



**Acción de Coordinación: 707AC0311**

Desarrollo y Difusión de la Generación Distribuida  
con Sistemas Fotovoltaicos Conectados a la Red

# Generación distribuida de electricidad, situación y desarrollos

*Dr.-Ing. Pedro E. Mercado*

*Arequipa, 6 de noviembre de 2009*



Instituto de Energía Eléctrica  
Universidad Nacional de San Juan, Argentina

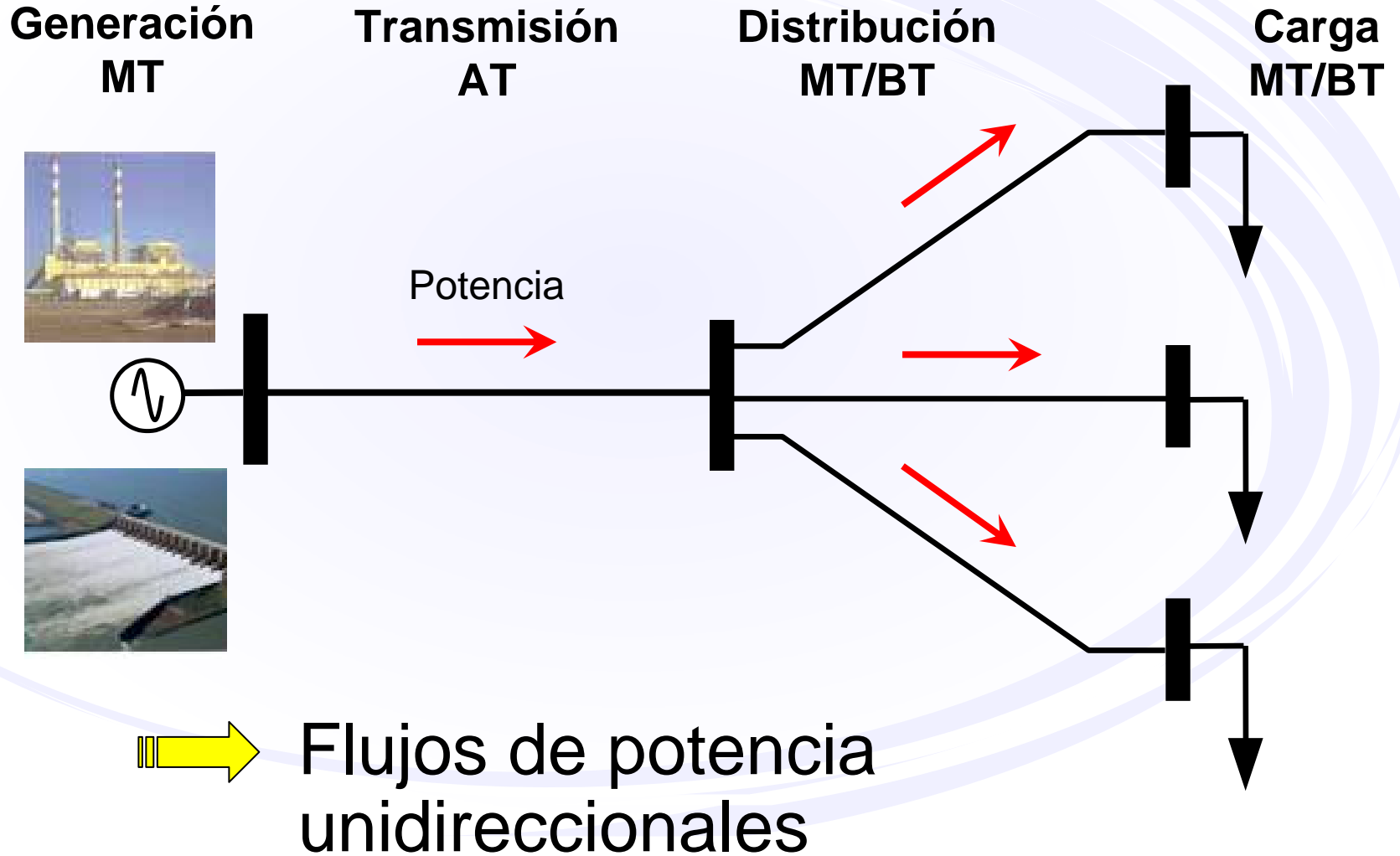
# Contenido

---

- Introducción
- Impacto de la generación dispersa (GD) basada energías renovables
- Alternativas de solución
- Desarrollo de una adecuada integración de GD
- Conclusiones

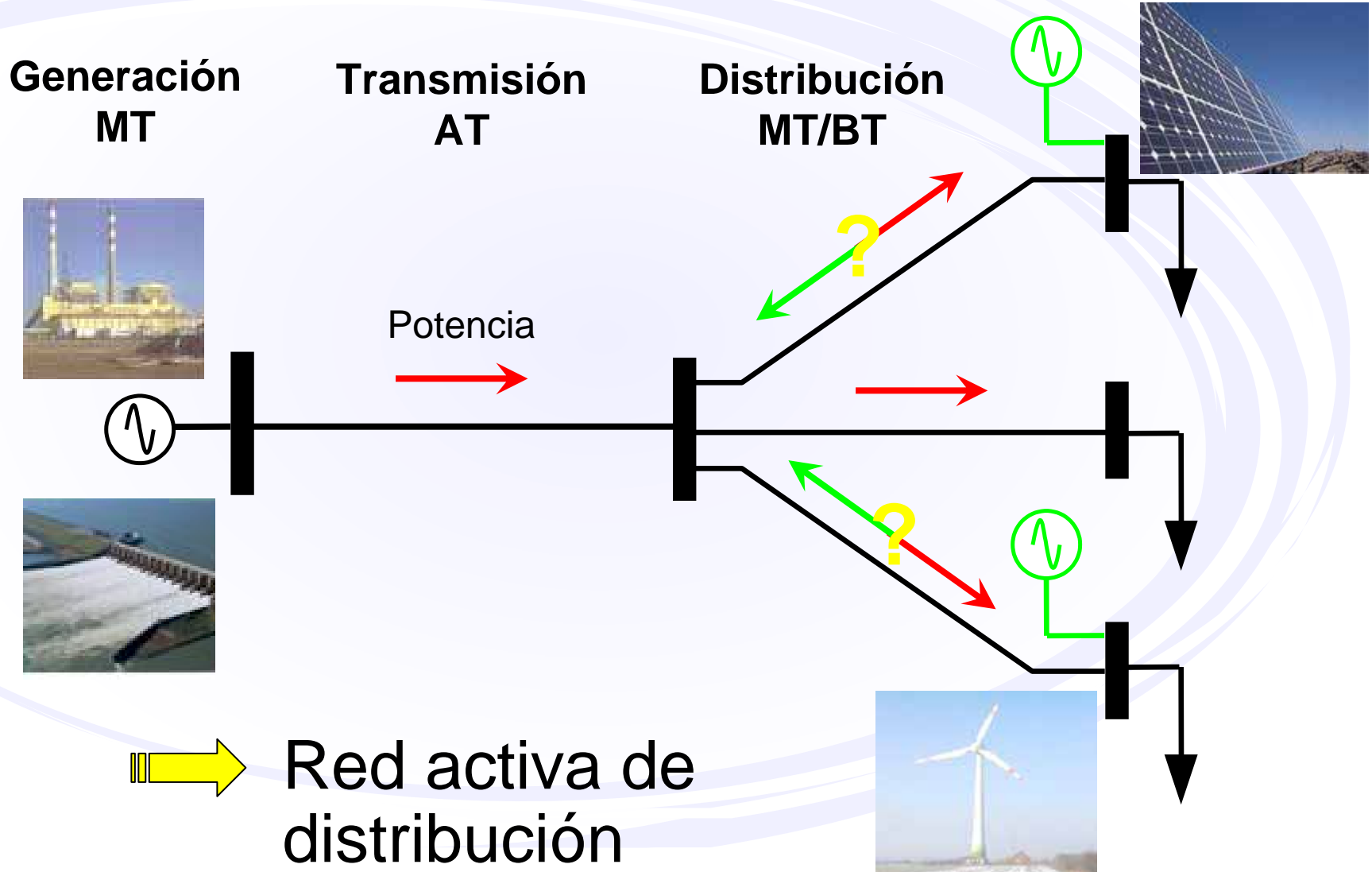
# Introducción

## *Sistema de suministro tradicional*



# Introducción

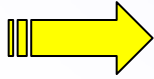
## *Sistema de suministro con generación dispersa*



