



Desafíos Tecnológicos y Científicos de la Energía Eólica en Uruguay

José Cataldo

Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental - Facultad de Ingeniería-UDELAR



Mesa Redonda: Historia, Presente y Futuro de la Generación de Energía Eólica en Uruguay

Facultad de Ingeniería, Universidad de la República

Montevideo, Uruguay, 3 de setiembre de 2014.

Condiciones locales para el uso? Barreras? Motores?

- **Autóctona**
- **Disponible libremente en la naturaleza**
- **La entrada en operación se hace con la instalación de sólo una máquina.**
- **Compatible con la explotación agropecuaria.**
- **Tecnología en extremo simple.**
- **Fuerte consumidor de mano de obra.**
- **Oportunidad para el desarrollo de diferentes sectores industriales.**
- **Fuente limpia de muy bajo efecto sobre el ambiente**

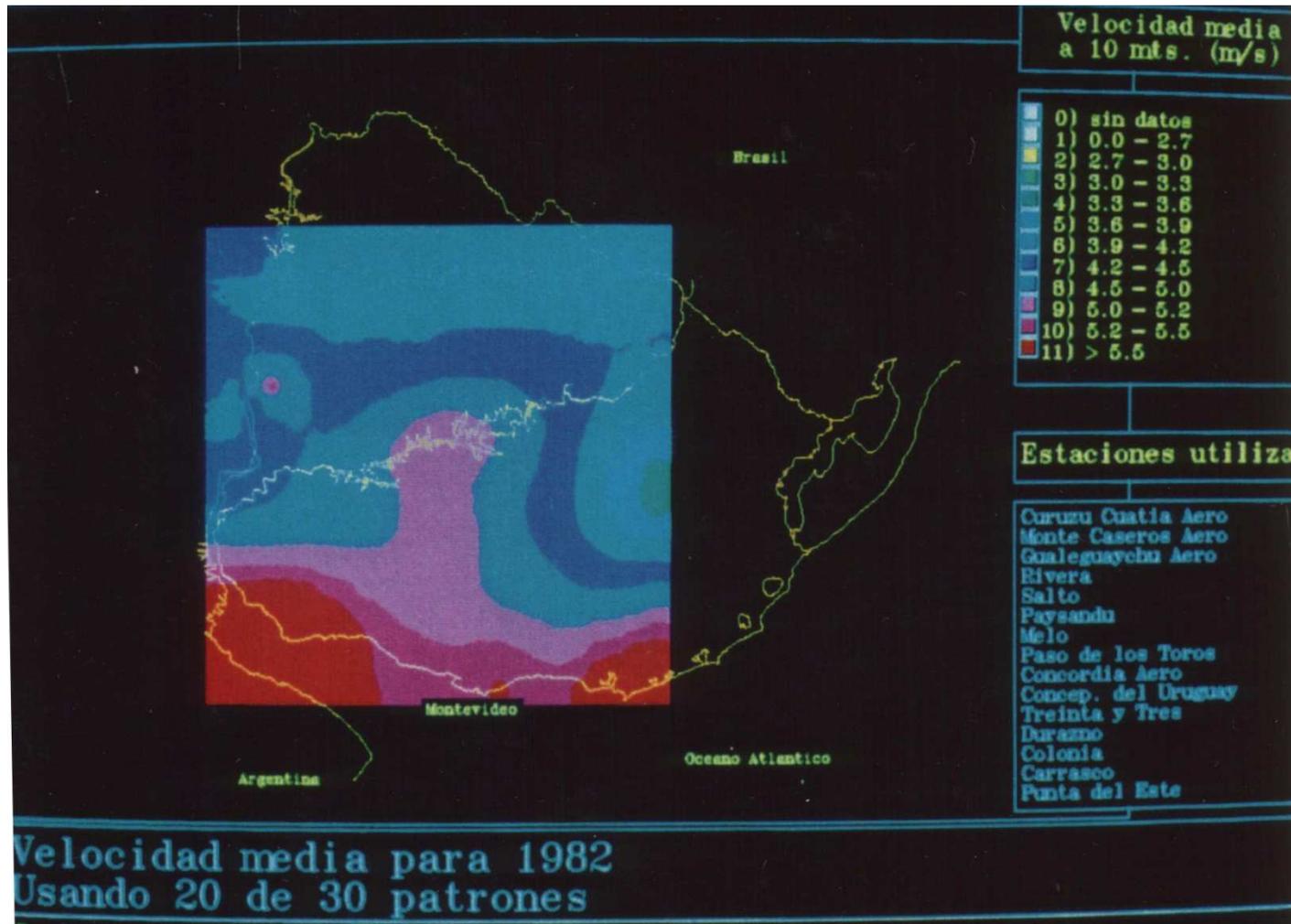
Proyectos desarrollados en Uruguay

- Evaluación del potencial eólico en Uruguay para su aprovechamiento a gran escala 1988 - 1990
 - Acuerdos con la Administración Nacional de Usinas y Transmisiones Eléctricas
 - Mapa eólico
 - Identificación de zonas de aprovechamiento
 - Sierra de los Caracoles, Sierras de las Ánimas, Sierras de Rocha, Cerro Largo, Cuchilla de Haedo

Potencial Eólico en el Uruguay –

Gran Escala

Mapa Eólico



Proyecto BID – CNICYT 1997 - 2000

