

II CONGRESO
SMART GRIDS
Madrid 27-28 Octubre 2014

Desarrollo de una microred de laboratorio para estudios de integración de energías renovables en la red eléctrica

Eduardo Prieto
CITCEA-UPC

Índice

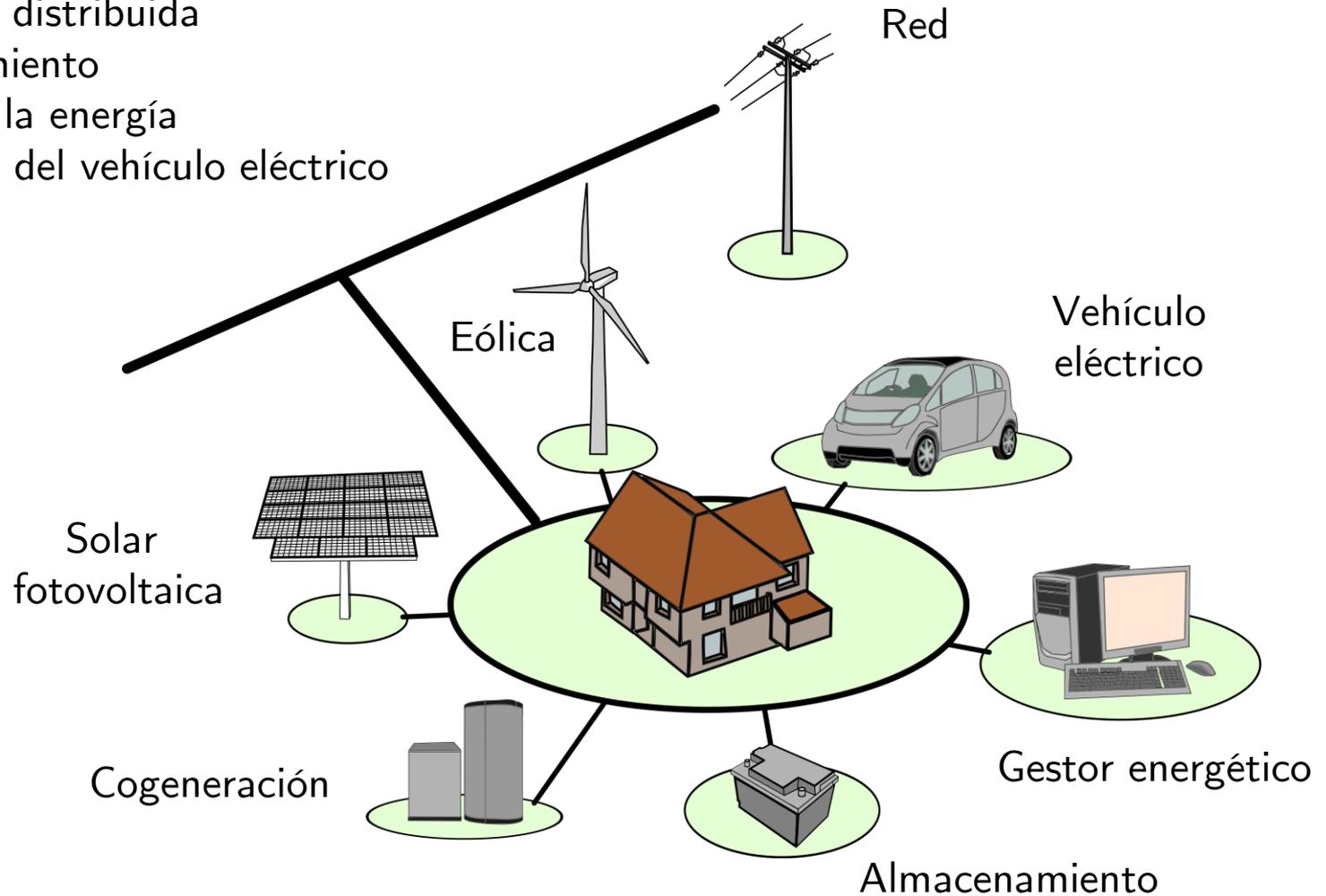
- 1 Introducción
- 2 El concepto de emulación
- 3 Microred experimental
- 4 Caso de estudio
- 5 Conclusiones

Índice

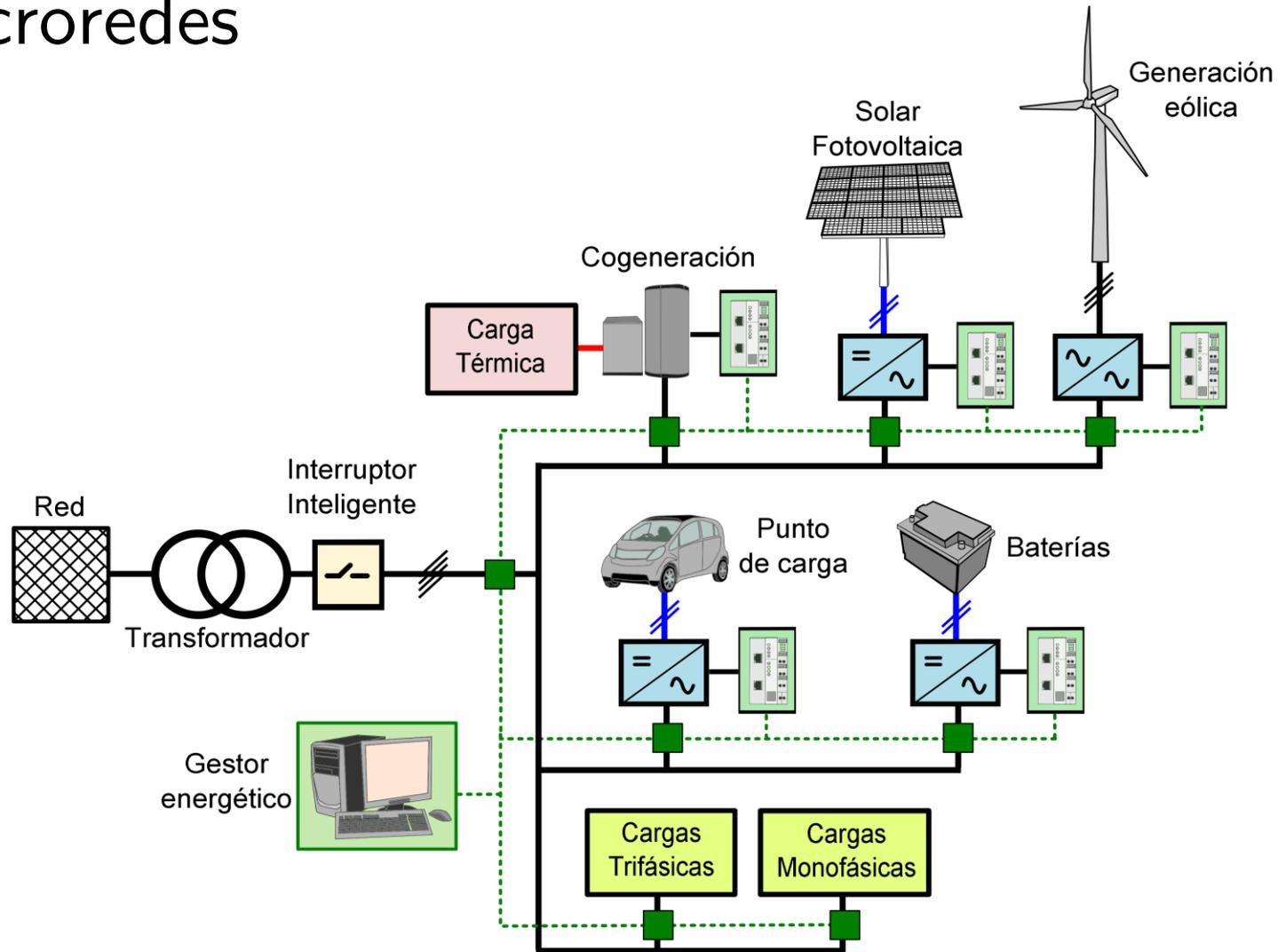
- 1 Introducción
- 2 El concepto de emulación
- 3 Microred experimental
- 4 Caso de estudio
- 5 Conclusiones

Cambio de paradigma

- Generación distribuida
- Almacenamiento
- Control de la energía
- Integración del vehículo eléctrico



