

Autoconsumo de electricidad fotovoltaica con Gestión Activa de la Demanda: el sistema GEDELOS-FV



POLITÉCNICA

Universidad Politécnica de Madrid

E. Caamaño Martín, M. Castillo Cagigal,
D. Masa Bote, A. Gutiérrez, E. Matallanas,
F. Monasterio-Huelin, F.J. Jiménez Leube

Instituto de Energía Solar

Dpto. Tecnologías Especiales Aplicadas a la Telecomunicación

Dpto. Tecnología Electrónica

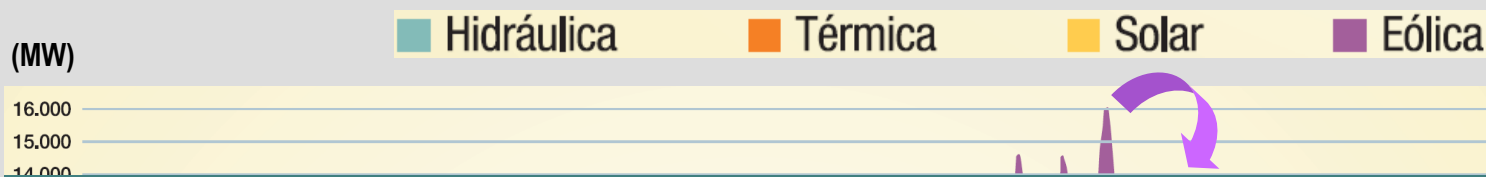
Contenido

- Contexto
- Gestión Activa de la Demanda con ESF
- El sistema GEDELOS-FV
- Factor de autoconsumo
- Estudios teóricos
- Resultados experimentales
- Conclusiones

1. Contexto

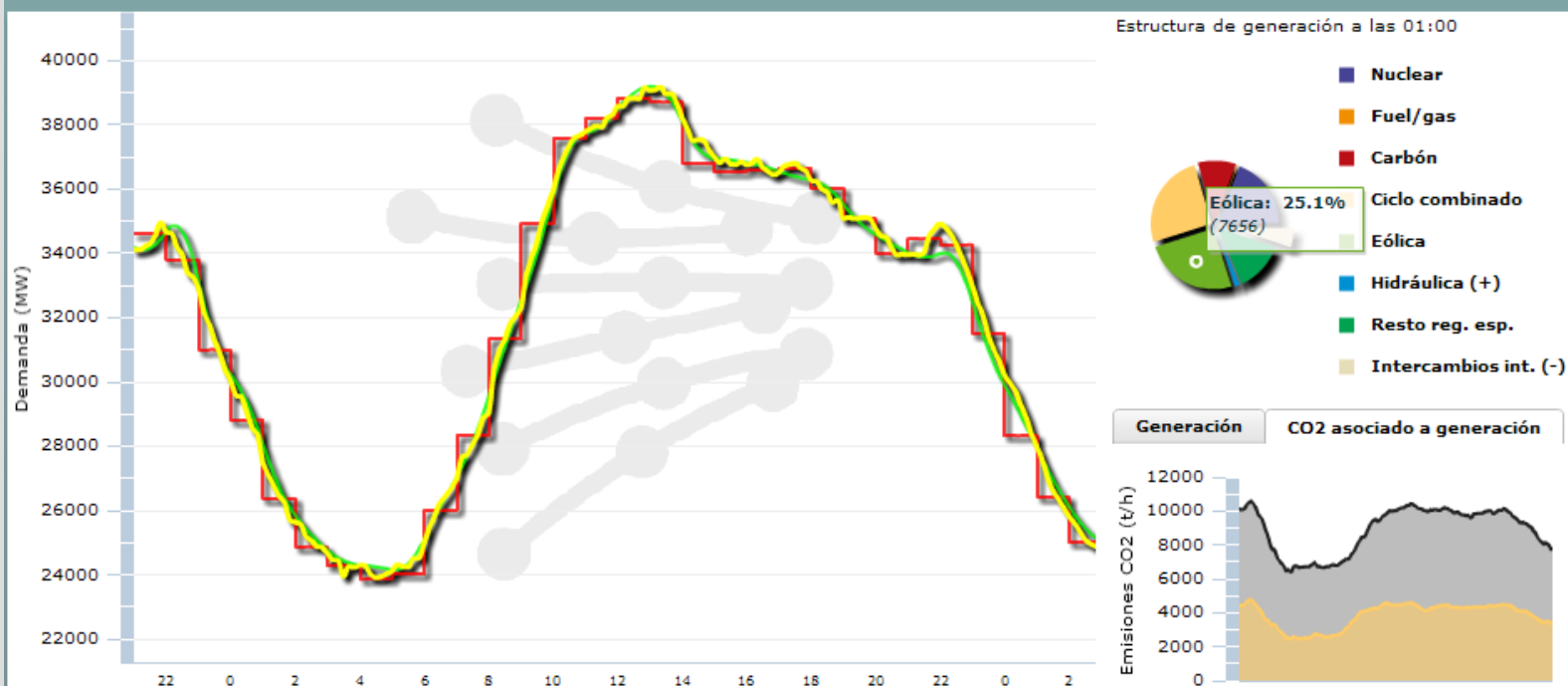
- Presencia creciente de electricidad renovable en las redes