Estudio de la factibilidad del suministro de energía de origen eólico al sistema eléctrico nacional: Implementación de una planta piloto

- **Medición en sitios remotos**
- **Especificación y compra**
- **Obras de infraestructura**
- **Instalación**
- **Operación**
- **Mantenimiento**
- **Ensayos**
 - **Curva Característica**
 - **Emisiones acústicas**



Evaluación y utilización de la energía eólica a nivel autónomo

- Acuerdos con la Administración Nacional de Usinas y Transmisiones Eléctricas 1991 – 1993

- Proyectos soportados por la Organización de Estados Americanos (Argentina, Paraguay, Peru, Uruguay) 2000 – 2008
 - Centros comunitarios: Salto, Cerro Largo
 - Emprendimientos productivos: Tacuarembó, Canelones, Rocha

- PROBIDES 1995
 - El Potrerillo



Laguna de Rocha



Serranías de Laureles

Proyectos con Intendencias Municipales

- **Maldonado**
 - Factibilidad de la instalación de aerogeneradores en el Paraje Las Rosas

- **Tacuarembó**
 - Desarrollo de las Energías Renovables y Eficiencia Energética en el Departamento de Tacuarembó: Caso de la Energía Eólica”(PDT-BID)

- **Montevideo**
 - Factibilidad de la instalación de aerogeneradores asociados con las plantas industriales del saneamiento de Montevideo.

 - Evaluación del Potencial Eólico en el Departamento de Montevideo.