Microredes

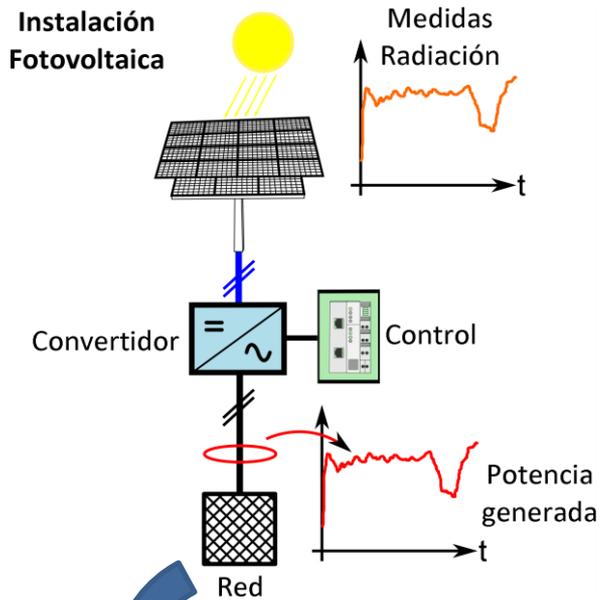


Índice

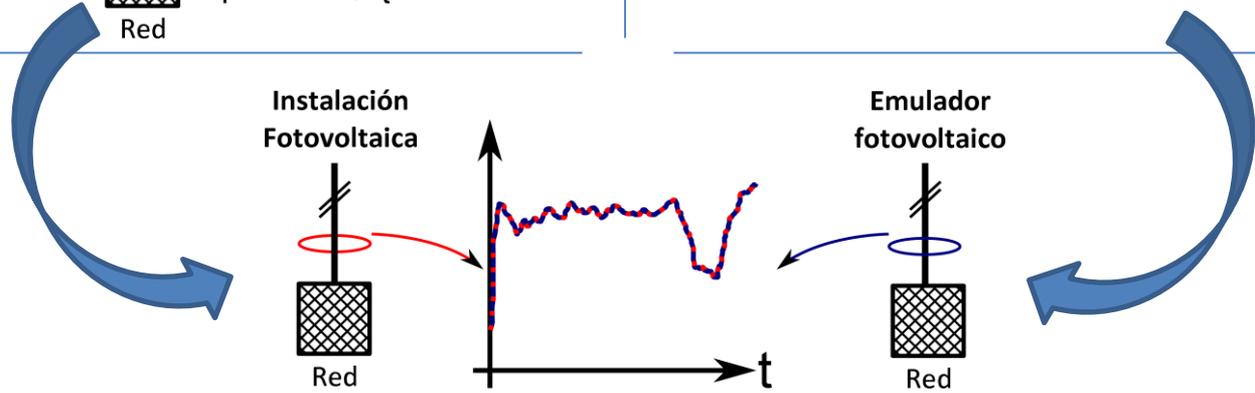
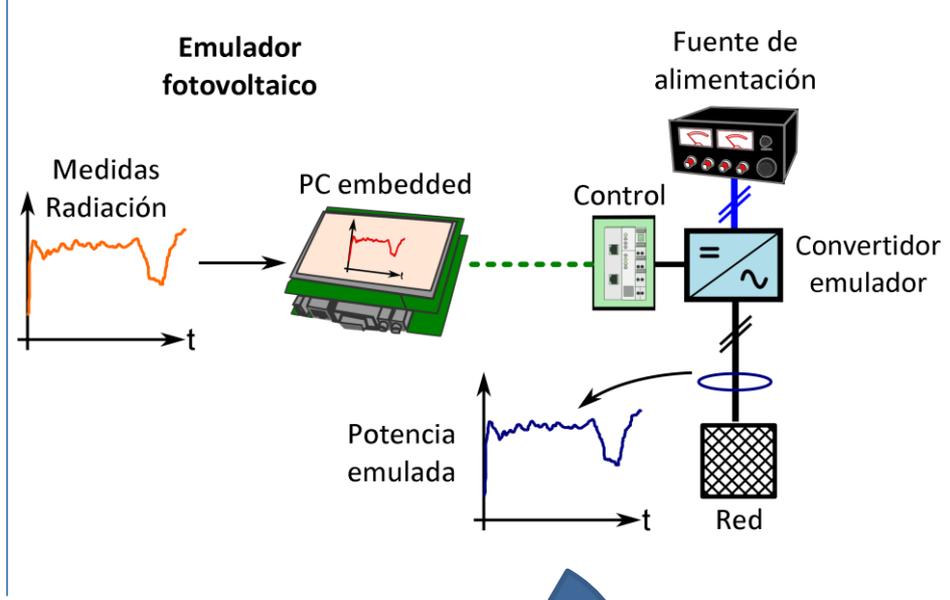
- 1 Introducción
- 2 El concepto de emulación**
- 3 Microred experimental
- 4 Caso de estudio
- 5 Conclusiones

El emulador

Instalación fotovoltaica real



Emulador fotovoltaico



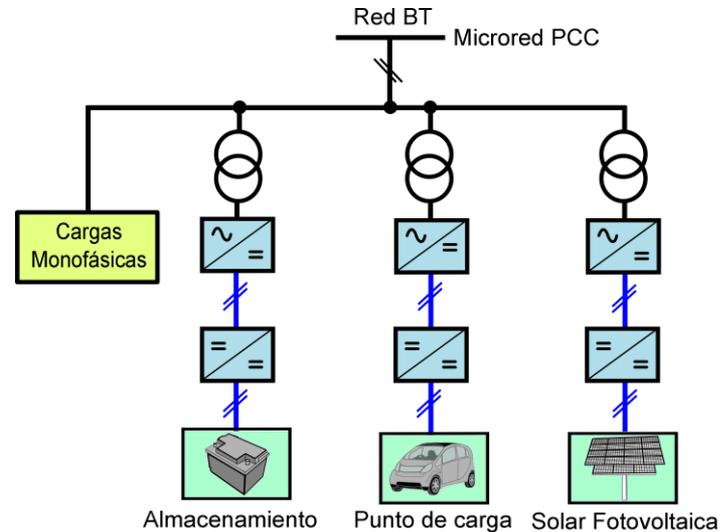
Índice

- 1 Introducción
- 2 El concepto de emulación
- 3 Microred experimental**
- 4 Caso de estudio
- 5 Conclusiones

Microred de análisis real

Elementos:

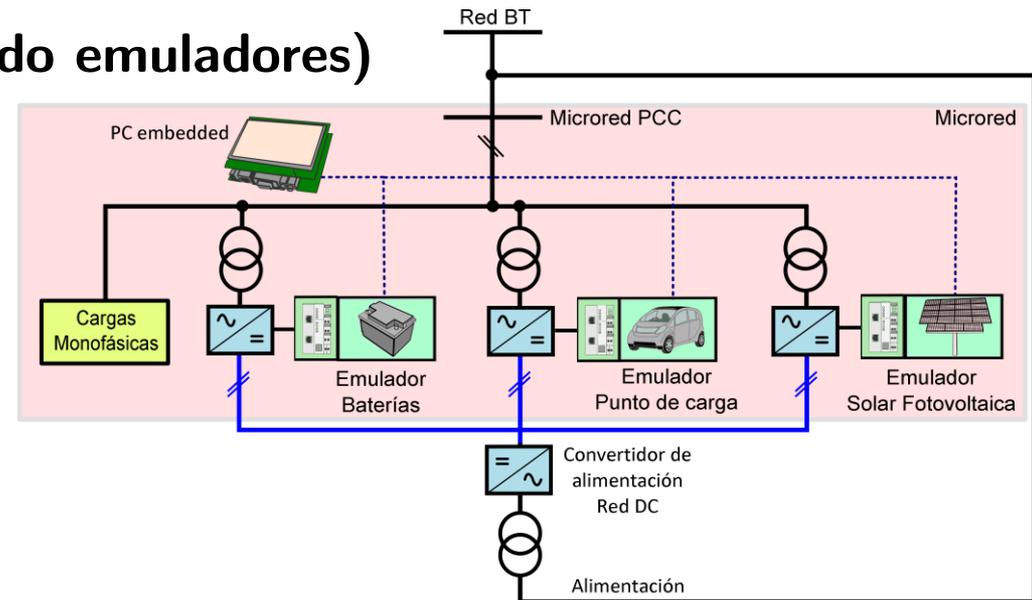
- Generación fotovoltaica
- Punto de carga de vehículos eléctricos
- Almacenamiento (baterías)
- Cargas reales



Microred laboratorio (incorporando emuladores)

Elementos:

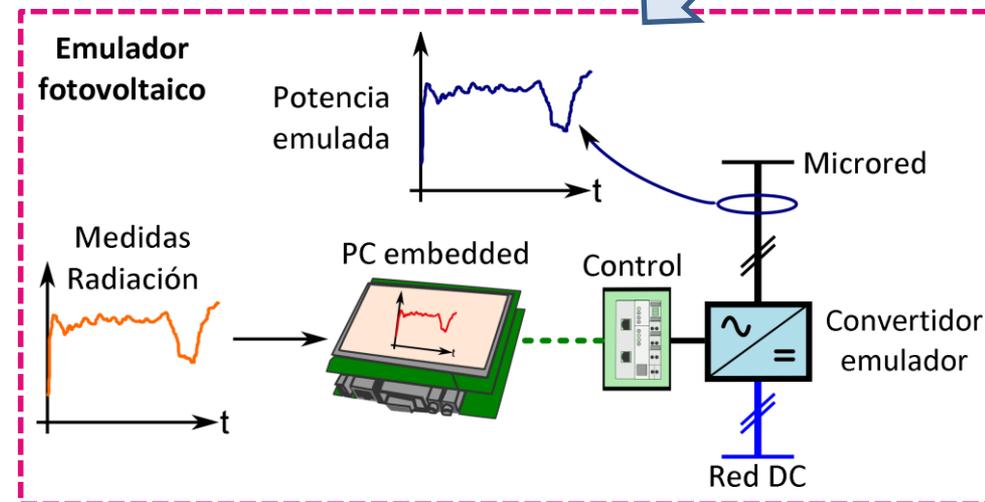
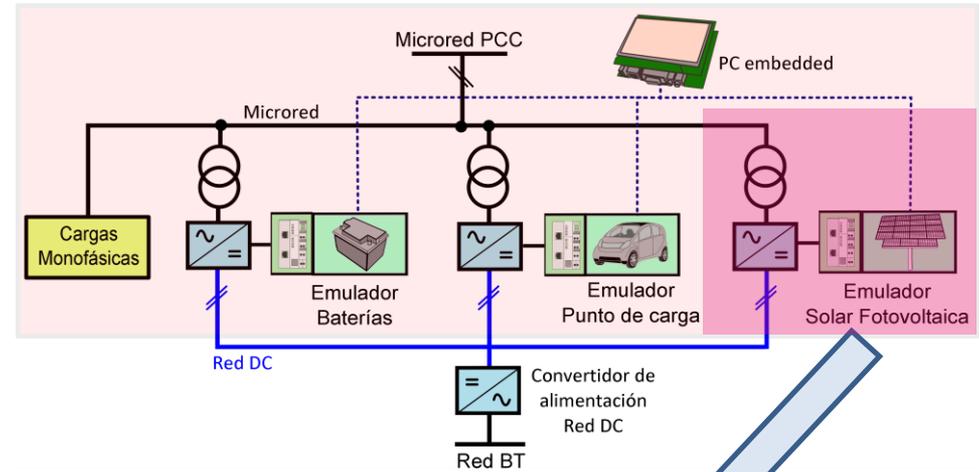
- **Emulador** solar fotovoltaica
- **Emulador** Punto de carga de vehículos eléctricos
- **Emulador** baterías
- Cargas reales



Emulador fotovoltaico

Características:

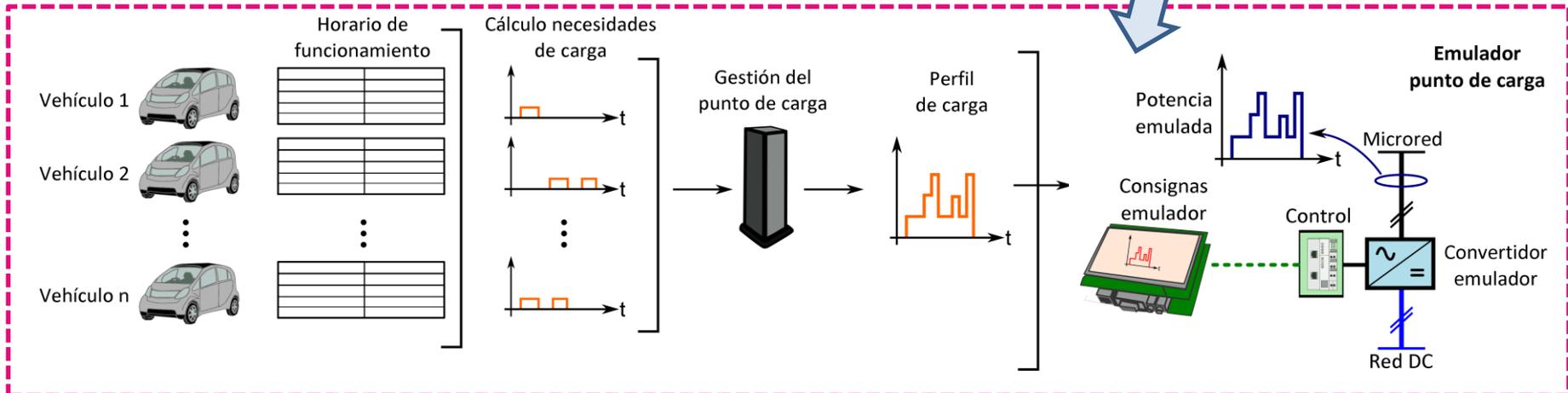
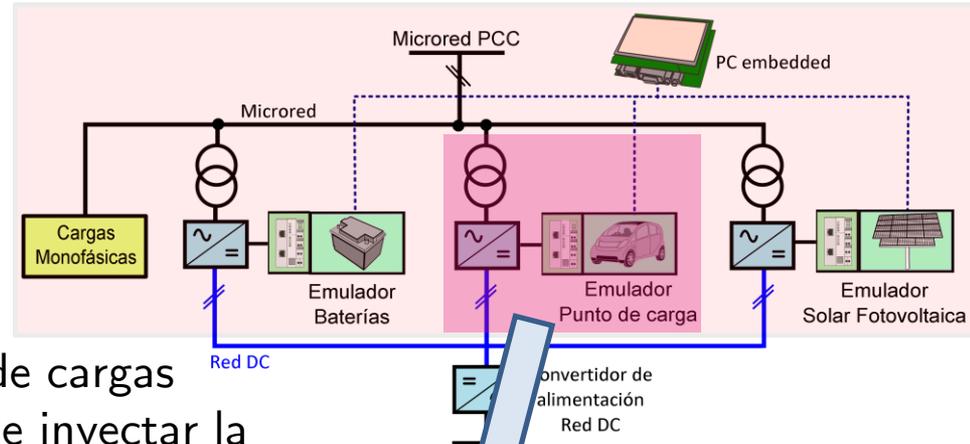
- Emulación del **panel + inversor**
- Algoritmo *Maximum Power Point Tracking* (MPPT)
- Introducción de datos reales de radiación
- La electrónica de potencia se encarga de inyectar la **potencia equivalente** a red
- Parámetros geográficos (Coordenadas geográficas, Radiación)
- Parámetros técnicos de la instalación (nº paneles, superficie, potencia, temperatura, tiempo en servicio,...)



Emulador de punto de carga

Características:

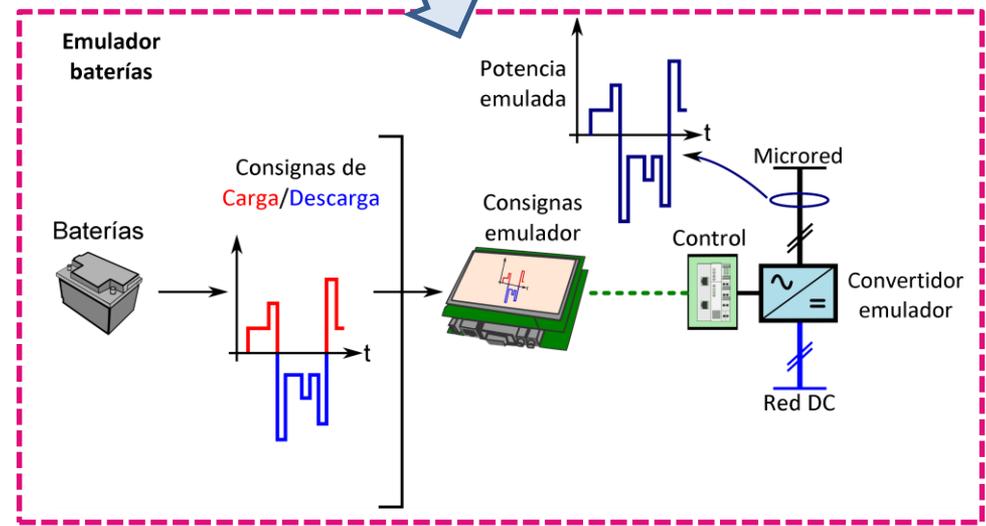
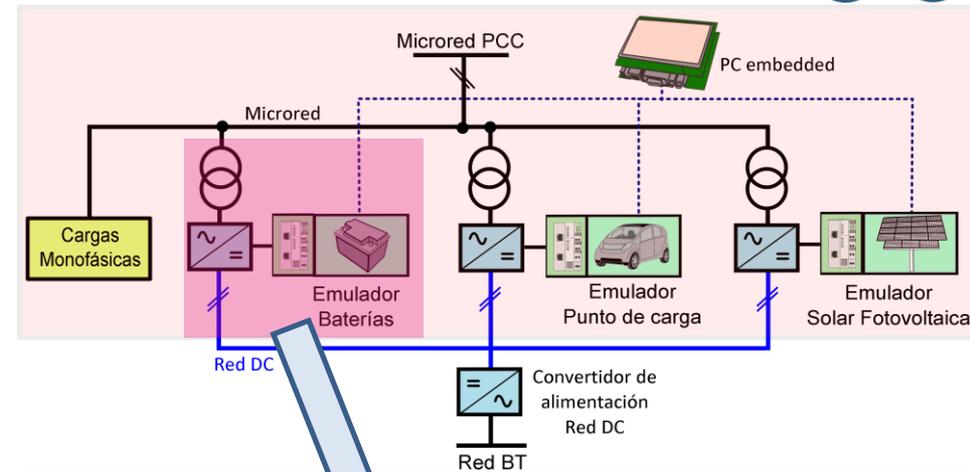
- Emulación del **perfil de potencia** de los vehículos que participan
- Introducción de flotas y horarios
- Cálculo de las necesidades de carga
- Aplicación de un algoritmo de gestión de cargas
- La electrónica de potencia se encarga de inyectar la **potencia equivalente** a red



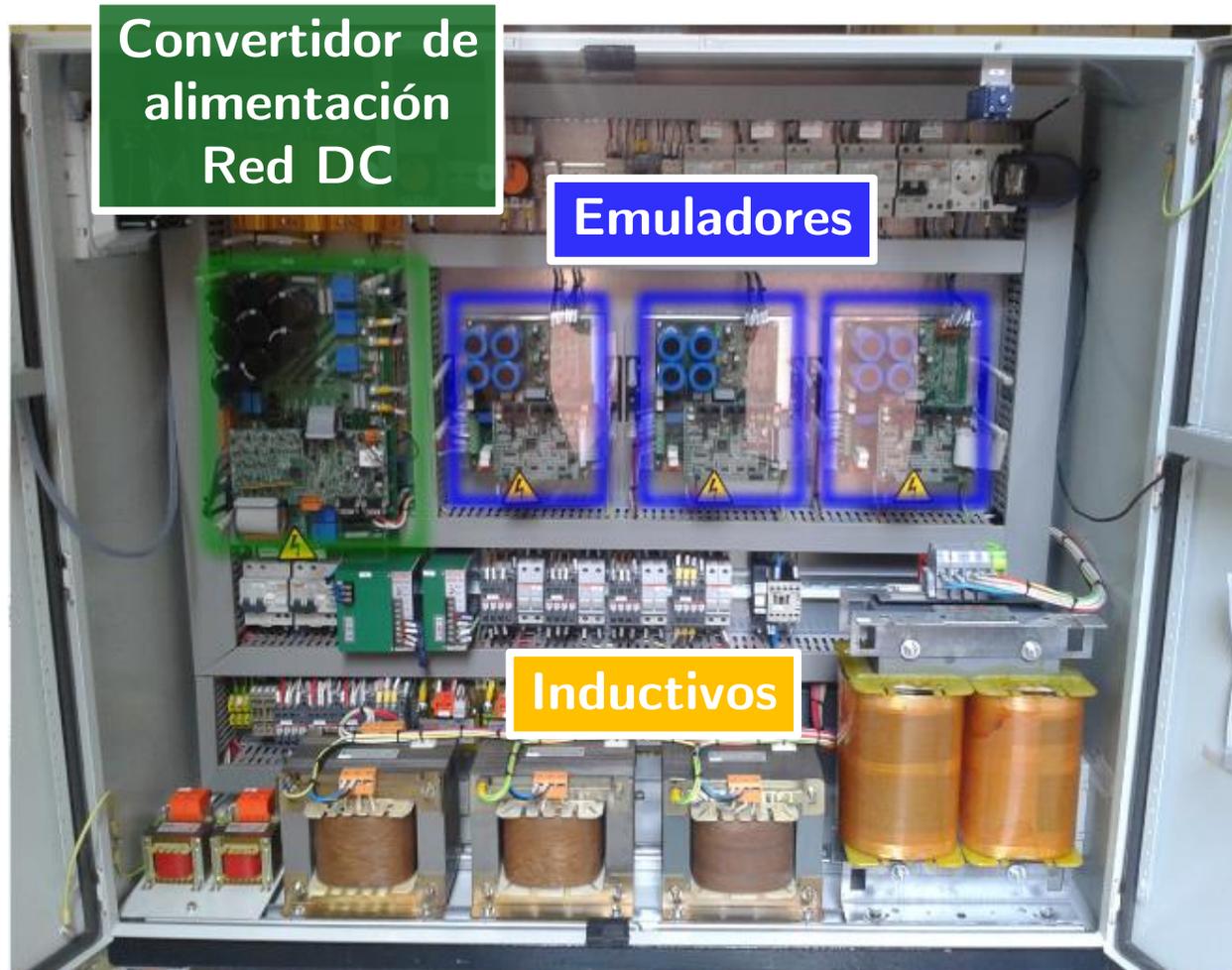
Emulador de batería

Características:

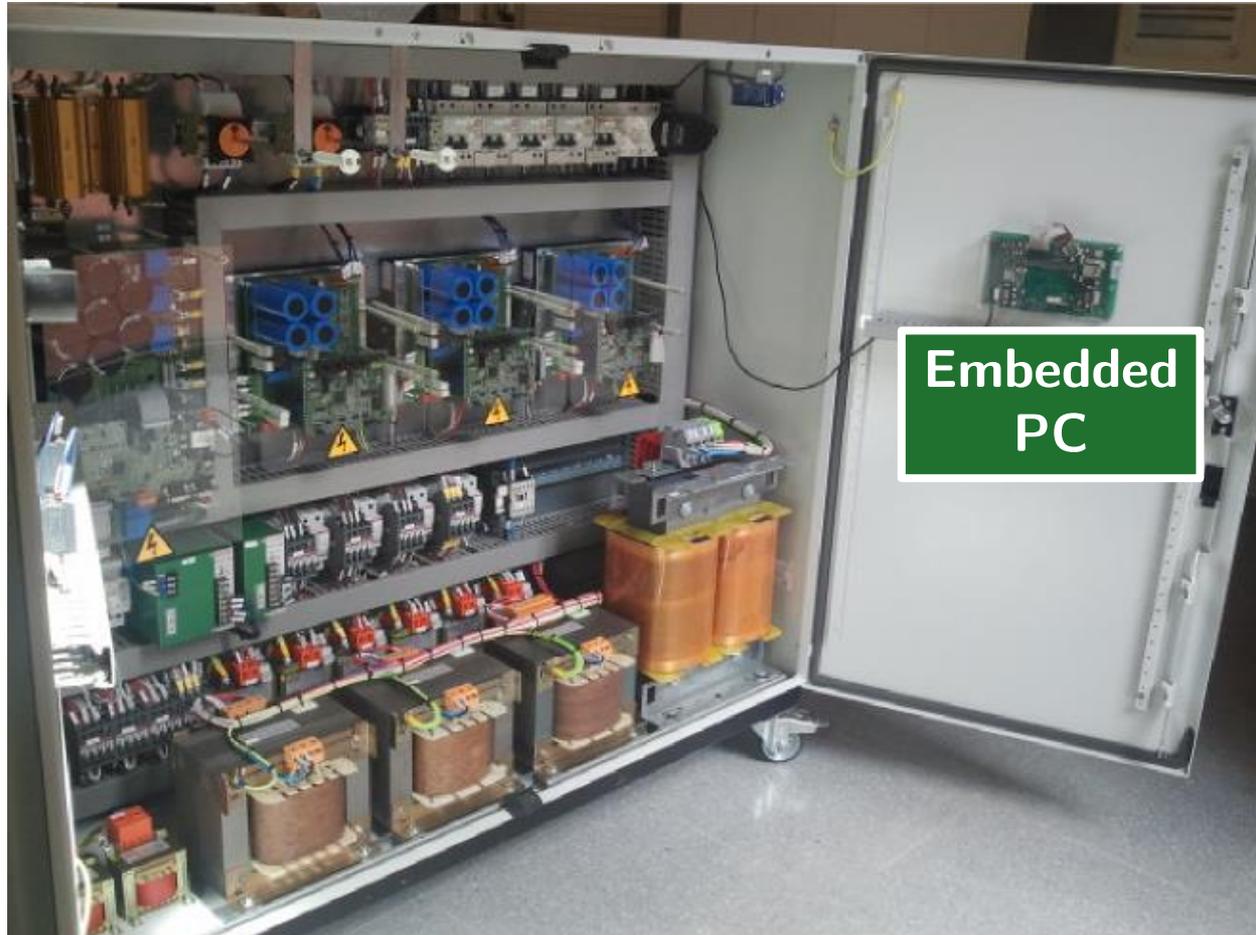
- Emulación de **batería**
- Estado de carga (SOC) programable
- La electrónica de potencia se encarga de reproducir la curva de carga/descarga
- Almacenamiento/inyección de energía
- Rendimiento carga/descarga
- Estado de carga inicial (SOC_i) y actual (SOC_a)