Julio 2009



23/7/2009

Demanda de energía eléctrica en tiempo real, estructura de generación y emisiones de CO2



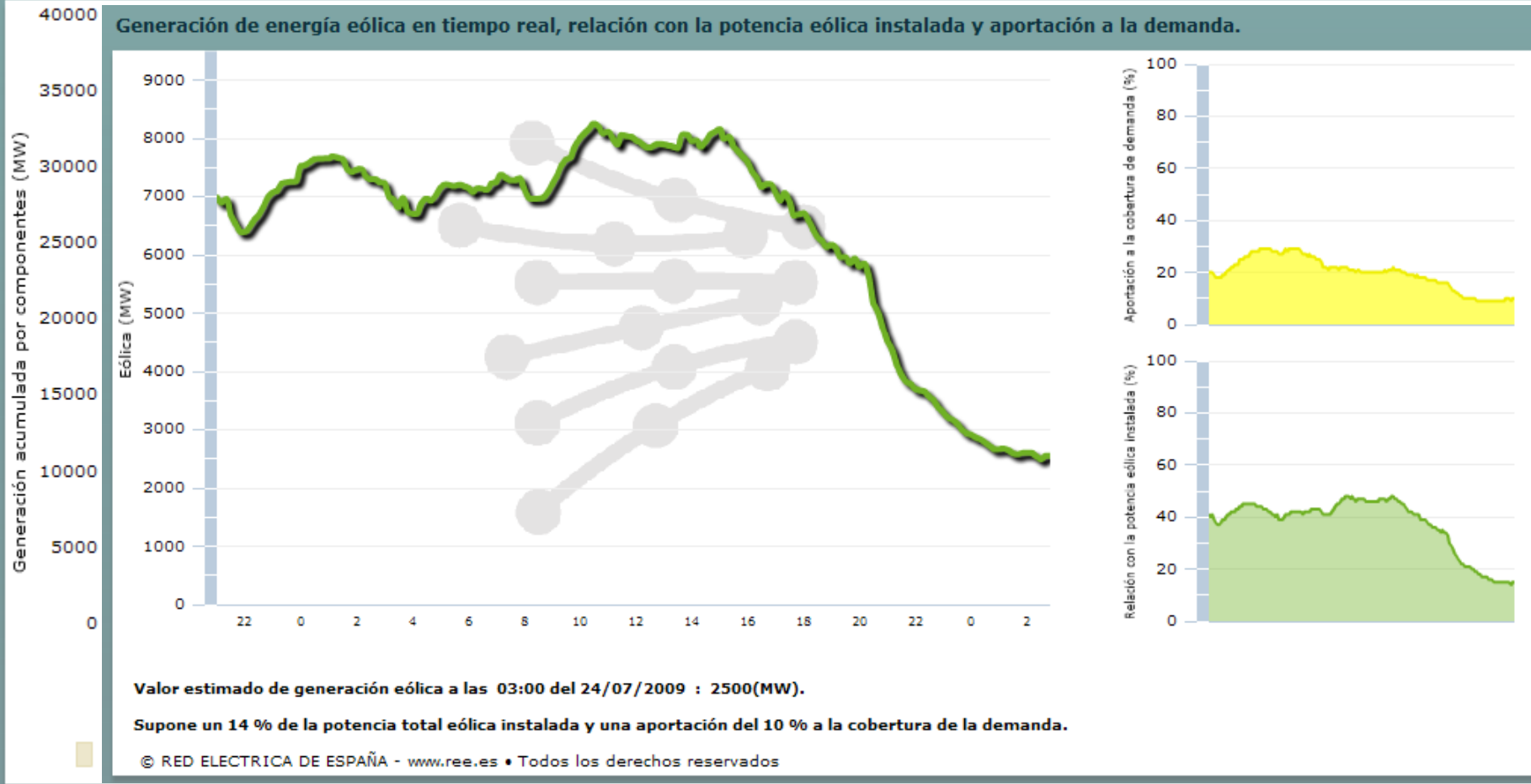
[Fuente: Red Eléctrica de España]