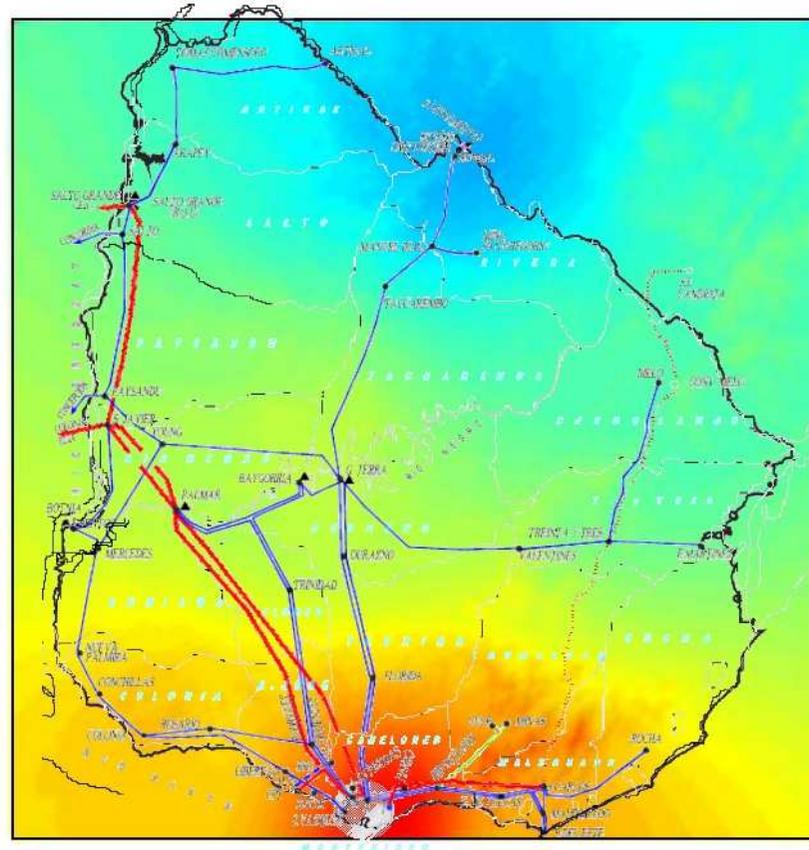
➤ **Proyectos a Escala Industrial**

- **ZONÁMERICA**
- **CONAPROLE**

➤ **Proyectos GEF**

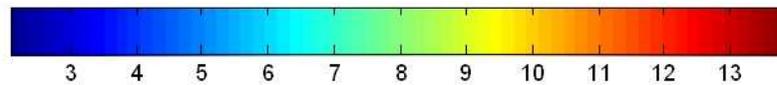
- **Integrante del Comité de Asistencia Técnica al Comité Binacional, Programa Conversión de la Deuda Externa de Uruguay frente a España en Proyectos de Inversiones Públicas Fase II (2005 – 2007)
Proyecto: Parque Eólico de 10 MW.**
- **Participante en la presentación de un Proyecto “ medium size”
“Programa de Energía Eólica en Uruguay” ante GEF- PNUD**
- **Participación en el Programa de Energía Eólica en Uruguay
(Proyecto URU/05/G31)**

Mapa de igual velocidad media anual y líneas de transmisión
Año 1984 – Altura 90m

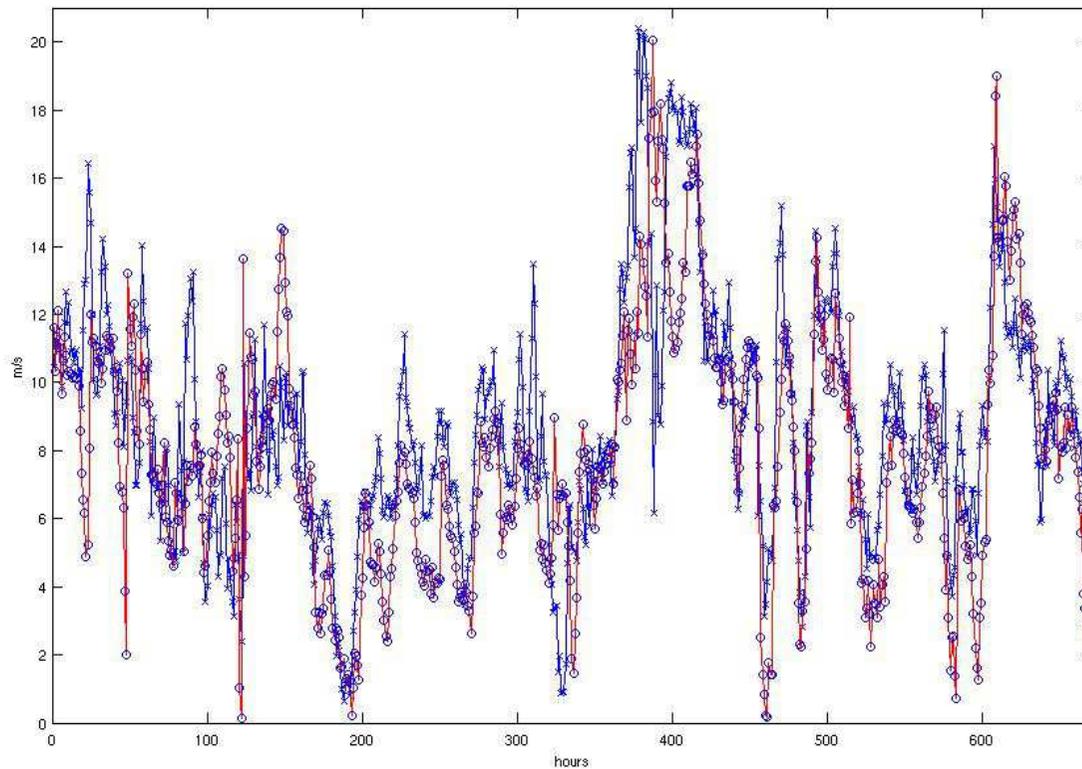


SITUACION	LINEAS DE TRASMISION				ESTACIONES TRANSFORM.	USINAS	
	500 kV	150 kV	110 kV	60kV		TERMICAS	HIDRAULICAS
EN SERVICIO	—	—	—	—	●	■	▲
EN OBRA	- - -	- - -	- - -	- - -	⊙	□	△
EN PROYECTO	⋯	⋯	⋯	⋯	○	□	△