# Introducción

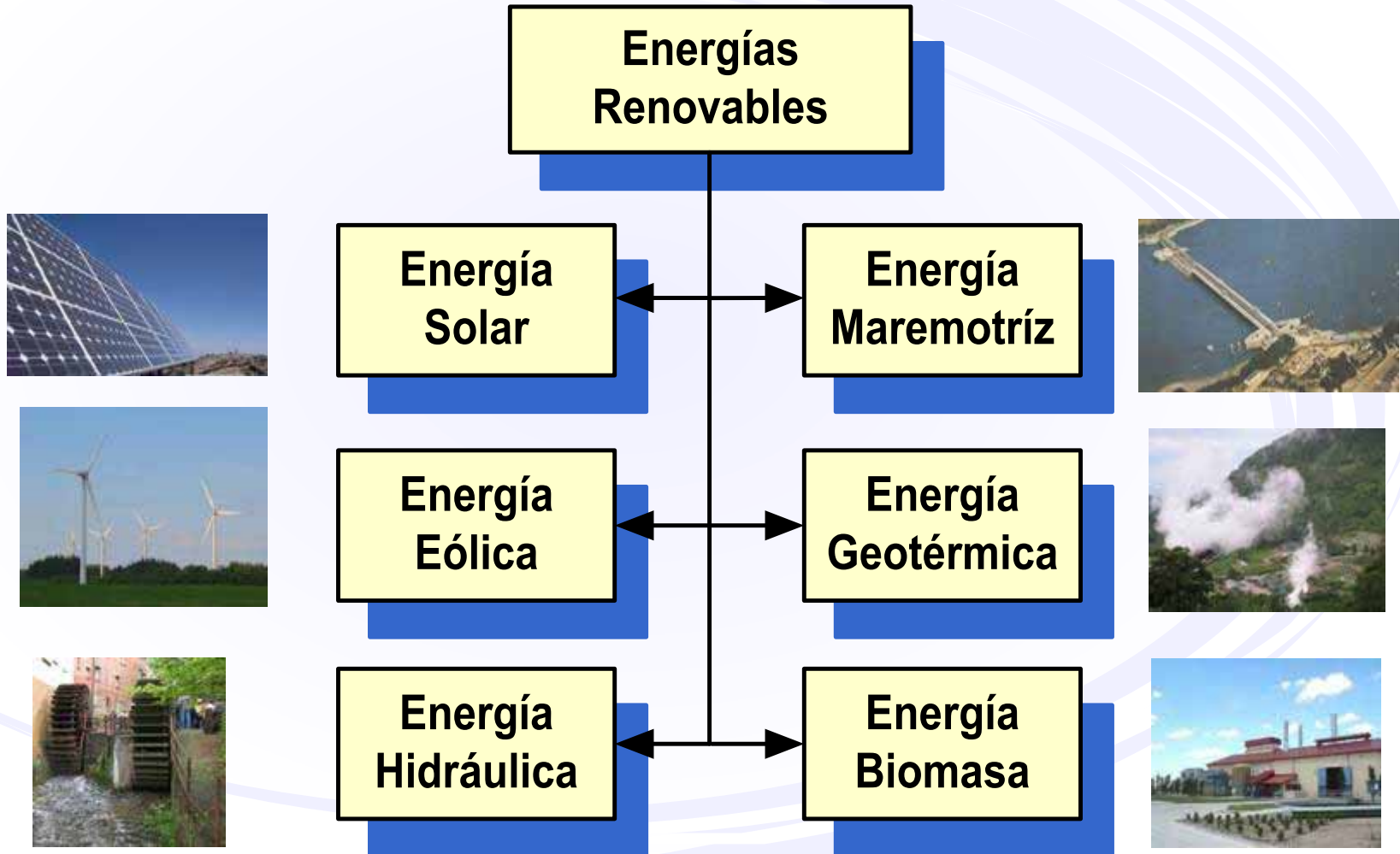
## *Generación dispersa*

---

- ✓ Pequeñas unidades de generación
  - ✓ Conectadas directamente a red de distribución
  - ✓ Cercanas a centros de consumo y
  - ✓ Operadas en forma descentralizada
-  Sistemas de energía sustentable:  
**GD** basada en fuentes **renovables y limpias**

# Impacto GD con energías renovables

## *Principales energías renovables utilizadas*



# Impacto GD con energías renovables

## *Ventajas*

---

- ✓ Reducción impacto sobre medio ambiente
- ✓ Utilización recursos sustentables
- ✓ Instalación rápida y fácil
- ✓ Modularidad, permite inversión progresiva
- ✓ Elevada eficiencia y confiabilidad
- ✓ Eliminación de pérdidas transmisión
- ✓ Menores costos Operación y Mantenimiento

# Impacto GD con energías renovables

## *Desventajas*

---

### Intermitencia del recurso disponible

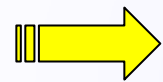
- ➔ Dificultades en sistema eléctrico:
  - Control de tensión y potencia reactiva
  - Control de frecuencia y seguimiento de carga
  - Estabilidad y dinámica del sistema
  - Calidad del producto eléctrico
- ➔ Aumentan con elevada penetración de GD

# Alternativas de solución

## *Solución propuesta*

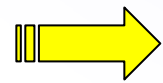
---

Utilizar **almacenadores de energía**



para compensar intermitencia del recurso

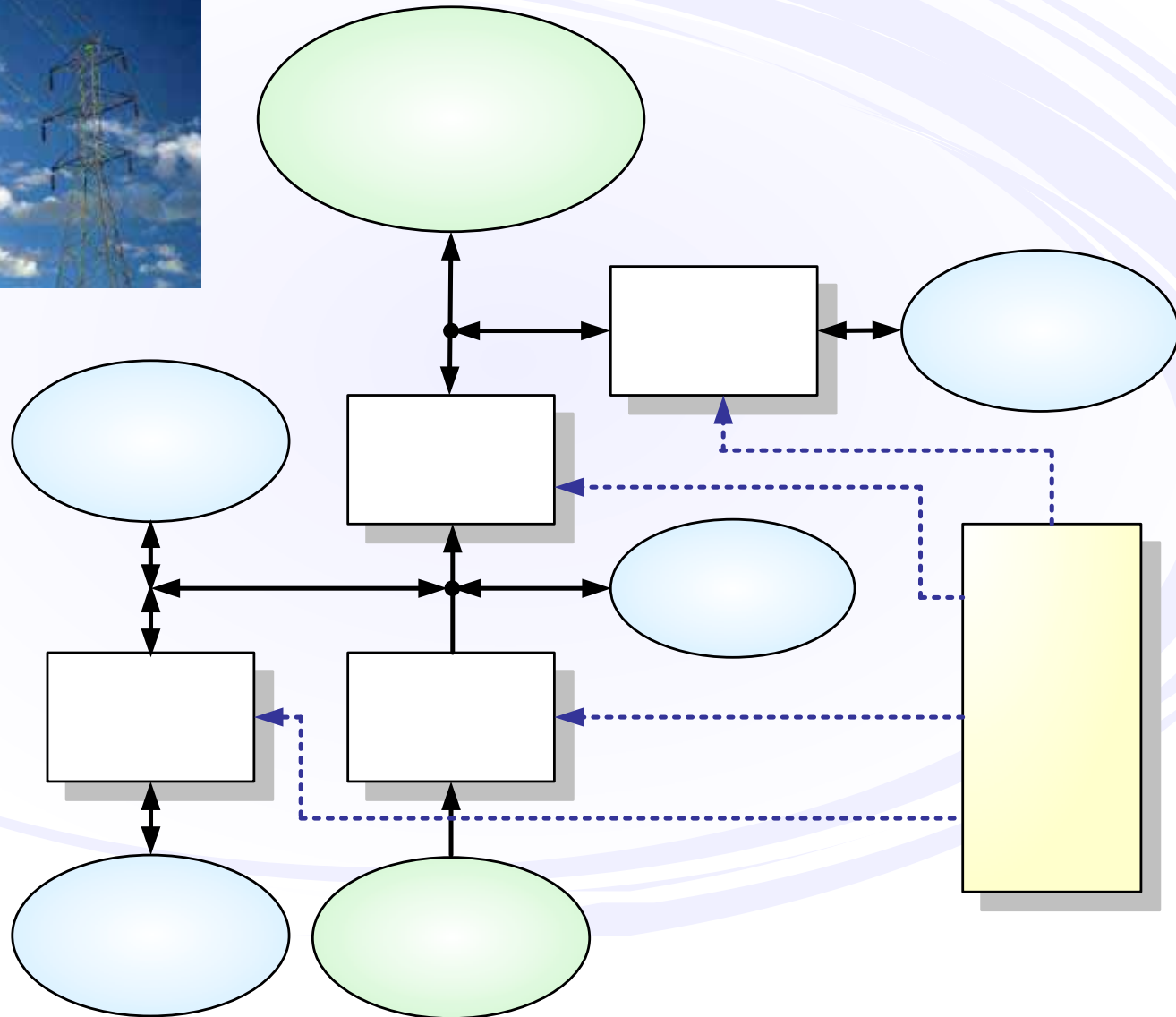
Controlar con dispositivos **electrónicos de potencia**  
(FACTS - Flexible AC Transmission Systems)