1. Contexto

Julio 2009

[Fuente: Red Eléctrica de España]

Detalle de la estructura de generación en tiempo real



➔ Necesidad de una integración efectiva en las redes

1. Contexto: Energía Solar Fotovoltaica

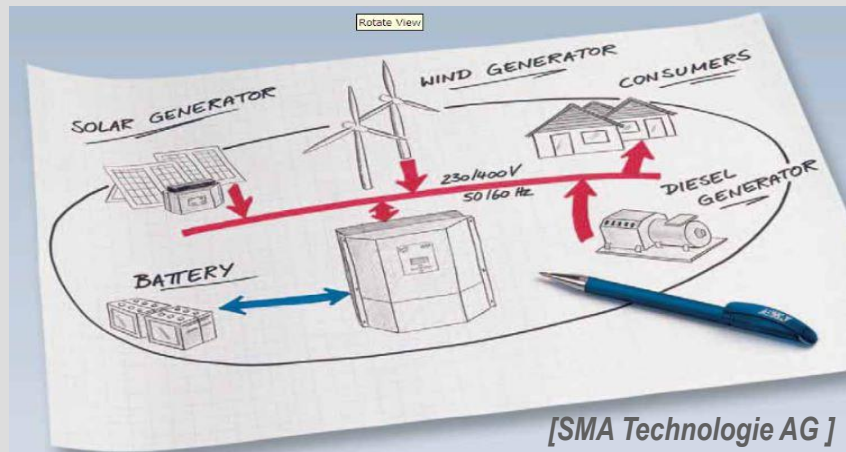
- Precios crecientes de la electricidad comercial
- Costes decrecientes de la electricidad fotovoltaica
- Incentivos al autoconsumo (Alemania, ¿España?)
- Paridad de red en la Unión Europea en la próxima década
- Disminución de incentivos (“feed-in-tariffs”, primas, bonos) a la venta de electricidad

Interés de explorar nuevos modos de operación de la Generación Distribuida Fotovoltaica:

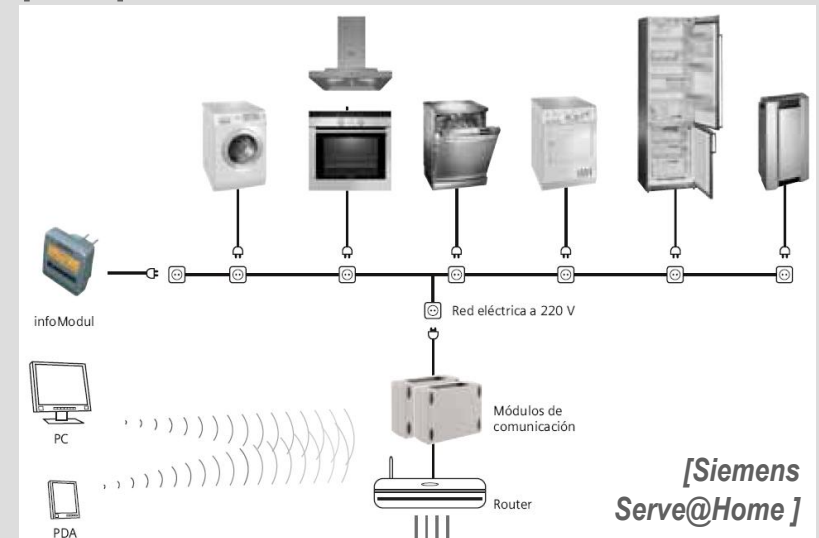
➡ Integración de la demanda y la generación locales para optimizar el uso de la tecnología fv