Velocidad (m/s)

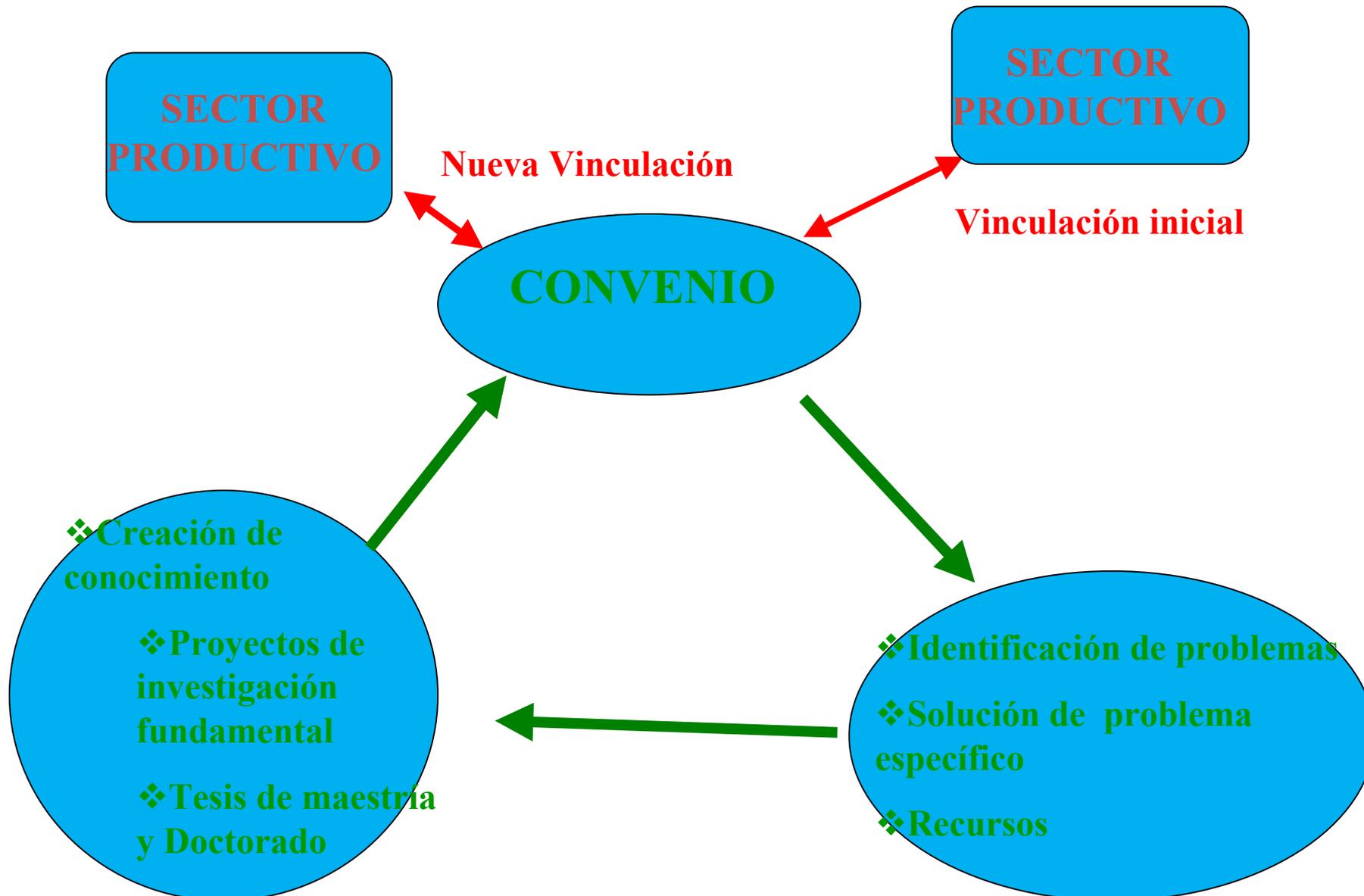


FSE_2010_29 Desarrollo de herramientas de Predicción, de corta y muy corta duración (2 a 48 horas) de la Generación de Energía Eléctrica de origen eólico.