para adecuar el flujo de potencia

# Alternativas de solución

## *Almacenamiento y electrónica de potencia*



# Alternativas de solución

## *Almacenadores de energía*

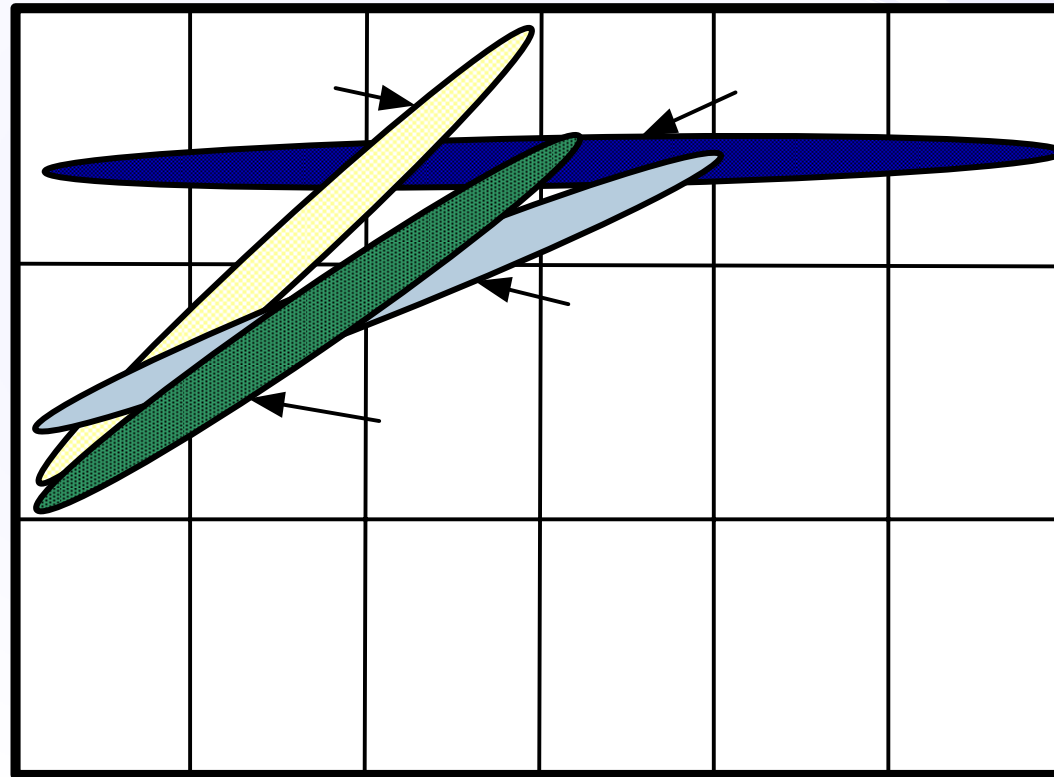
**Nuevos Sistemas  
de Almacenamiento  
de Energía**

- **Celdas de Combustible  
y Ciclo de Hidrógeno**
- **Baterías de Flujo**
- **Flywheels**
- **Súper Capacitores**
- **SMES**

# Alternativas de solución

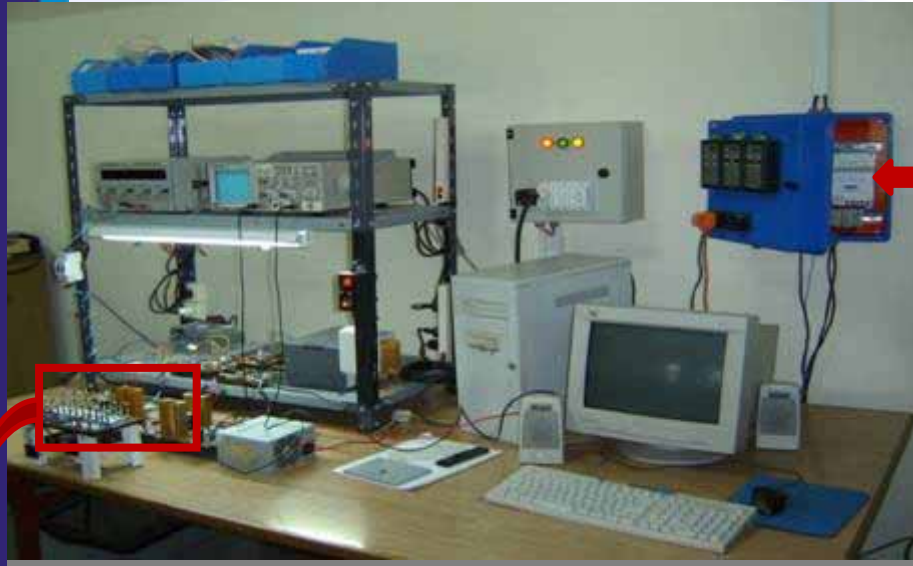
## *Costo vs. Tiempo de descarga de almacenadores*

Costo de Instalación [\$/kW]



# Adecuada integración de GD

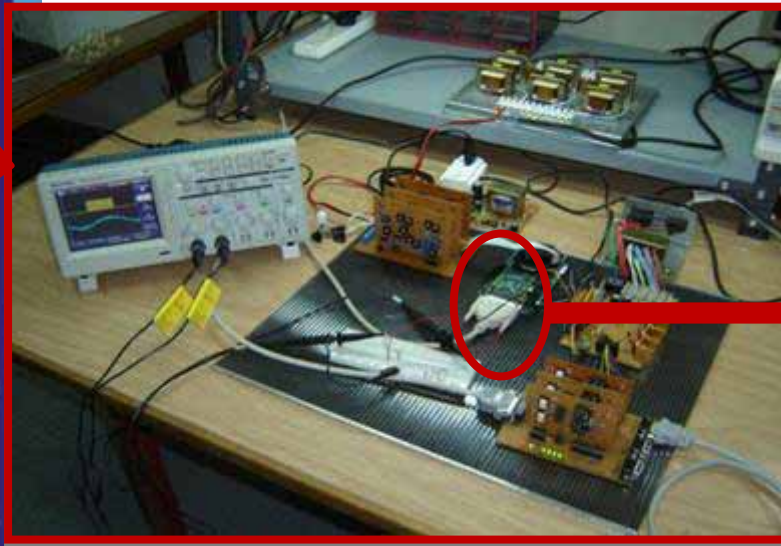
*Desarrollo de propuestas del IEE*



**Generador  
Eólico**

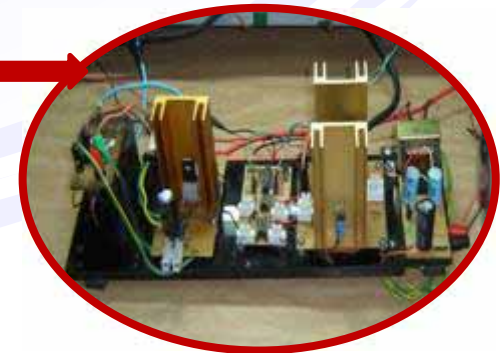
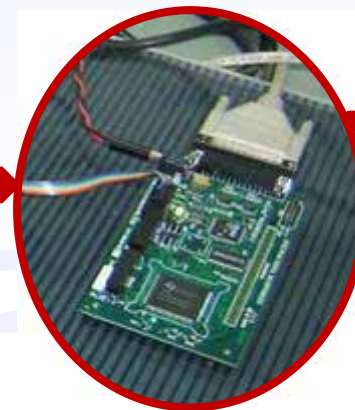