Microred experimental



Microred experimental

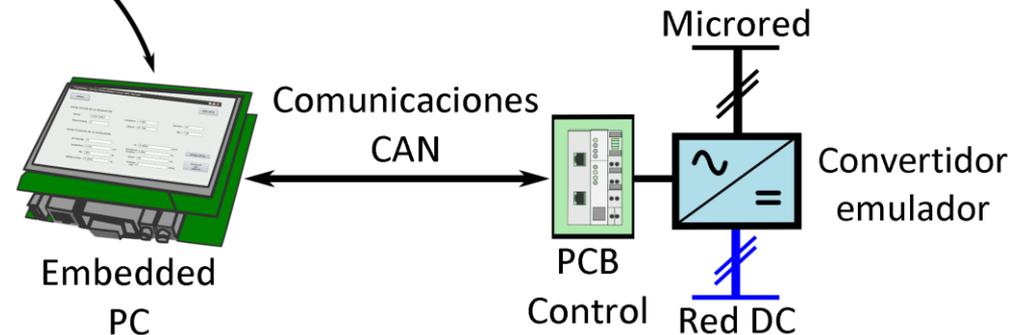
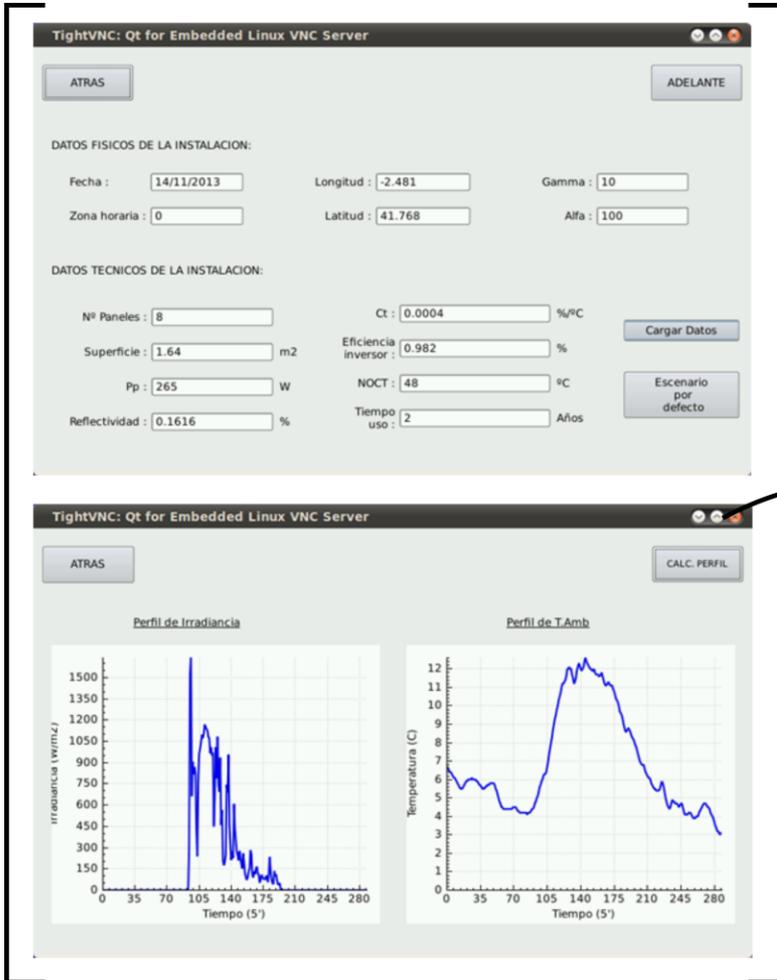


Embedded
PC

Emulador: capa software

Características:

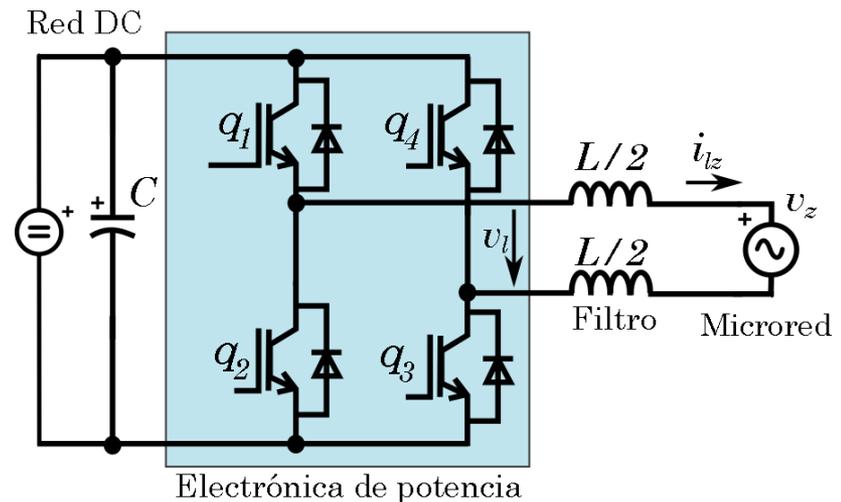
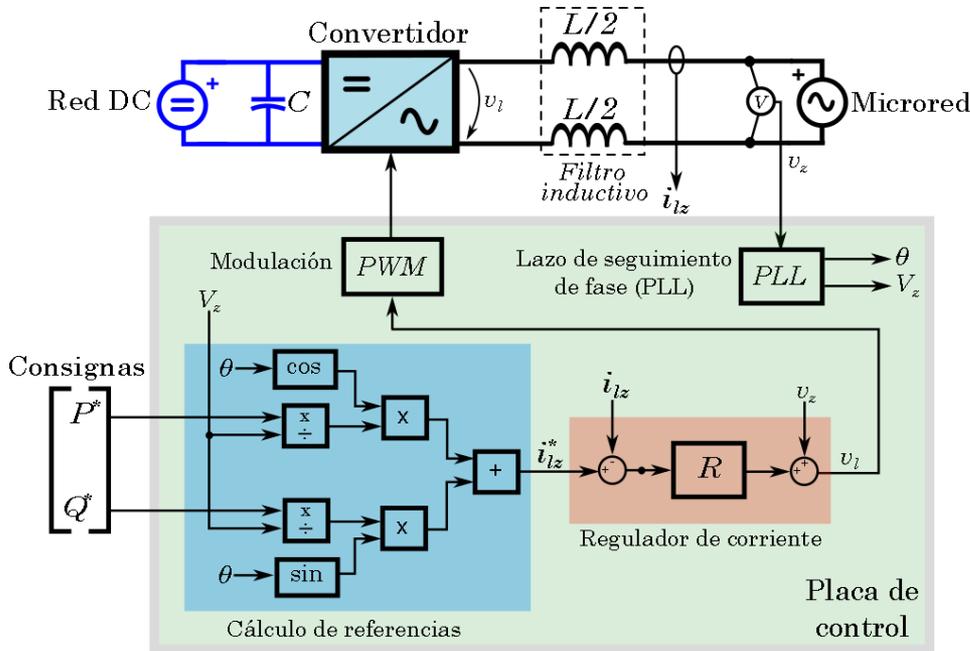
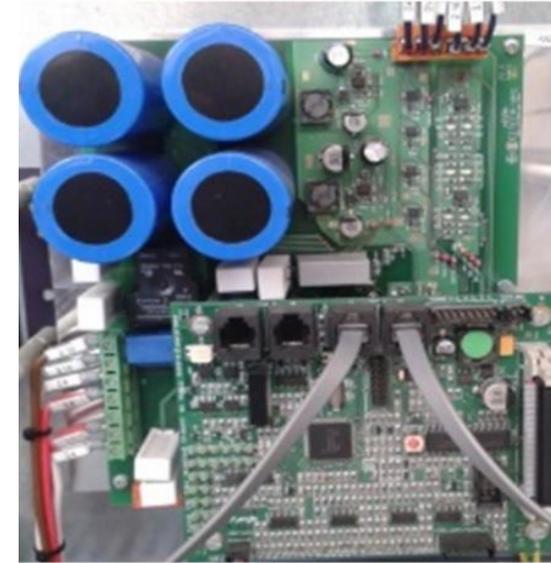
- Configuración del escenario mediante PC embedded
- Comunicaciones CAN entre PC embedded y el la placa de control que controla la electrónica de potencia
- Recogida de datos mediante el PC embedded