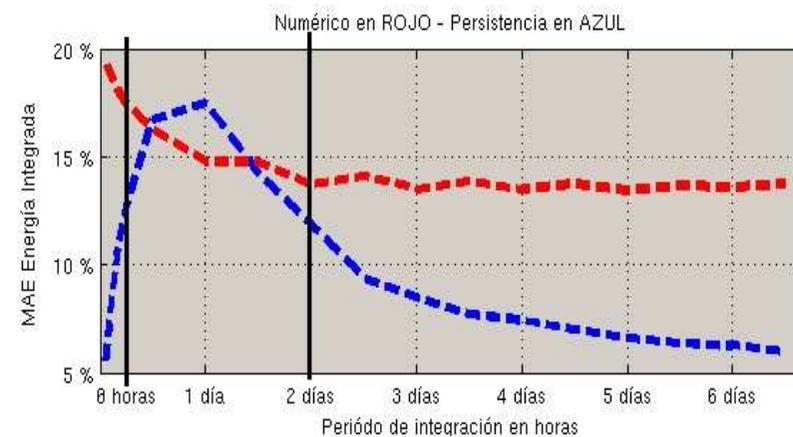
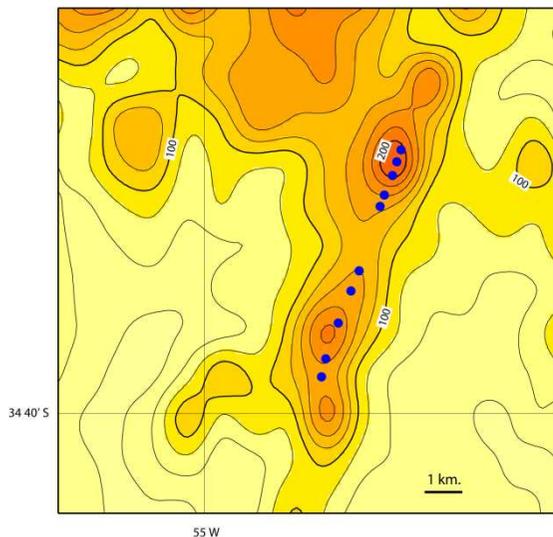
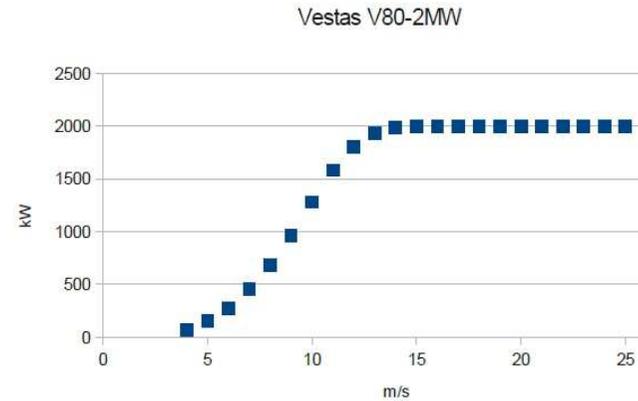
**Desarrollo de
herramientas para la
predicción del recuso
eólico**

Esquema de Desarrollo



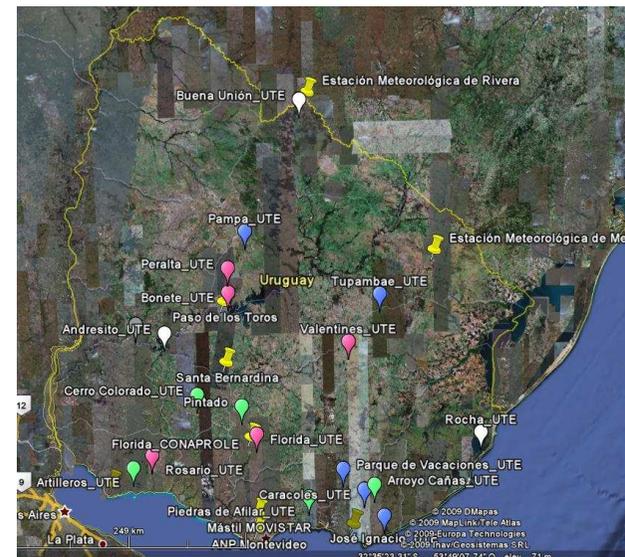
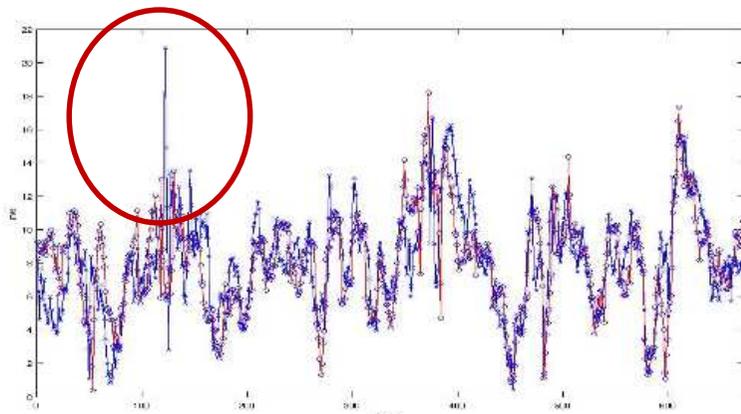
Acuerdo con UTE