**Generador  
Fotovoltaico**



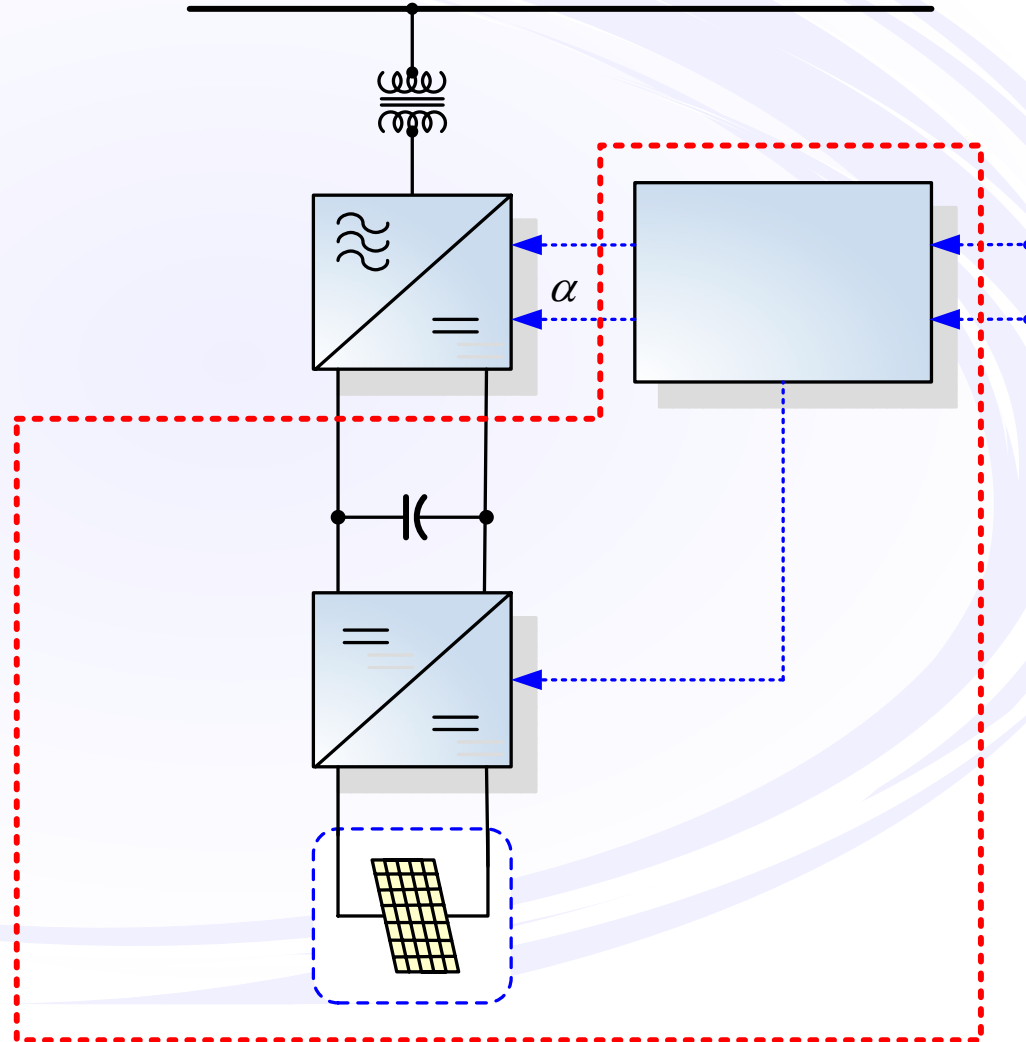
**DSP**

**Inversor**



# Adecuada integración de GD

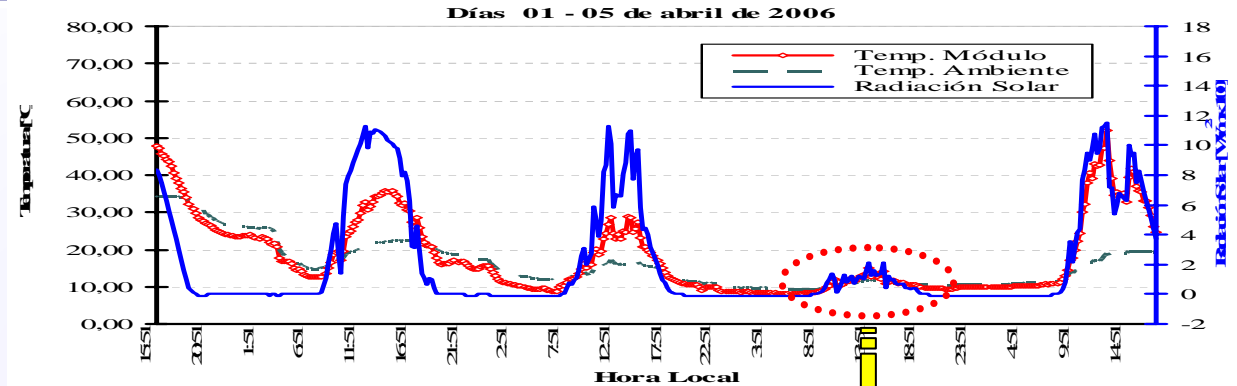
*Desarrollo de propuestas del IEE*



# Adecuada integración de GD

*Aprovechamiento óptimo del recurso solar*

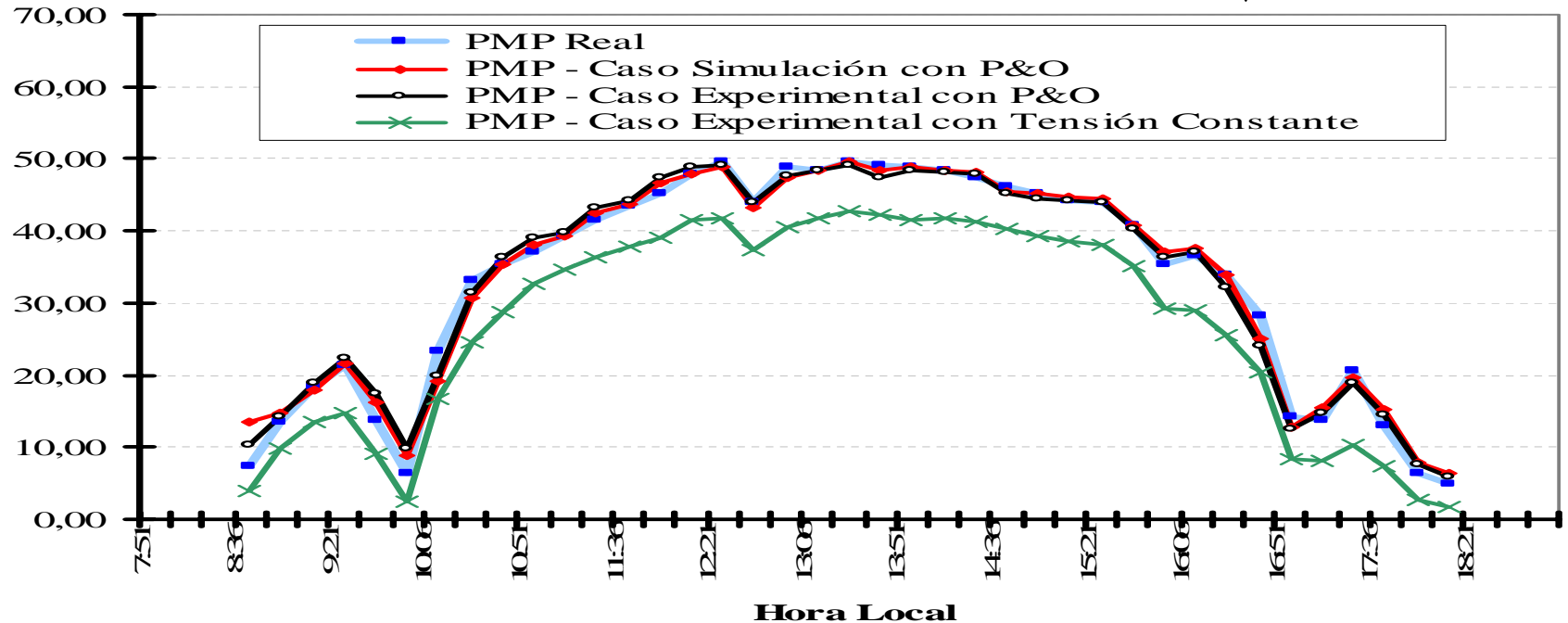
Temperatura  
[°C] y  
Radiación  
[W/m<sup>2</sup>]:



Potencia Generada [W]:

Potencia Generada [W]

[W]