Emulador: capa hardware

Lazo interno de control de potencia

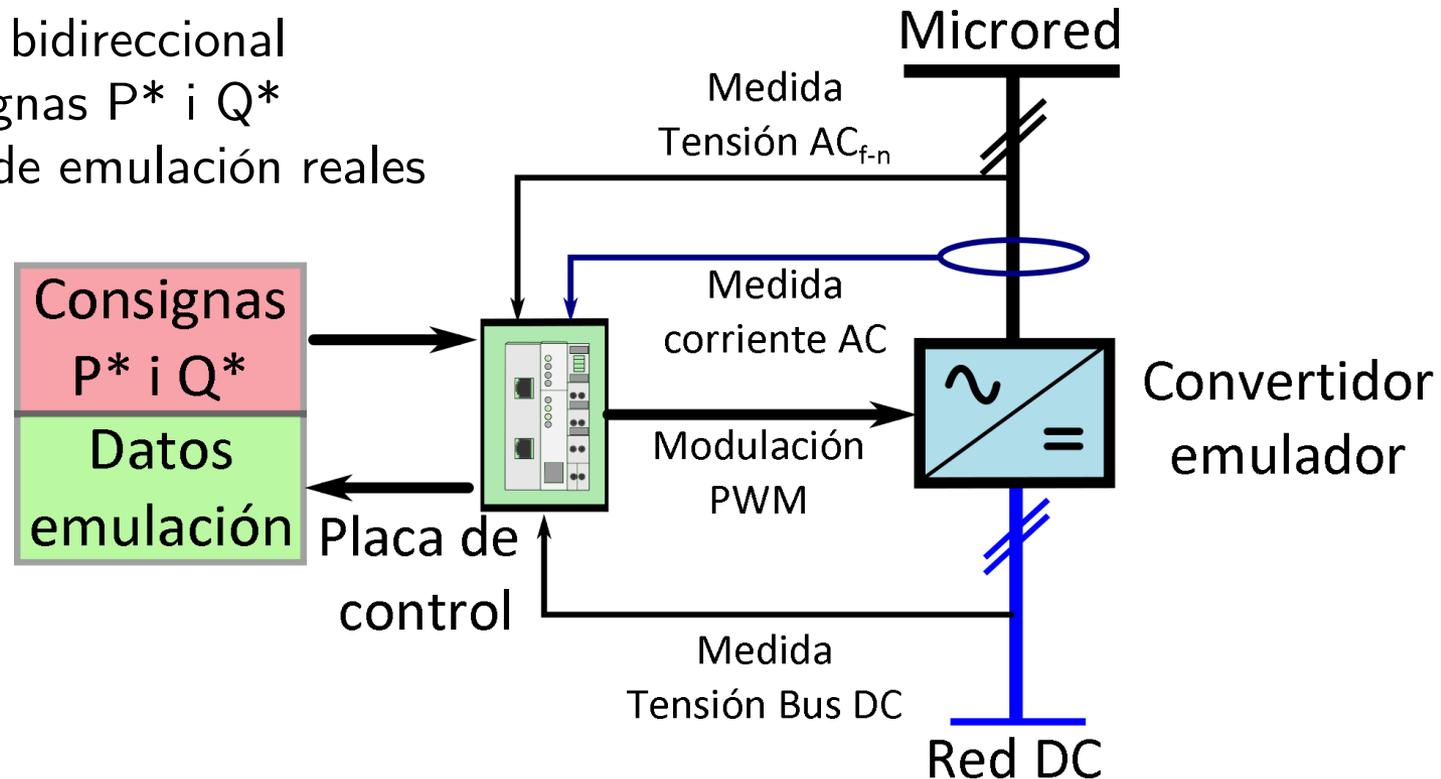
- Estructura Puente en H
- PLL monofásica
- Lazo externo de potencia
- Lazo de control de corriente resonante
- Modulación tres niveles PWM



Emulador: funcionamiento

Características:

- Convertidor monofásico conectado a red
- Control independiente de potencia activa/reactiva
- Comunicación bidireccional
 - Recibe consignas P^* i Q^*
 - Envía datos de emulación reales



Configuración de la microrred

PC embedded

- Configuración de los emuladores.
- Calcula los perfiles de potencia a emular



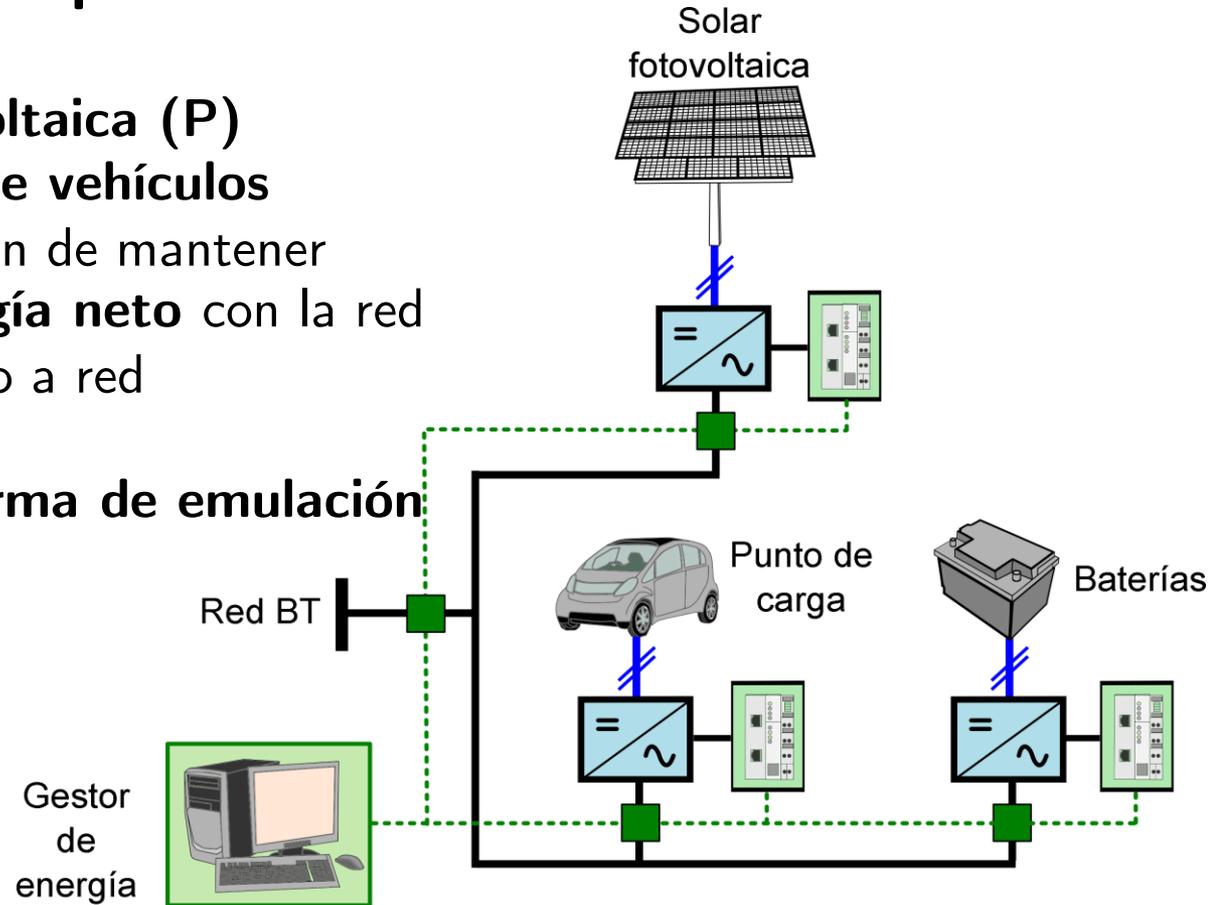
Índice

- 1 Introducción
- 2 El concepto de emulación
- 3 Microred experimental
- 4 Caso de estudio**
- 5 Conclusiones