- Desarrollo del pronóstico operativo de la generación eólica
- Disponibilidad de los pronósticos eólicos diariamente en el Despacho Nacional de Cargas.
- Capacitar a las personas que manejaran la información de los pronósticos.
- Desarrollar un ámbito de trabajo conjunto UTE-FING



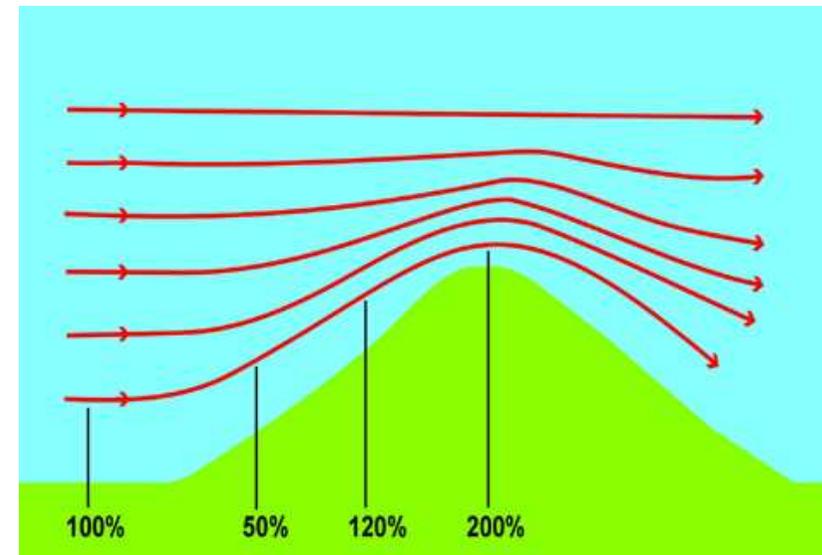
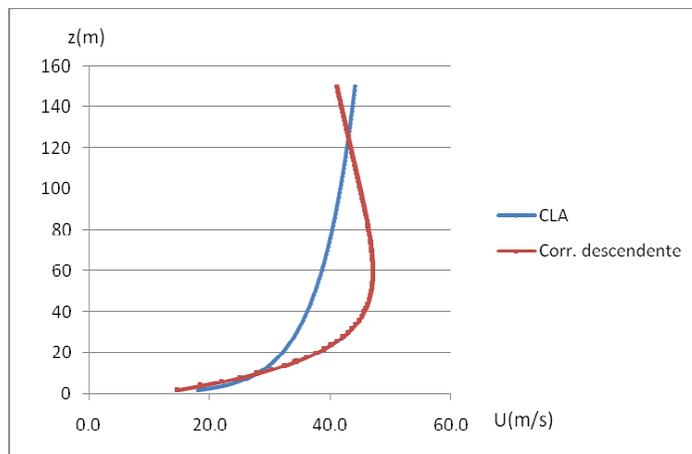
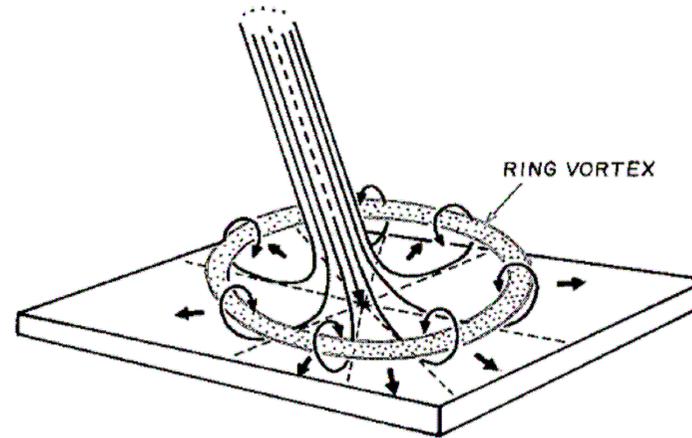
Identificación de temas