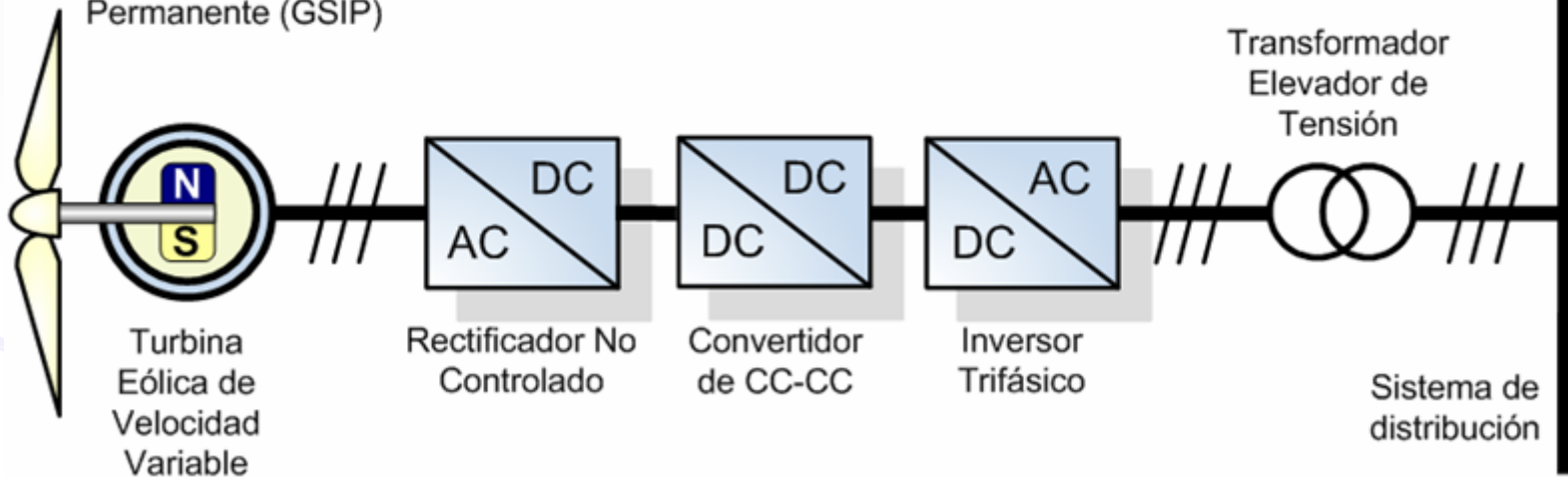


# Adecuada integración de GD

## *Desarrollo de propuestas del IEE*



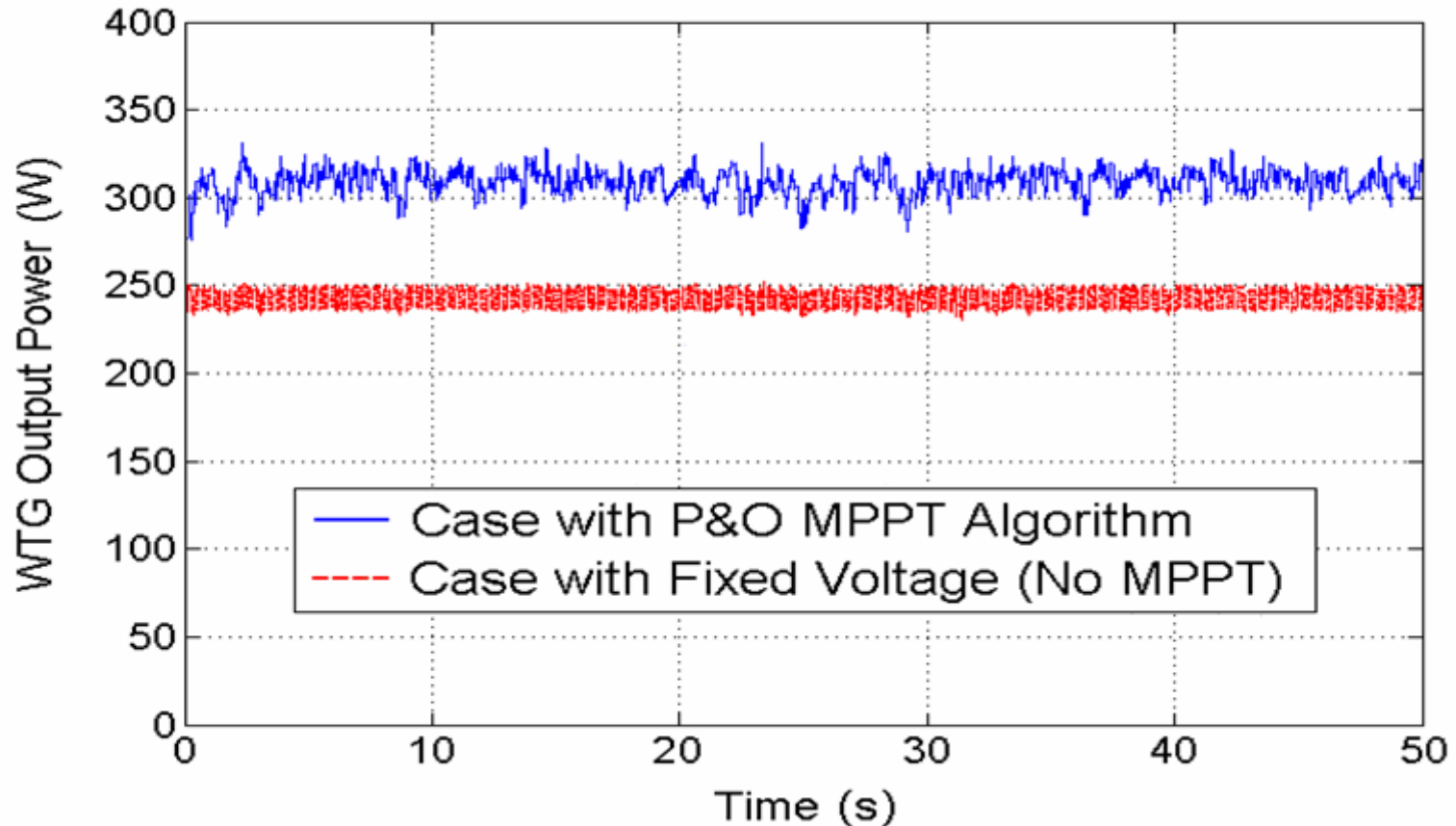
Generador Sincrónico de Imán Permanente (GSIP)



# Adecuada integración de GD

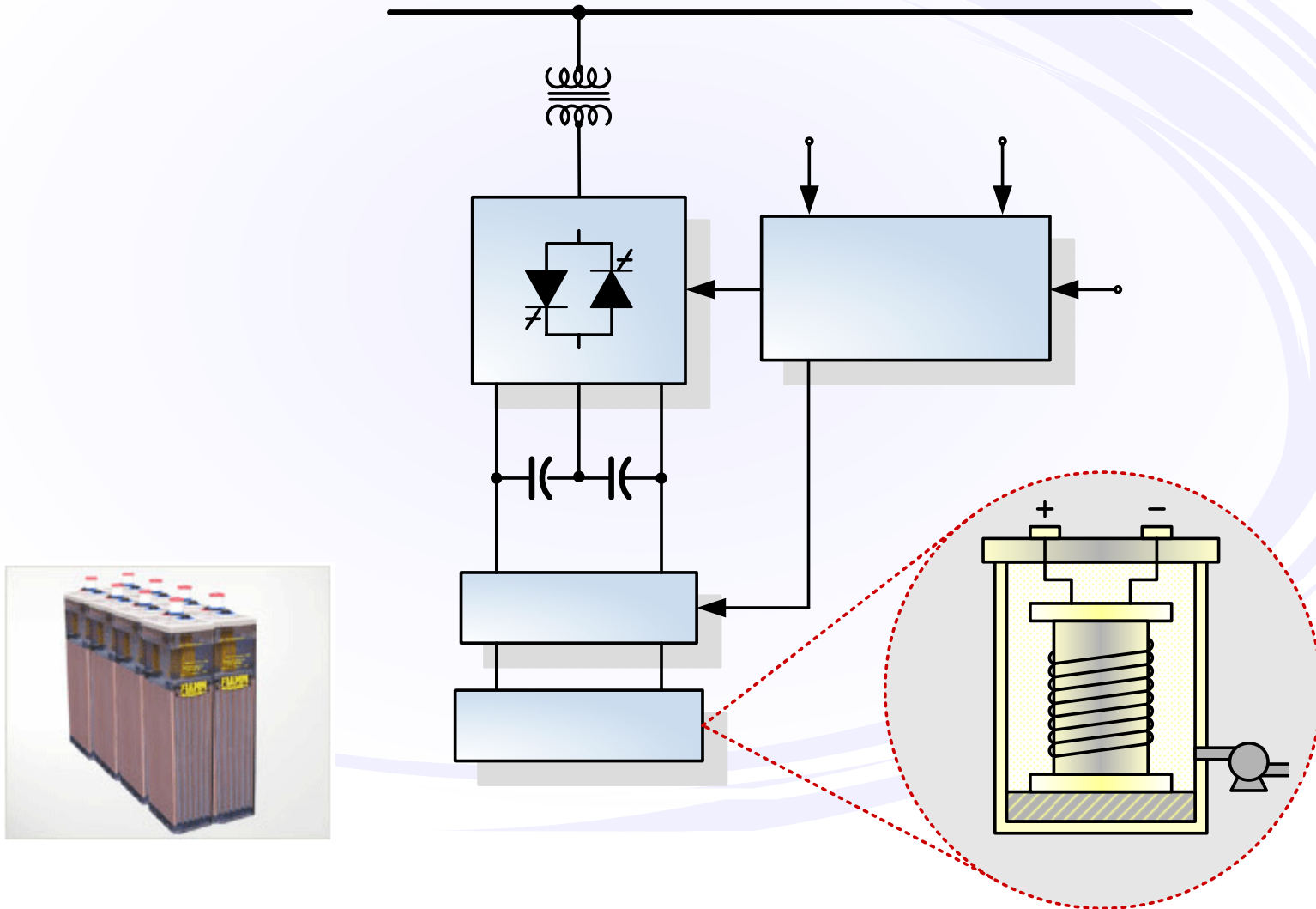
## *Aprovechamiento óptimo del recurso eólico*

