

# Proyecto PR FSE 2009 1 03

Estudios dinámicos del sistema eléctrico uruguayo con creciente penetración de energía eólica y generación renovable.

Modalidad 1. Fuentes de energía

Equipo investigador:

Mag. Ignacio Afonso  
Mag. Michel Artenstein  
Mag. Fernando Berrutti  
Mag. Ricardo Franco  
Dr. Alvaro Giusto  
Dr. Pablo Monzón  
Mag. José Munsch  
Mag. Celia Sena

Tesis de maestría:

Ignacio Afonso  
Fernando Berrutti  
José Munsch



# La propuesta (2009)

... fortalecer la capacidad local de realizar estudios dinámicos del sistema eléctrico en el escenario actual de expansión y diversificación de fuentes de energía ...

La estabilidad del sistema eléctrico es una condición necesaria para la viabilidad de los planes de expansión energética.



Se estudiarán los fenómenos dinámicos resultantes de la incorporación creciente de generación eólica ...

... y su interrelación con los requisitos técnicos exigibles a los generadores.

# Qué se hizo (2010-2012)

Tres líneas de trabajo, cada una centrada en una tesis de maestría:

**Huecos de tensión en redes eléctricas de transmisión y su impacto en la generación eólica**

**Análisis modal y transitorio de sistemas eléctricos con incorporación de energía eólica a gran escala**

**Operación intencional en isla en sistemas eléctricos con generación dispersa**

# Hueco de tensión

Un hueco de tensión resulta de un cortocircuito en algún punto de la red.

*Consecuencias:*

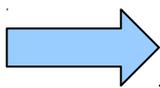
Posible desconexión  
de generación eólica



*Pérdida de  
estabilidad*

# Características del problema

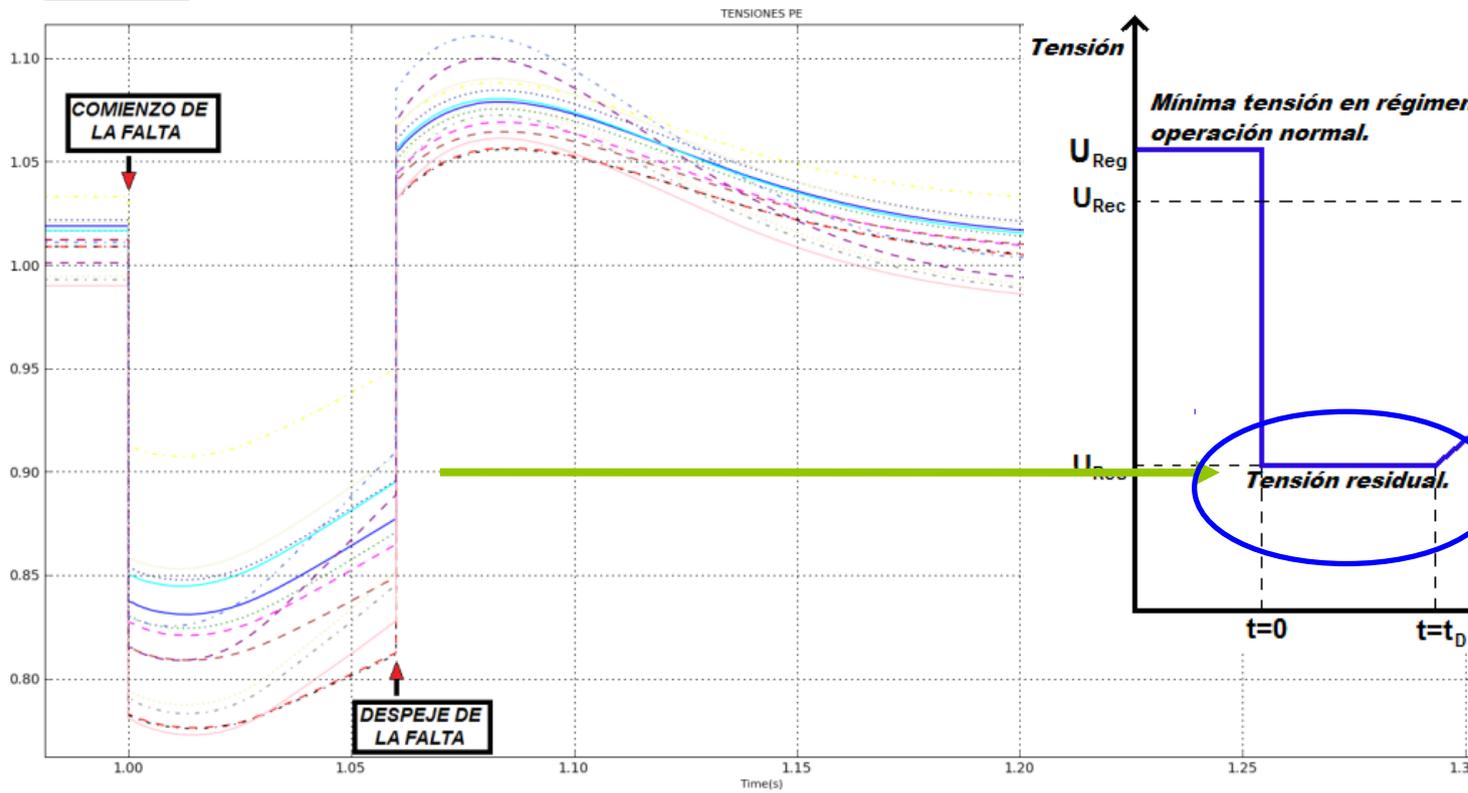
- Los huecos de tensión son frecuentes.
- No son predecibles. Su efecto es instantáneo.
- Pueden afectar simultáneamente a todos los parques eólicos.