- Pronosticar incrementos de velocidad de corta duración – Tesis de doctorado
- Incorporar en los pronósticos información meteorológica de superficie – Incrementar capacidad de predicción
- Generar pronósticos operativos a partir de varios modelos de predicción - Incertidumbres



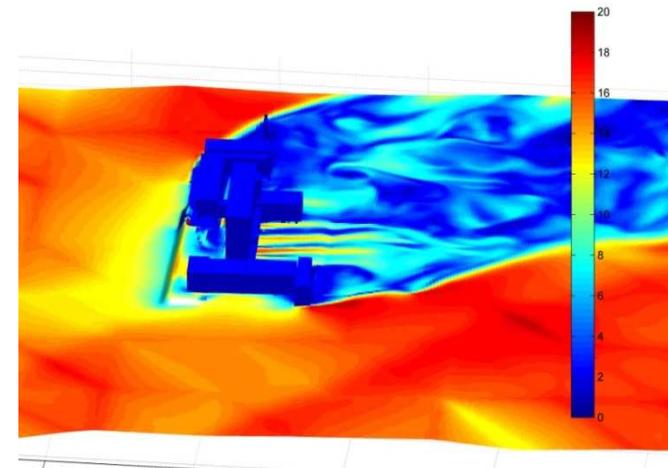
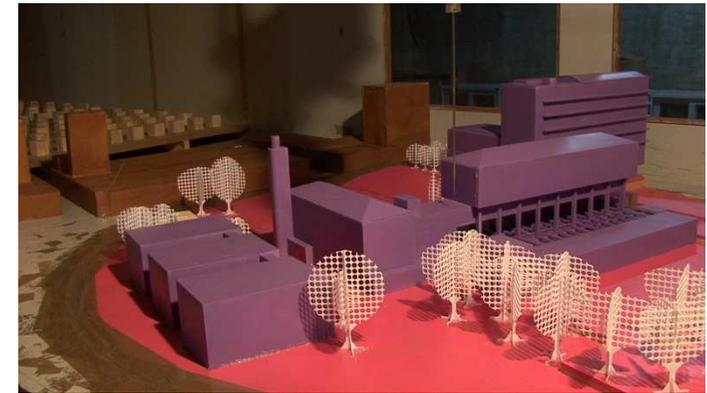
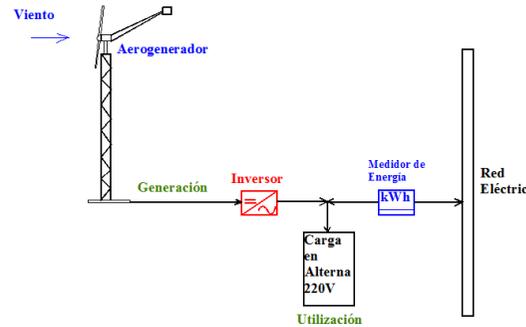
Eventos extremos

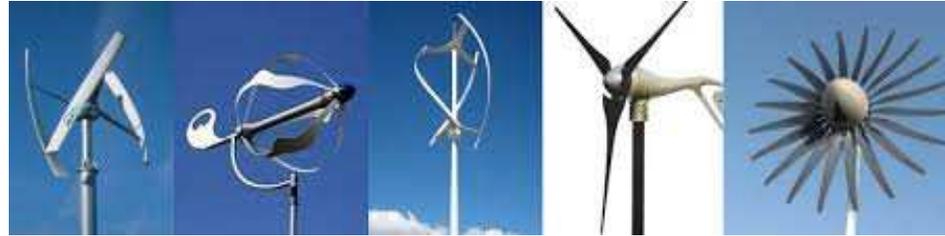
- Efectos
 - Aerogeneradores
 - Líneas eléctricas
- Caracterización
 - Interacción con topografía



