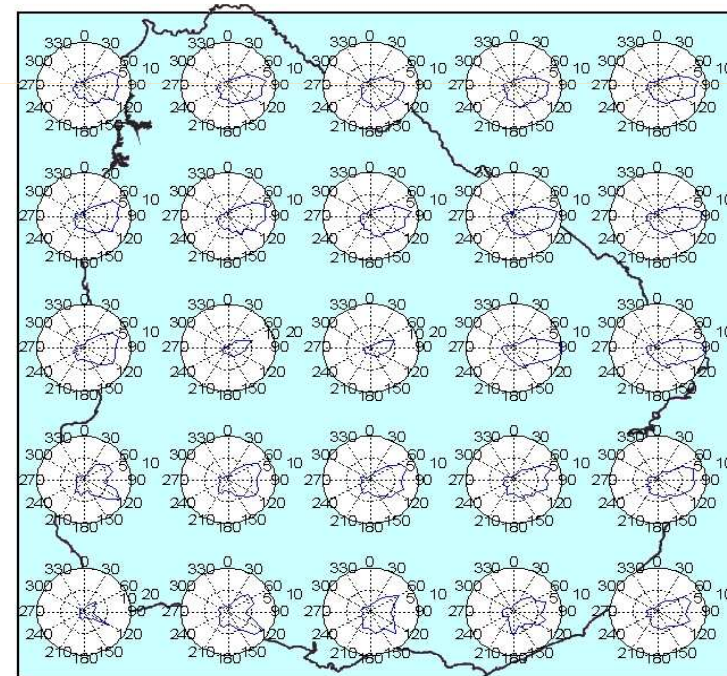
## Viento medio anual a distintas alturas



## Topografía



## Rosas de viento anual



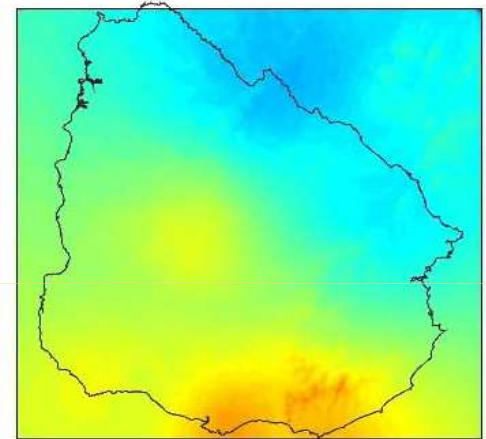
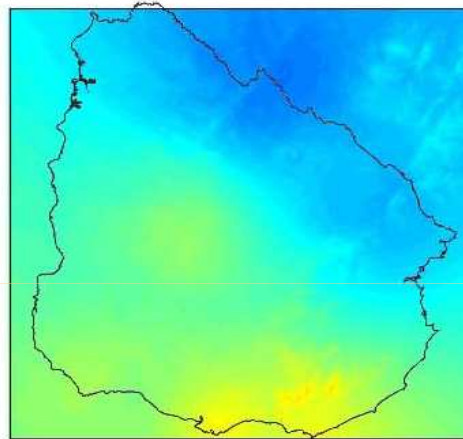
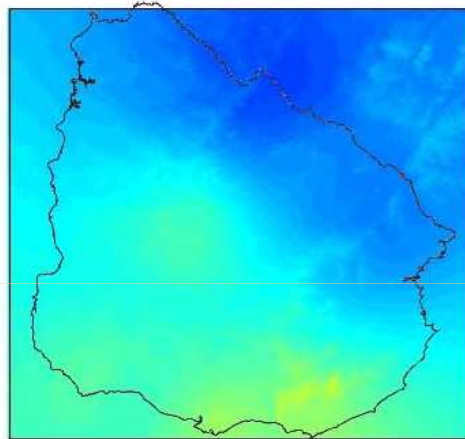
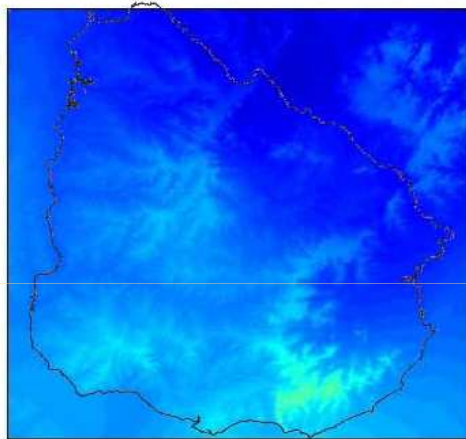
## Mapas de igual velocidad media anual