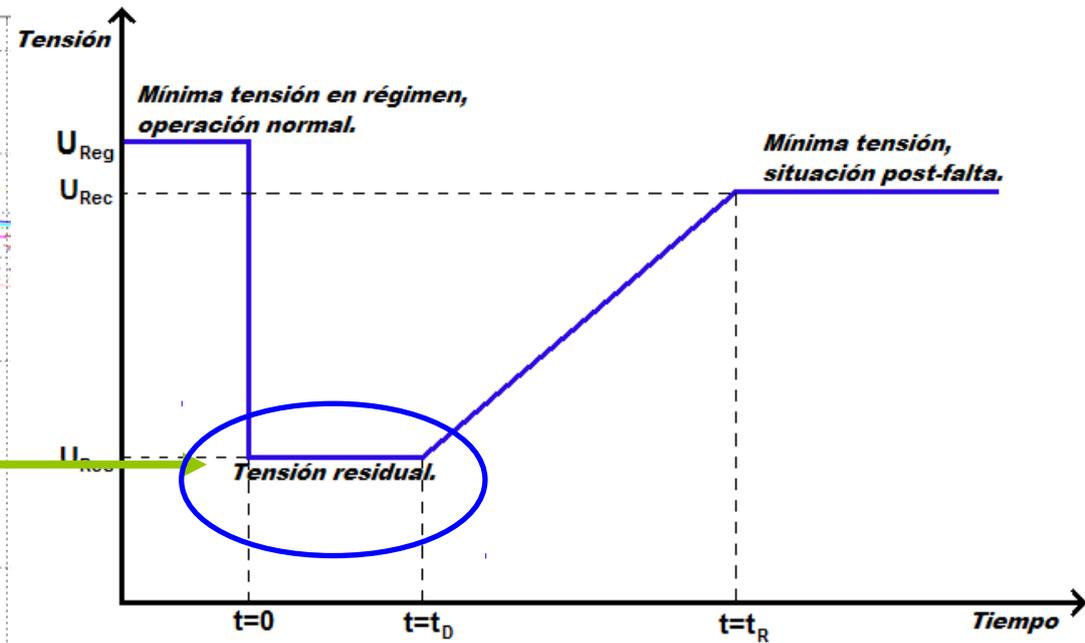
Un hueco de tensión podría producir una desconexión **masiva** de generación eólica.

# Cómo luce un hueco?

SIEMENS POWER TECHNOLOGIES INTERNATIONAL  
RED 2017  
MAXIMO, GEN: 50% RN + 100% EOL + CBO 6TA + 50% SGU, RESERVA  
corto1.out