Eólica Urbana

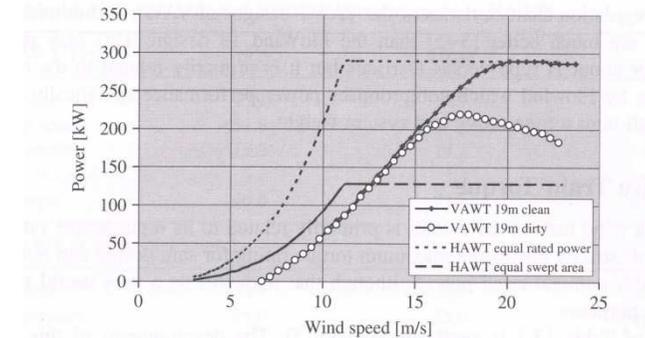
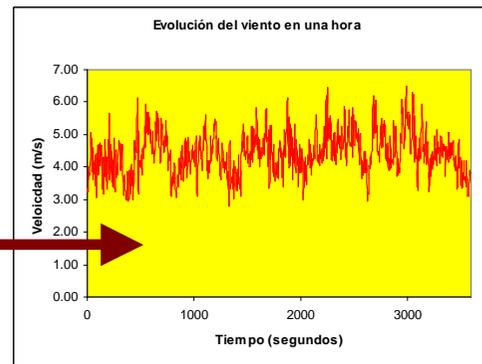
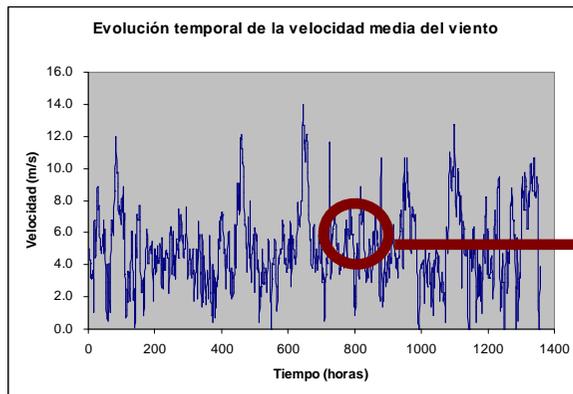
- Decreto de Microgeneración
 - Ambiente rural
 - Ambiente urbano
- Ambiente urbano
 - No uniforme
 - Turbulencia
- Caracterización urbana –Facultad de Arquitectura
- Evaluación del efecto de construcciones
- Banco de prueba de aerogeneradores





Nuevo desafío

- Diseño de micro aerogeneradores para ambientes urbanos



Solicitaciones mecánica - Vibraciones

Fluctuaciones en la generación

Emisiones acústicas

Impacto visual

Seguridad

Otros desafíos

- **Interacción entre sistema eléctrico de distribución transmisión con generadores eólicos**
 - Estabilidad de sistema eléctrico
 - Operación en isla
- **Emisiones acústicas y su propagación**
 - Condiciones ambientes – Estabilidad atmosférica
 - Procesos de producción de ruido

Capacidades en la Facultad de Ingeniería

Energía Solar	Energía Eólica
Celdas de combustible	Biogás – Biocombustibles líquidos – Madera
Eficiencia en iluminación	Energía Hidráulica
Modelos de oferta y demanda eléctrica	Eficiencia en procesos y distribución de energía
Contaminación atmosférica	Modelos de oferta y demanda de hidrocarburos
	Reglamentación sobre calidad de servicio

- **Inscriptos: 90**
- **Perfiles de estudiantes**
 - **Orientaciones**
 - **Ingeniero Electricistas**
 - **Ingeniero Industrial Mecánico**
 - **Ingeniero Químico**
 - **Ingeniero en Alimentos**
 - **Ingeniero Civil**
 - **Lugar de trabajo**
 - **Empresas públicas**
 - **Empresas privadas vinculadas o no directamente al tema energía**
 - **Docentes de la Facultad de Ingeniería**
 - **Organismos públicos**

• **Carreras**

- **Diploma**
- **Maestría**
- **Doctorado**

Desarrollo de tesis

**Oportunidad de
ampliar los problemas
a atender**

Oportunidades y desafíos institucionales

- **Energía eólica – peculiaridades**
 - Evaluación y seguimiento del recurso
 - Desarrollo de proyectos
 - Gestión de la energía
 - Aspectos tecnológicos
 - Efectos ambientales
 - Aspectos económicos
- **Ámbito institucional para su gestión**
 - Gerencia de Generación Eólica