Potencia inyectada a la Red Eléctrica [W]:



# Adecuada integración de GD

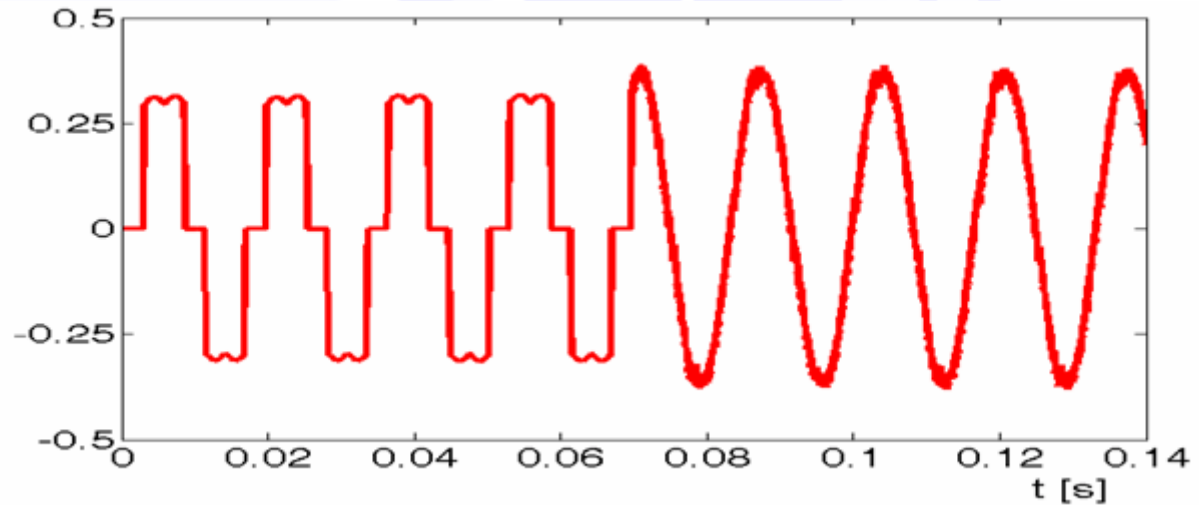
*Desarrollo de propuestas del IEE*



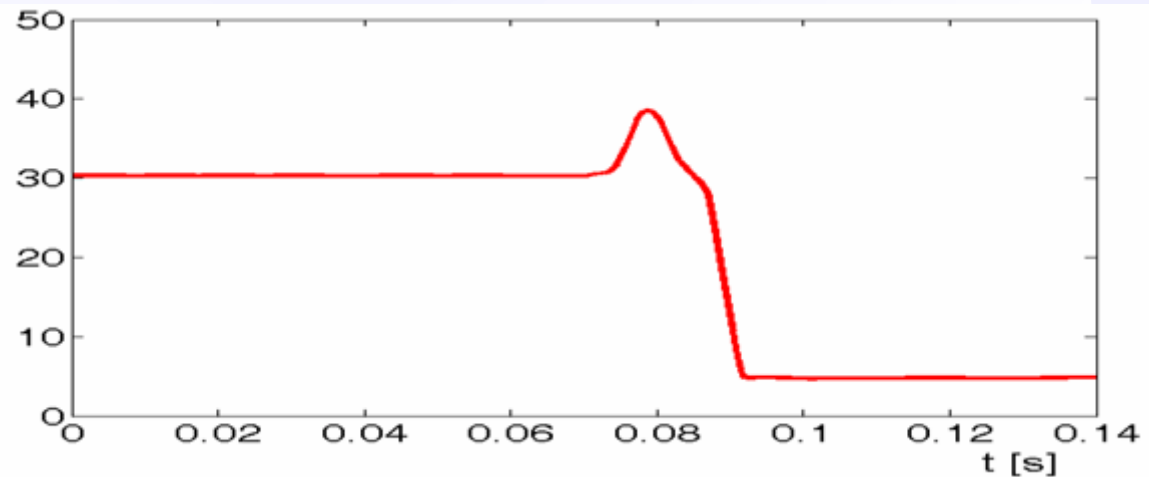
# Adecuada integración de GD

## *Calidad de Potencia: Filtrado de Armónicos*

Corriente de fase [pu]



Contenido de armónicos ITHD [%]

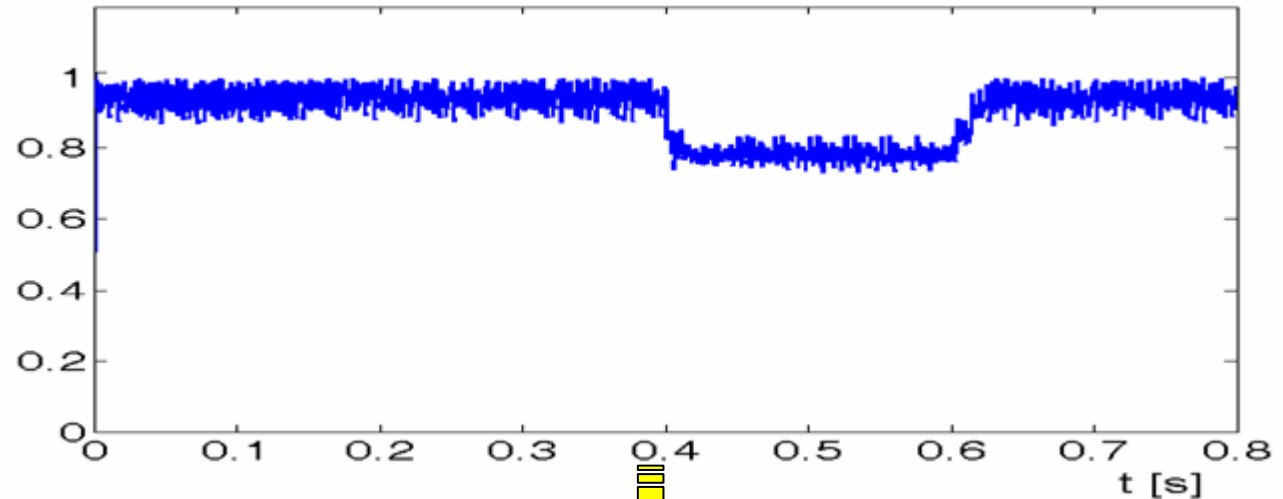


# Adecuada integración de GD

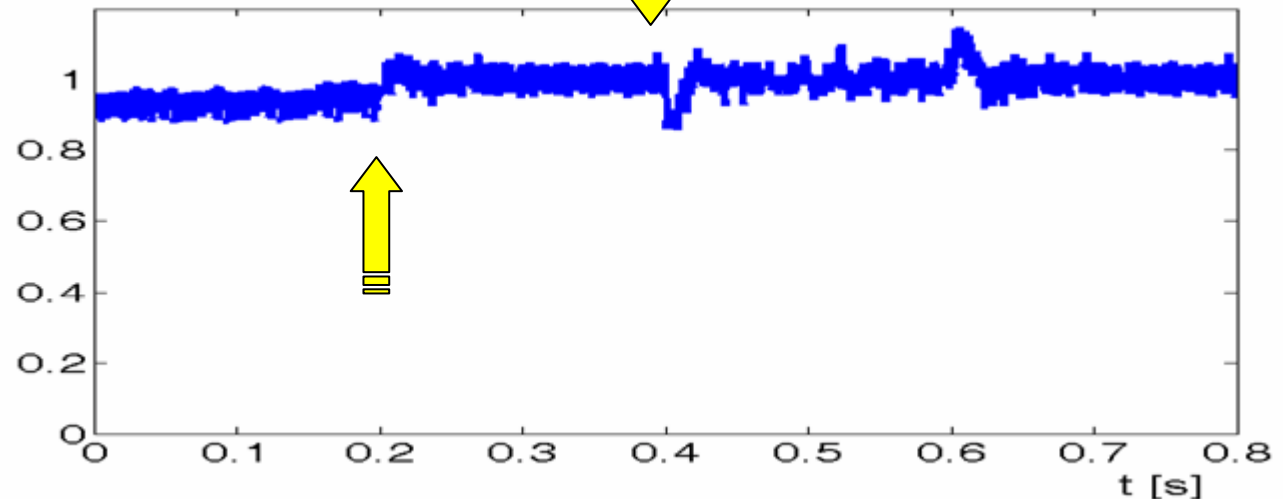
## *Calidad de Potencia: Regulación de tensión*

Tensión en PCC [pu]:

Sin  
Comp.