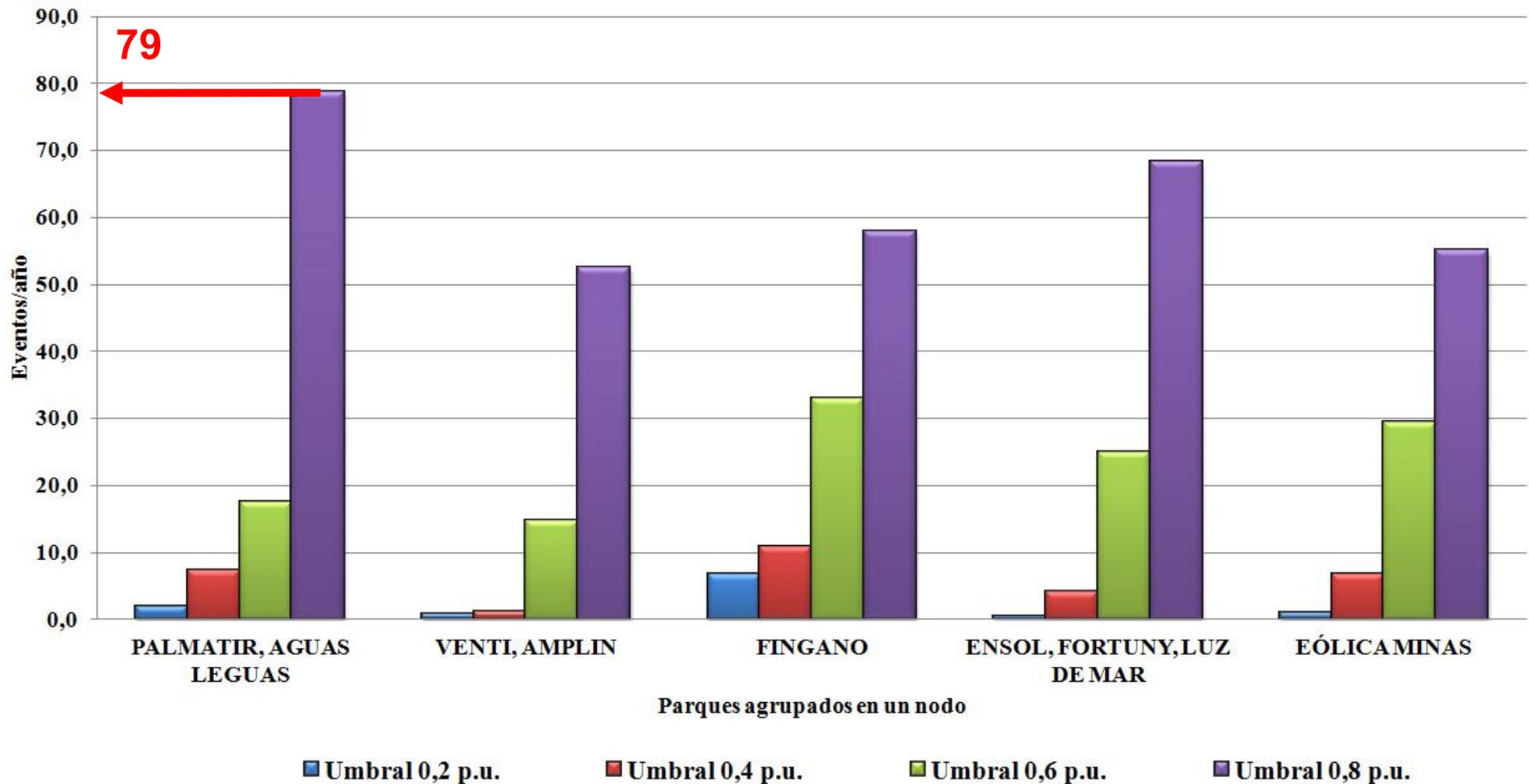


## Requisito LVRT



# Huecos/año, por cada parque eólico

AdVEFT- MIN2017



# Principales resultados, escenario 2017



Una tensión residual menor a 30% evitará la salida de dos parques frente a cualquier falta

No habrá cortocircuitos que produzcan tensiones inferiores a 50% en todos los parques en forma simultánea.

No habrá cortocircuitos que produzcan tensiones inferiores a 30% en más de un parque en forma simultánea.

- ◆ Combinaciones tomadas de a 1
- Combinaciones tomadas de a 2
- ▲ Combinaciones tomadas de a 3
- ✕ Combinaciones tomadas de a 4
- ✦ Combinaciones tomadas de a 5
- Total de eventos a año

## Principales resultados, escenario 2017

El número anual esperado de cortocircuitos que producirían tensiones inferiores a **80%** en todos los parques simultáneamente es aprox. **40**.

requerimientos pre 2009

El número anual esperado de cortocircuitos que producirían tensiones inferiores a **20%** en todos los parques simultáneamente es **0**.

requerimientos vigentes

El número anual esperado de cortocircuitos que producirían tensiones inferiores a 20% en al menos un parque es de **11**.

## En pocas palabras

Los requisitos LVRT exigidos a los aerogeneradores en la primera licitación eólica (2010) aseguran que no saldrán parques eólicos conectados en diferentes nodos del sistema.

De haberse mantenido la laxitud inicial de la primera licitación por energía renovable (60MW) tendríamos 40 eventos anuales con la salida intempestiva de todos los parques eólicos a 2017.

Desarrollamos una metodología mixta cálculo/simulación para realizar este análisis cuando sea necesario.

# Publicaciones

Conferencia regional arbitrada: IEEE T&D LC 2012, Montevideo, Uruguay

Design of power system stabilizers in variable speed wind generators using remote signals  
Fernando Berrutti, Alvaro Giusto, Michel Artenstein

Dynamic characterization of wind farms and their impact in power systems oscillations  
Fernando Berrutti, Alvaro Giusto, Michel Artenstein

Intentional Islanding in Power Systems with Dispersed Generation  
José Munsch, Celia Sena, Alvaro Giusto

Modal analysis of the Uruguayan power system incorporating large-scale wind generation  
Fernando Berrutti, Alvaro Giusto, Michel Artenstein

Conferencia internacional arbitrada:

Impact of wind farms on power systems oscillations,  
Fernando Berrutti, Alvaro Giusto, Michel Artenstein  
IEEE PES GM 2013, Vancouver Canada



# Formación de RRHH

Tres Maestrías en Ingeniería Eléctrica culminadas.

Conocimientos volcados en los curso de posgrado

“Estabilidad de Sistemas Eléctricos de Potencia” 2012,

“Introducción a los Sistemas de Protección de Sistemas Eléctricos de Potencia” 2013.

Nuevo curso de posgrado:

Generación Eólica.





Gracias!