Altura: 15m

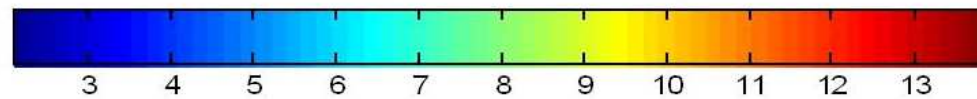
Altura: 30m

Altura: 50m

Altura: 90m



Velocidad (m/s)



## Parque Eólico de 10 MW

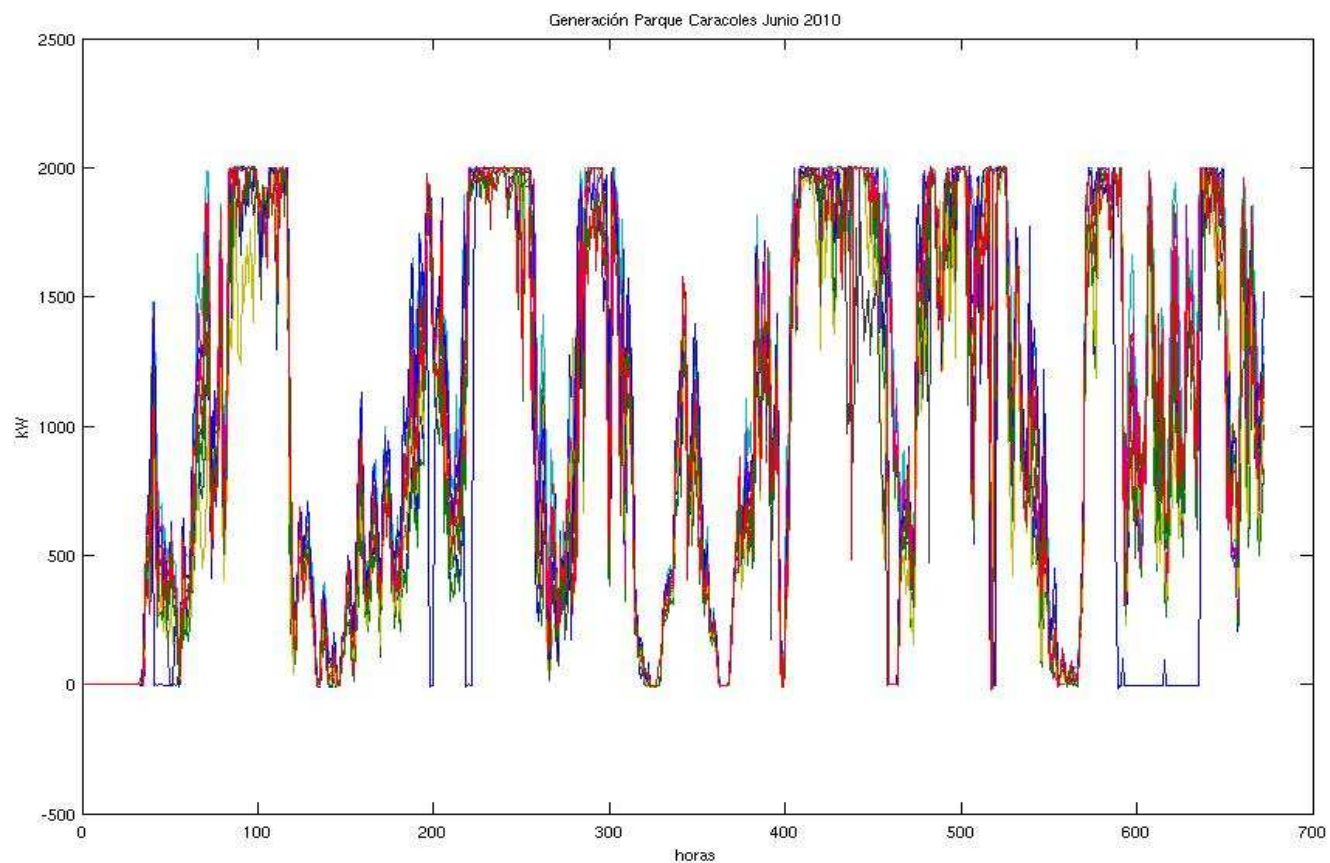
- Parque eólico propiedad de la empresa eléctrica nacional (UTE).
- Financiación: Programa de Conversión de Deuda de Uruguay frente a España, Proyectos de Inversiones Públicas Fase II ( 2005-2007 )
- La DNETN y el GTER participaron integrando el Comité de Asistencia Técnica al Comité Binacional.
- Posteriormente, UTE duplicó la potencia instalada y, en la actualidad, el parque es de 20 MW