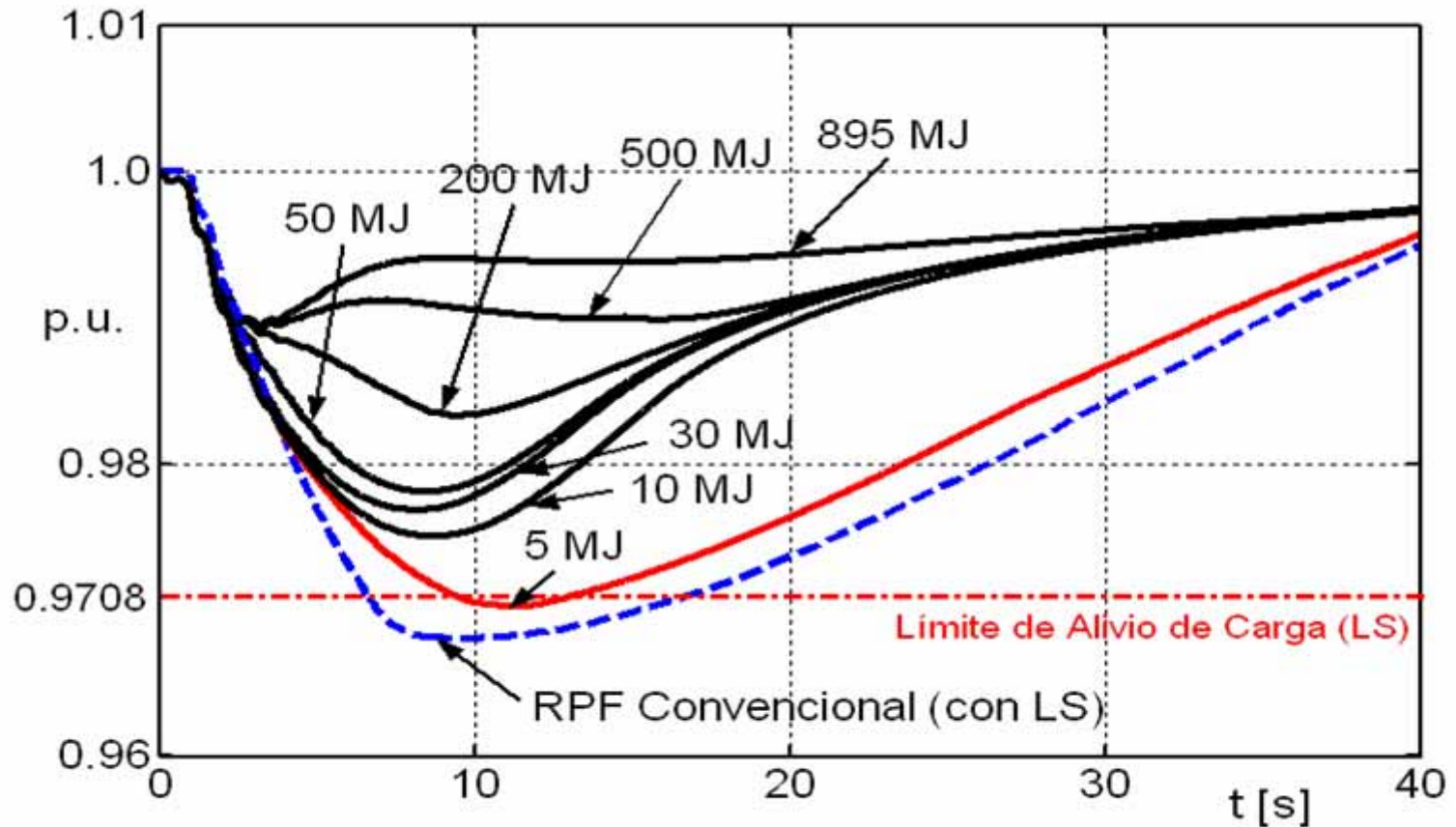
Con  
Comp.



# Adecuada integración de GD

## *Seguridad de Operación: Regulación de Frecuencia*

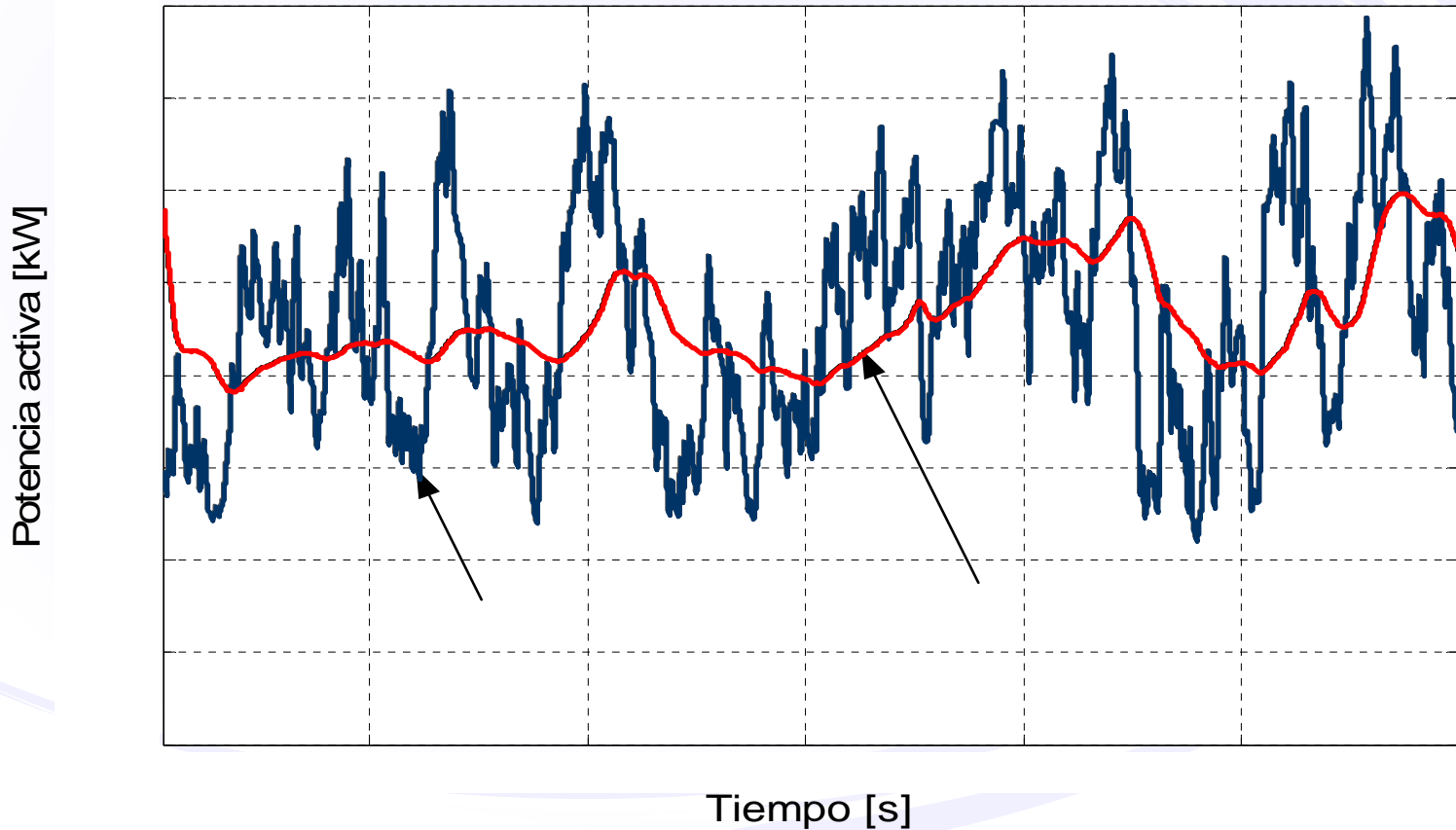
Frecuencia [pu]:



# Adecuada integración de GD

## *Calidad del Suministro: Control de potencia activa*

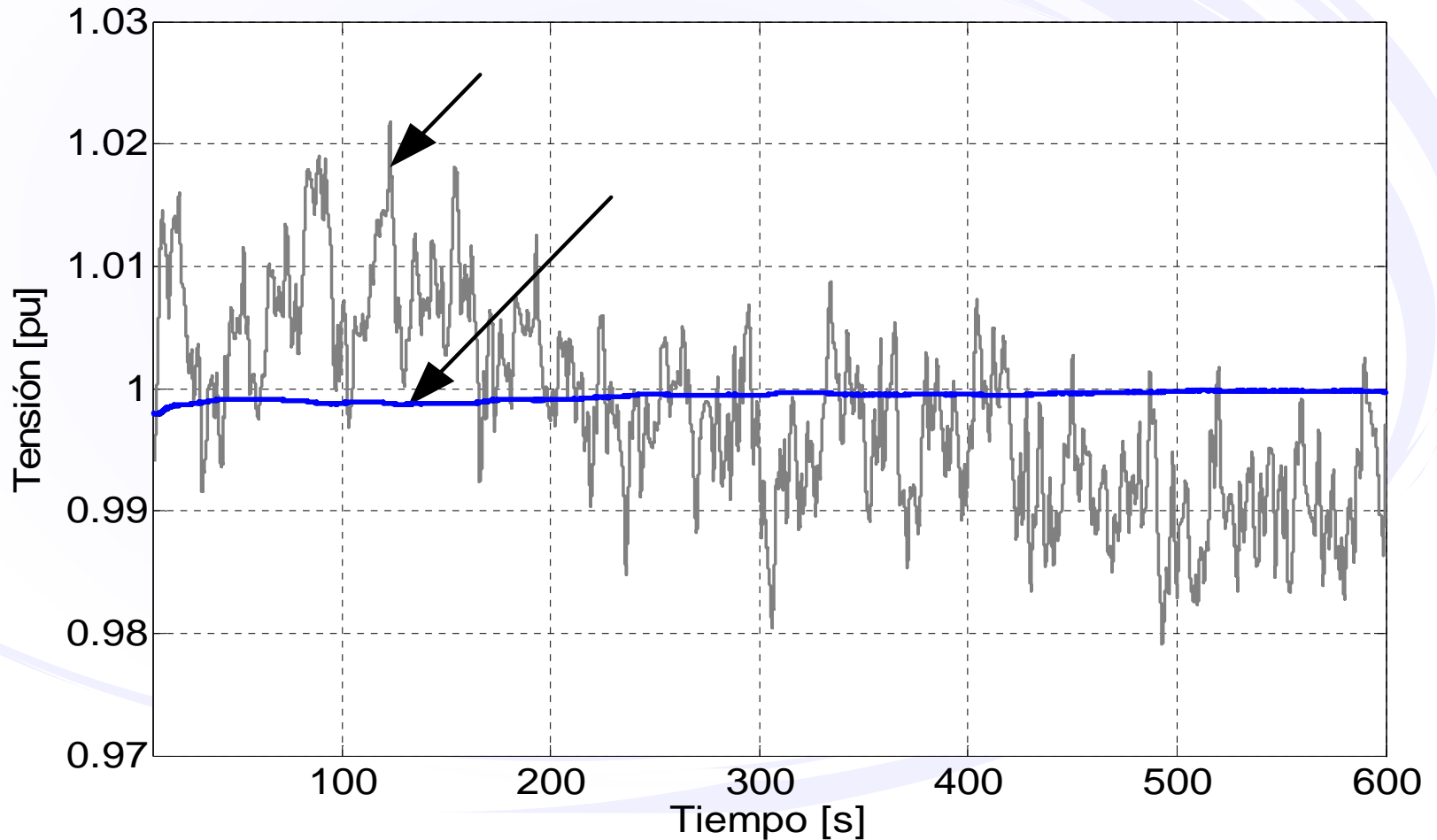
Potencia activa [kW]:



# Adecuada integración de GD

## *Calidad del Suministro: Control de tensión*

Tensión [pu]:



# Conclusiones

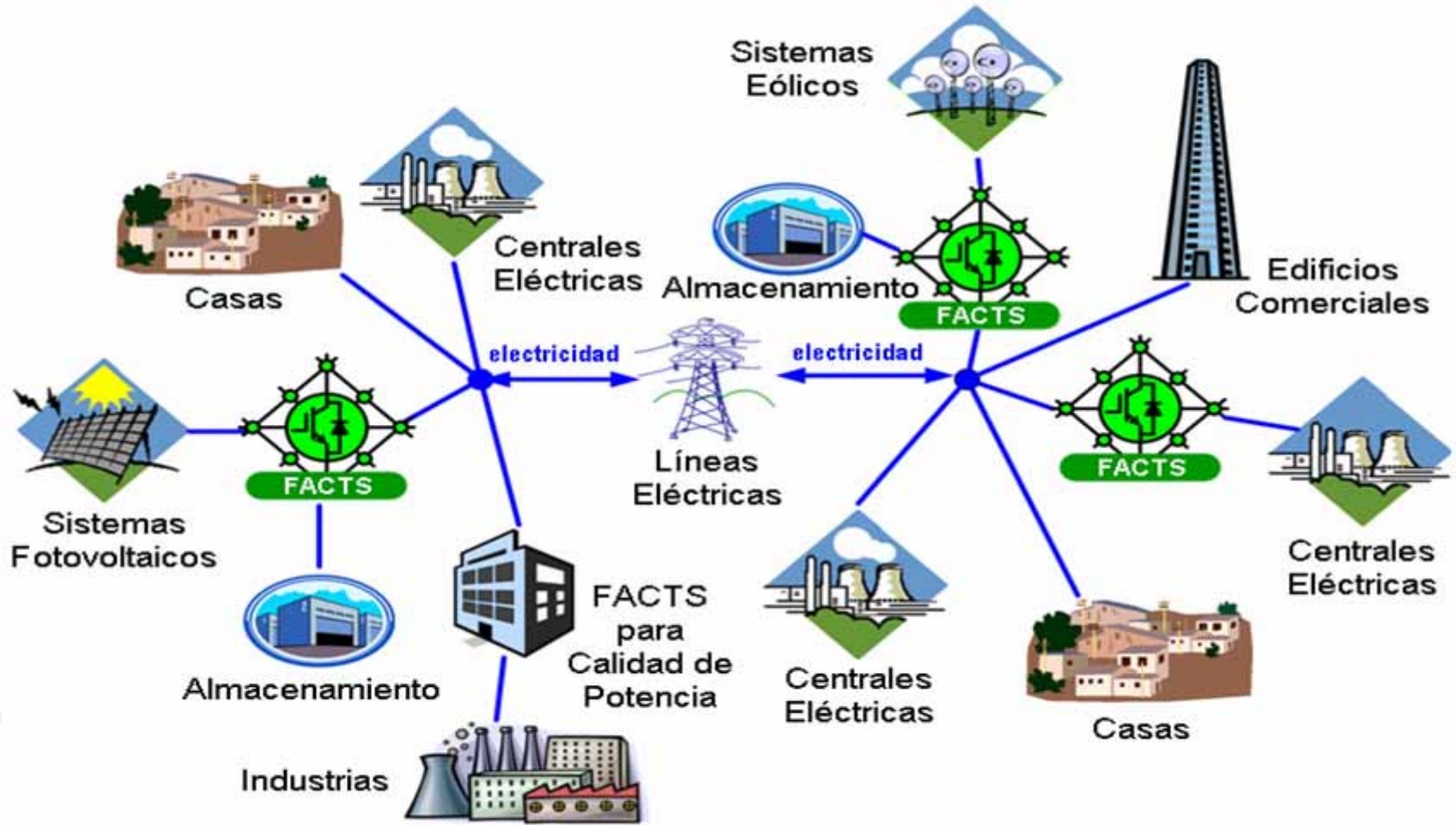
## *Desarrollos principales*

---

- Controladores FACTS con almacenamiento
  - Algoritmos de control de dispositivos propuestos
  - Implementación de prototipos
- ➡ **Atenúan dificultades en sistema eléctrico**
  - ➡ **Mejoran aplicación de energías renovables**
  - ➡ **Logran suministro adecuado y de calidad**

# Conclusiones

## *Visión de futuro*





**Acción de Coordinación: 707AC0311**

**Desarrollo y Difusión de la Generación Distribuida  
con Sistemas Fotovoltaicos Conectados a la Red**

# **Generación distribuida de electricidad, situación y desarrollos**

*Dr.-Ing. Pedro E. Mercado*

*Arequipa, 6 de noviembre de 2009*



**Instituto de Energía Eléctrica**  
Universidad Nacional de San Juan, Argentina