Escenario

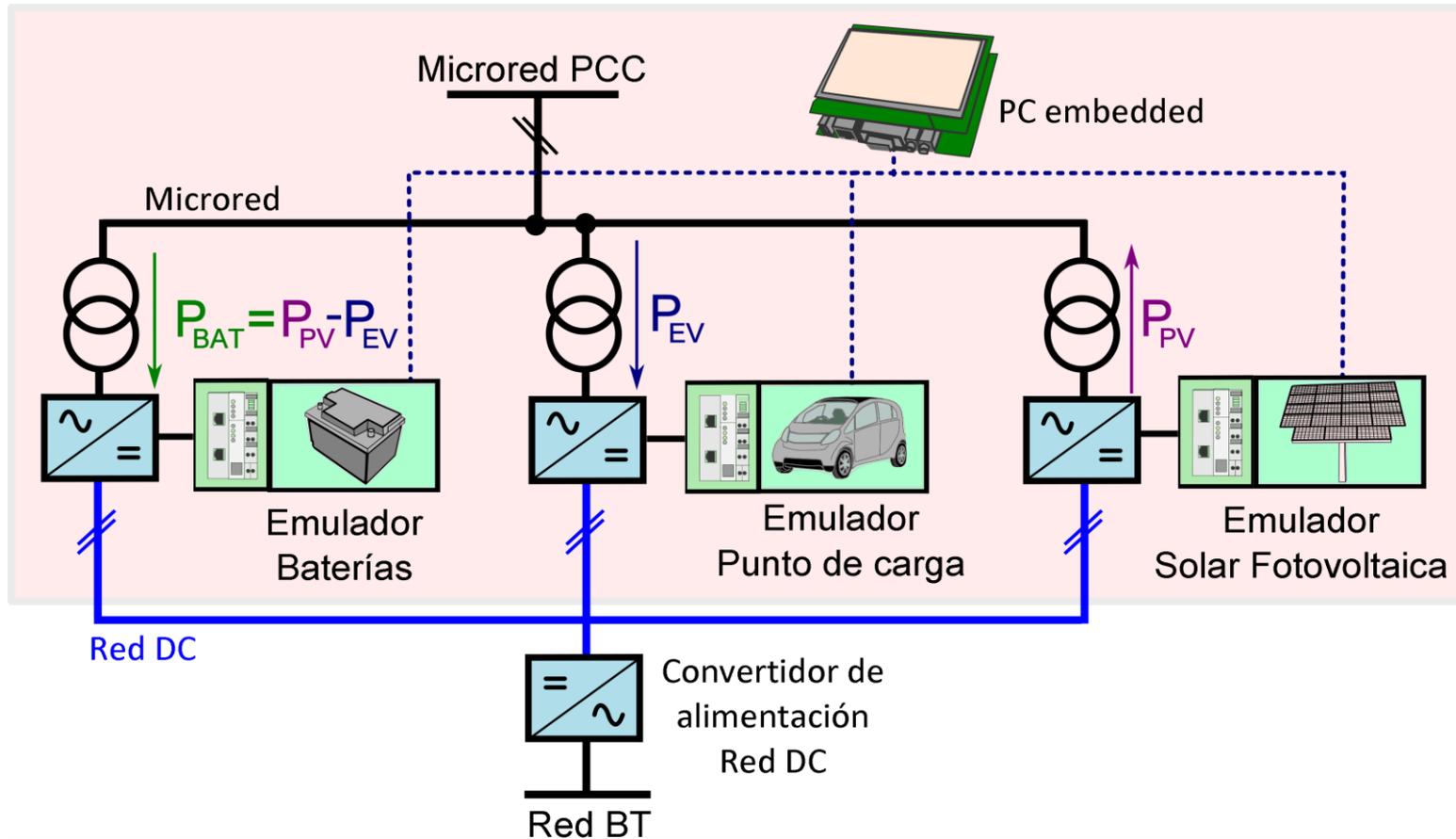
Punto de carga de vehículos eléctricos alimentado por paneles fotovoltaicos con soporte de baterías

- Instalación **fotovoltaica (P)**
- Punto de **carga de vehículos**
- Baterías que tratan de mantener **balance de energía neto** con la red
- Sistema conectado a red
- Se usa la **plataforma de emulación**



Escenario

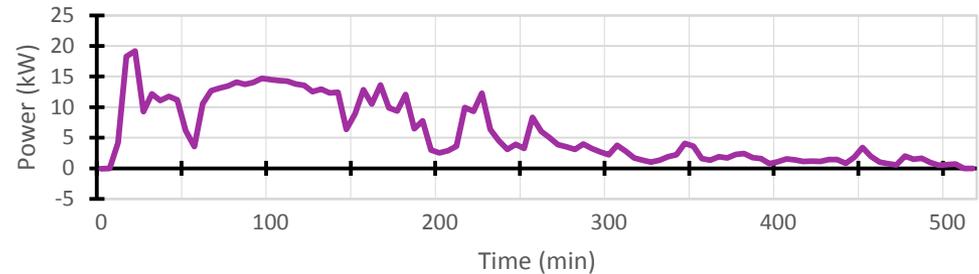
Se utiliza la plataforma de emulación para representar el sistema



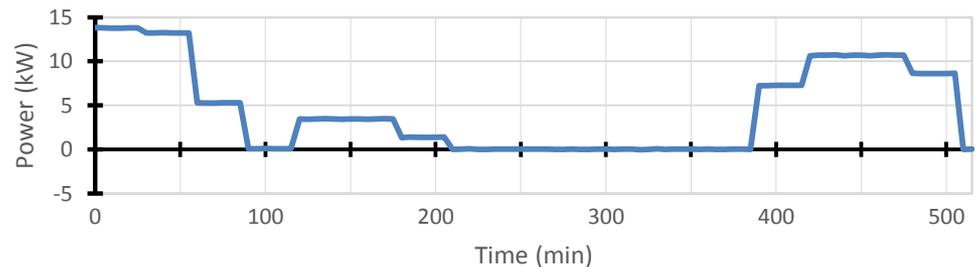
Escenario

Cálculo de los perfiles de potencia a emular

- Emulador fotovoltaico
 - Radiación y localización de la instalación
 - Características paneles fotovoltaicos



- Emulador vehículos eléctricos
 - 5 vehículos públicos: 2 ambulancias, 2 coches policía, 1 coche oficial



- Emulador baterías
 - Almacena energía excedente de la generación fotovoltaica
 - Inyecta energía para dar soporte a la carga de vehículos eléctricos