# Parque eólico Ing. Cambilargiu



# Potencia Caracoles Junio 2010



## Decreto y llamados sobre Energías Renovables

Cumpliendo con un decreto del Poder Ejecutivo, se realizaron inicialmente dos llamados para compra de energía proveniente de fuentes renovables: eólica, minihidráulica y biomasa, que pueden considerarse como un periodo de aprendizaje poco exitoso en eólica.

Se recibieron ofertas por 68 MW de eólica y biomasa en el segundo llamado. Ya está instalado un pequeño parque eólico en el Departamento de Rocha y hay otros emprendimientos adjudicados que no se llegaron a concretar.

Presencia de numerosos inversores extranjeros interesados.

## Situación a principios de 2011

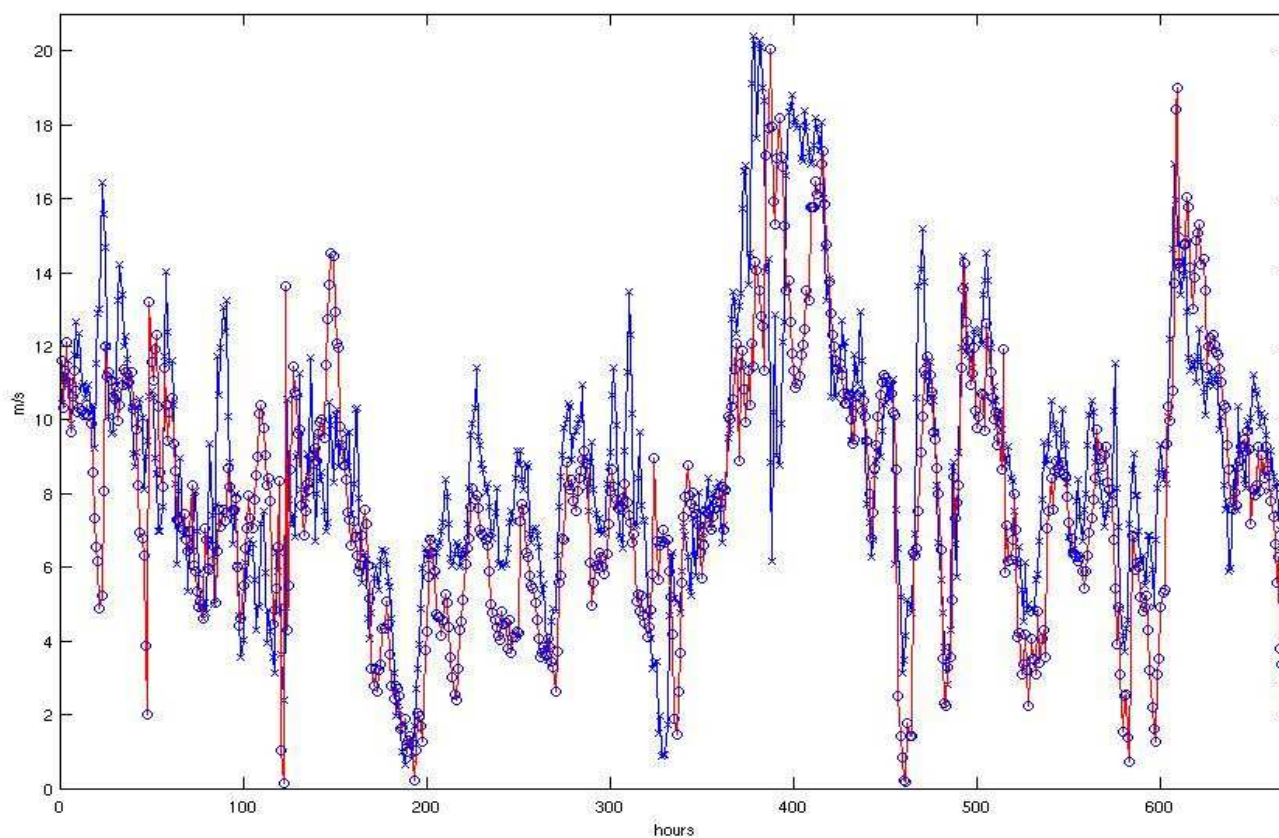
- Potencia instalada y en operación: 30.5 MW
- Parque eólico de 10 MW, instalado pero que aun no está en operación por problemas de conexión a la red
- Licitación de UTE para la compra de hasta 150 MW con 23 ofertas por un total de más de 900 MW. Los parques deberían tener una potencia mayor o igual a 30 MW y hasta 50MW. Ya fue adjudicada.
- Decreto autorizando la conexión a la red de baja tensión de microgeneración a partir de fuentes renovables en todo el país

- Nueva licitación análoga a la anterior para la compra de hasta 150 MW que será llamada en este mes.
- Dos nuevos proyectos de investigación del GTER financiados por ANII- FSE: descripción de eventos extremos de viento y predicción a corto plazo del recurso eólico.
- Implementación de la Maestría en Ingeniería de la Energía.

# Ofertas presentadas

OFERTA N°	EMPRESA	Potencia (MW)	CN (%)	P	CC	Pg	Pc
D21	Innovent (Venti)	50,0	42,50%	83,79	1,14	84,93 USD	81,16 USD
D1	Eurnekian (Fingano)	50,0	20,00%	80,53	4	84,53 USD	84,53 USD
D10	Teyma Tacuarembó (Palmatir)	50,0	22,00%	86,25	0,35	86,60 USD	86,26 USD
D4	Akuo Florida (Florida)	50,0	40,00%	90,25	0	90,25 USD	86,64 USD
D2	Efice	50,0	33,00%	89,7	0,06	89,76 USD	87,43 USD
D12	Ensol Florida	50,0	26,00%	88,75	0,1	88,85 USD	87,79 USD
D15	Serrato (Kital)	39,4	27,50%	88	2,4	90,40 USD	89,08 USD
D11	Ensol	50,0	26,00%	88,75	1,5	90,25 USD	89,19 USD
D16	Serrato (Kital)	48,0	27,50%	88	2,6	90,60 USD	89,28 USD
D13	Sowitec (Eolica Minas)	42,0	20,00%	89,74	0	89,74 USD	89,74 USD
D9	Teyma Pintado (Palmatir)	50,0	22,00%	93,39	0	93,39 USD	93,02 USD
D17	SEG (Aguas Leguas)	50,0	48,00%	94,98	0	94,98 USD	89,66 USD
D18	SEG (Aguas Leguas)	30,0	48,00%	95,2	0	95,20 USD	89,87 USD
D6	Akuo Lavalleja (Polesine)	30,0	20,00%	95,75	0	95,75 USD	95,75 USD
D5	Akuo San Jose (Polesine)	40,0	20,00%	97,25	0	97,25 USD	97,25 USD
D20	Eduinter (Jastiney)	30,6	29,00%	99,8	0	99,80 USD	98,00 USD
D22	Man Ferrostaal (Estrellada)	32,0	46,30%	101,5	0	101,50 USD	96,16 USD
D8	Fenirol (Ladaner)	50,0	20,00%	106,9	0	106,90 USD	106,90 USD
D7	Montelecnor/Enerfin	50,0	20,00%	104,98	2,92	107,90 USD	107,90 USD
D14	Sowitec (Eolica Minas)	41,4	20,00%	98,95	13,25	112,20 USD	112,20 USD
D3	CIEMSA/CSI (Astidey)	30,0	27,50%	118,33	0	118,33 USD	116,56 USD

# Predicción de velocidad a 24 horas en Caracoles setiembre 2009



# Predicción de dirección en Caracoles a 24 horas setiembre 2009