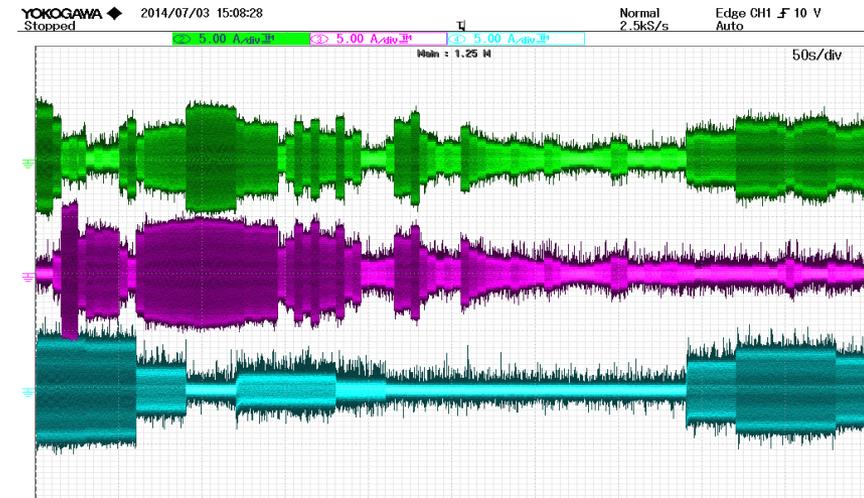


Cálculo en tiempo real

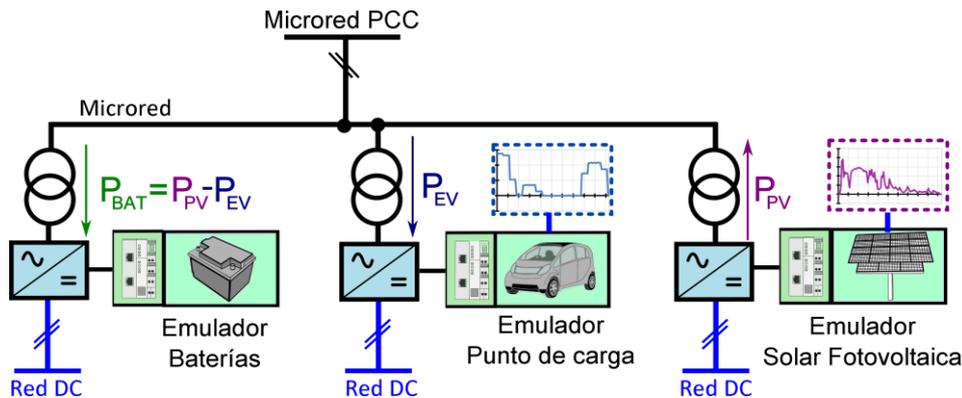
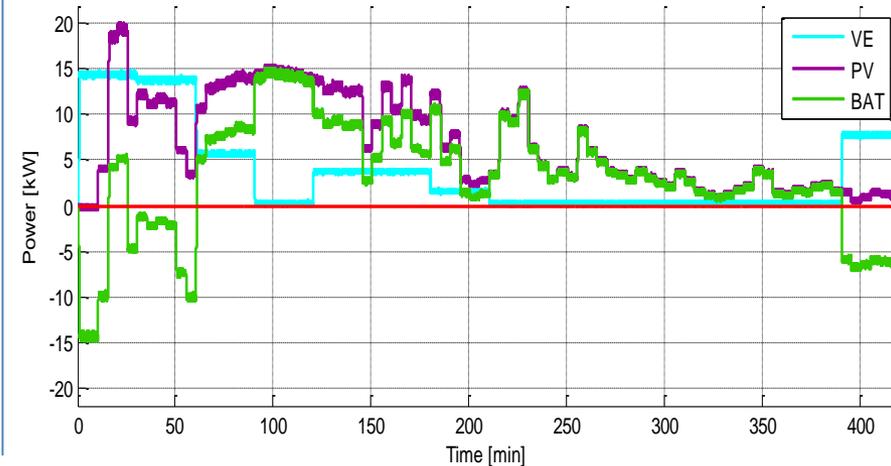
Resultados experimentales

- Emulación de 8 horas **acelerada** en 8 minutos
- Capturas de **corrientes y potencias reales**
- Buen seguimiento de los perfiles de potencia de emulación calculados

Corrientes reales



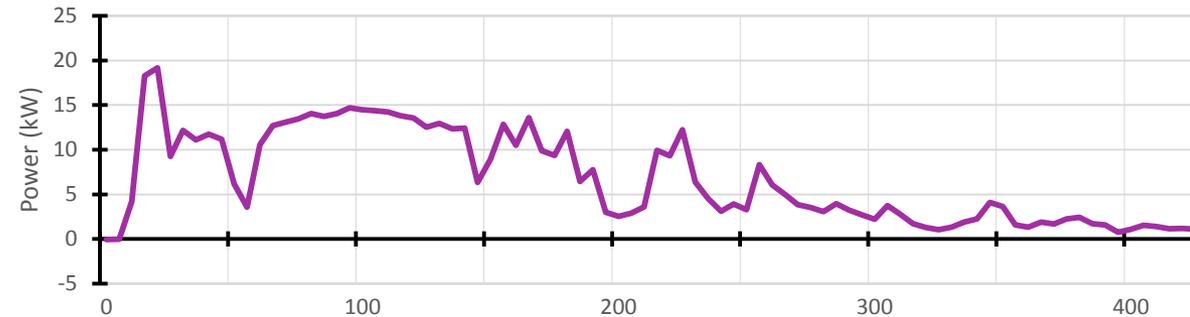
Potencias reales



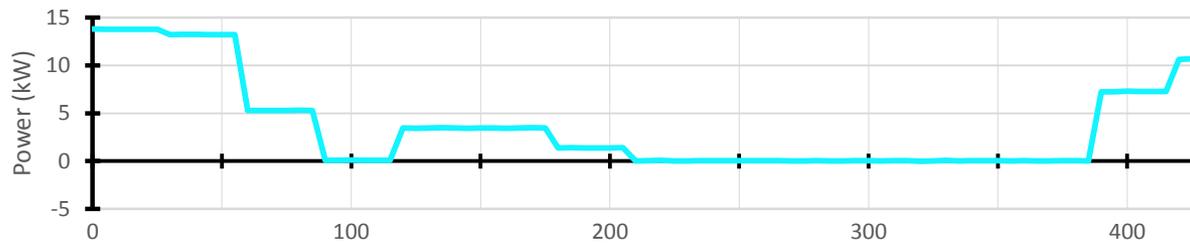
Comparativa Perfiles Vs Emulación

450 min

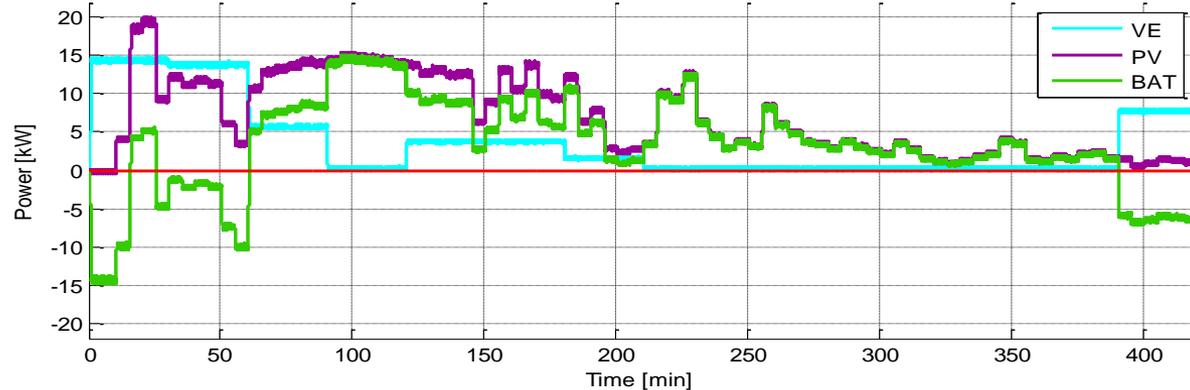
Emulador
Fotovoltaico
(Perfil de potencia
terórico)



Emulador
Punto de carga
(Perfil de potencia
teórico)



Medidas reales
(Emuladores)

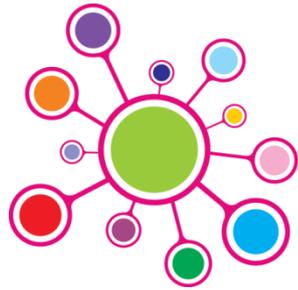


Índice

- 1 Introducción
- 2 El concepto de emulación
- 3 Microred experimental
- 4 Caso de estudio
- 5 Conclusiones**

Conclusiones

- Se ha realizado con éxito un experimento en una microred creada mediante emuladores.
- Los diferentes emuladores pueden ser reconfigurados de forma que otros recursos puedan ser representados.
- Este tipo de plataformas resulta muy útil para el desarrollo de nuevas tecnologías relacionadas con el campo de las microrredes, integración de renovables, sistemas de gestión de energía, entre otros.



Muchas gracias

eduardo.prieto-araujo@citcea.upc.edu

Eduardo Prieto, Gerard Clariana, Andreu Vidal,
Guillem Vinyals, Roberto Villafáfila, Oriol Gomis



CITCEA-UPC

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad mediante los proyectos “S.O.R.I.A. (+x-)” (IPT-2011-1892-920000) y “Sistemas de transporte eléctrico para grandes centrales eólicas marinas” (ENE2012-33043)