2. Gestión de la Demanda con ESF

- Nueva generación de sistemas fv híbridos



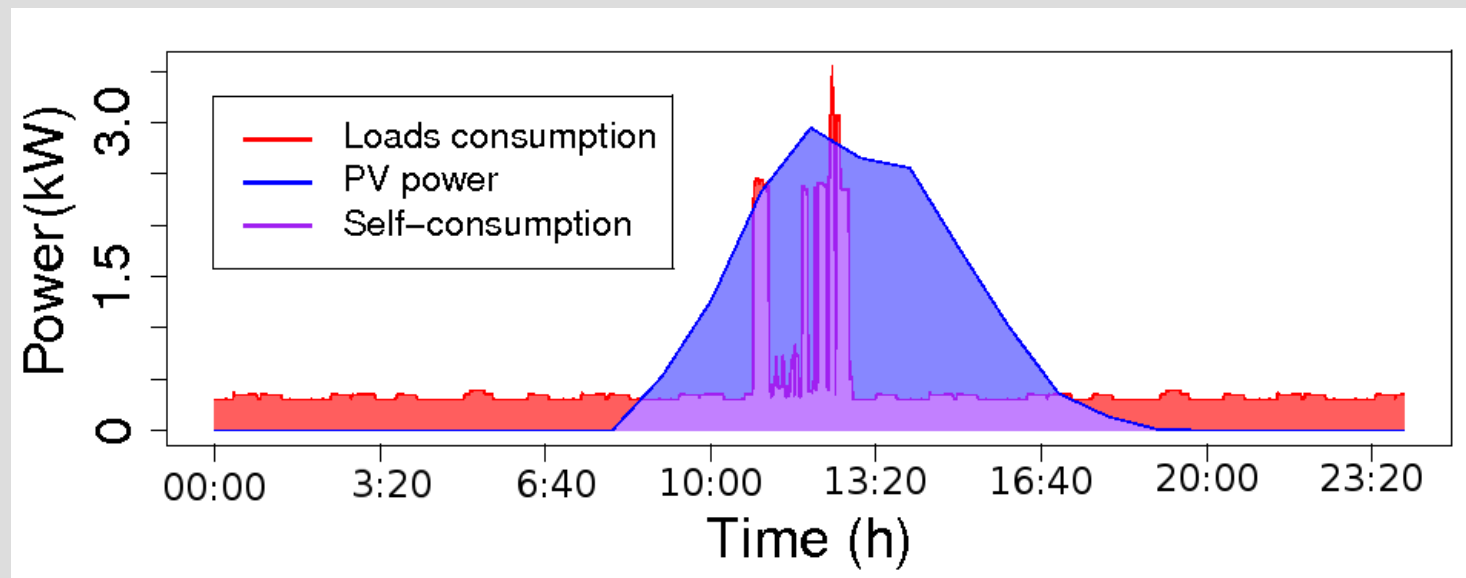
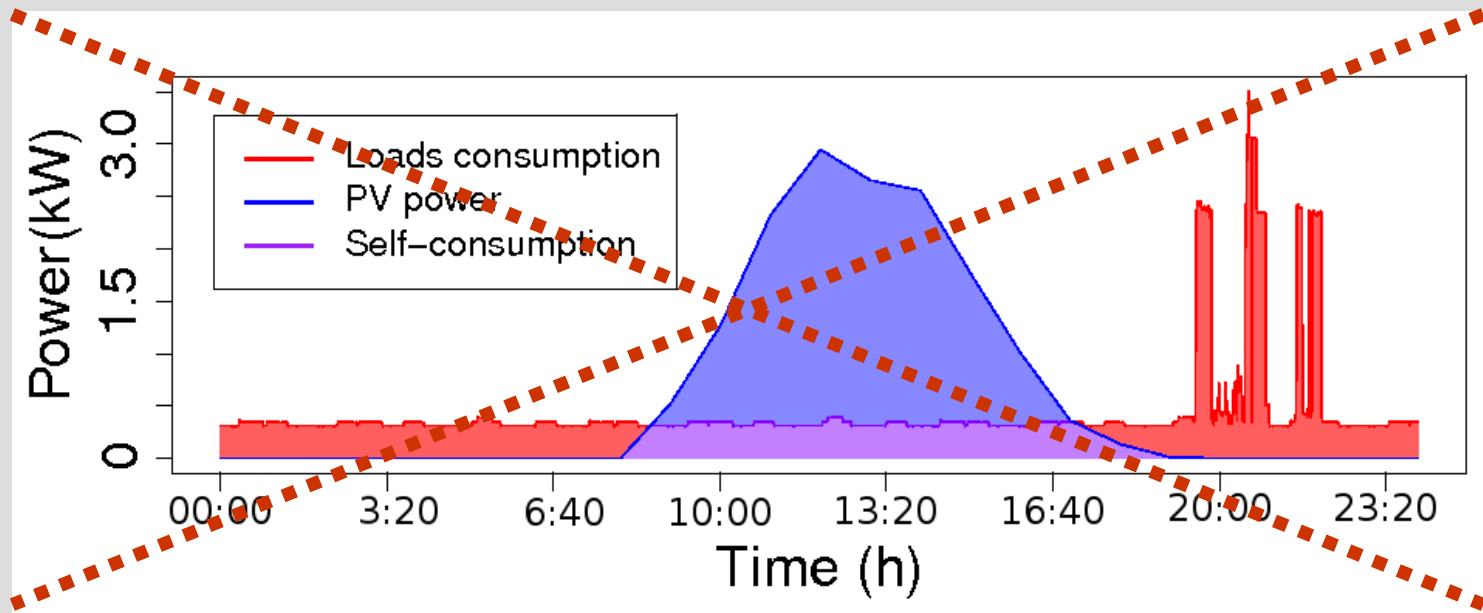
- Gestión de la Demanda para pequeños consumidores



Valor añadido de la electricidad FV a través de estrategias de autoconsumo e inyección a la red

➔ Usuario FV: “consumidor activo”, puede optimizar su consumo y el uso de su instalación

2. Gestión de la Demanda con ESF (GDE-FV)



2. Gestión de la Demanda con ESF

■ Retos:

- Ingeniería de Sistemas FV: Supervisión y gestión en tiempo real, predicciones de generación, interacción con la red eléctrica
- Ingeniería de Control: enfoque multivariable de la gestión de consumos (necesidades y preferencias de usuario, electrodomésticos, fuentes locales y externas de electricidad)



Proyecto GEDELOS-FV:

Gestión de la Demanda Eléctrica Domiciliaria con
Tecnología Solar Fotovoltaica

3. El sistema GeDELOS-FV

Ejemplo de valor añadido de la tecnología FV combinando el uso de sistemas híbridos con estrategias de Gestión de la Demanda (GDM)

→ **“Gestión Activa de la Demanda”**

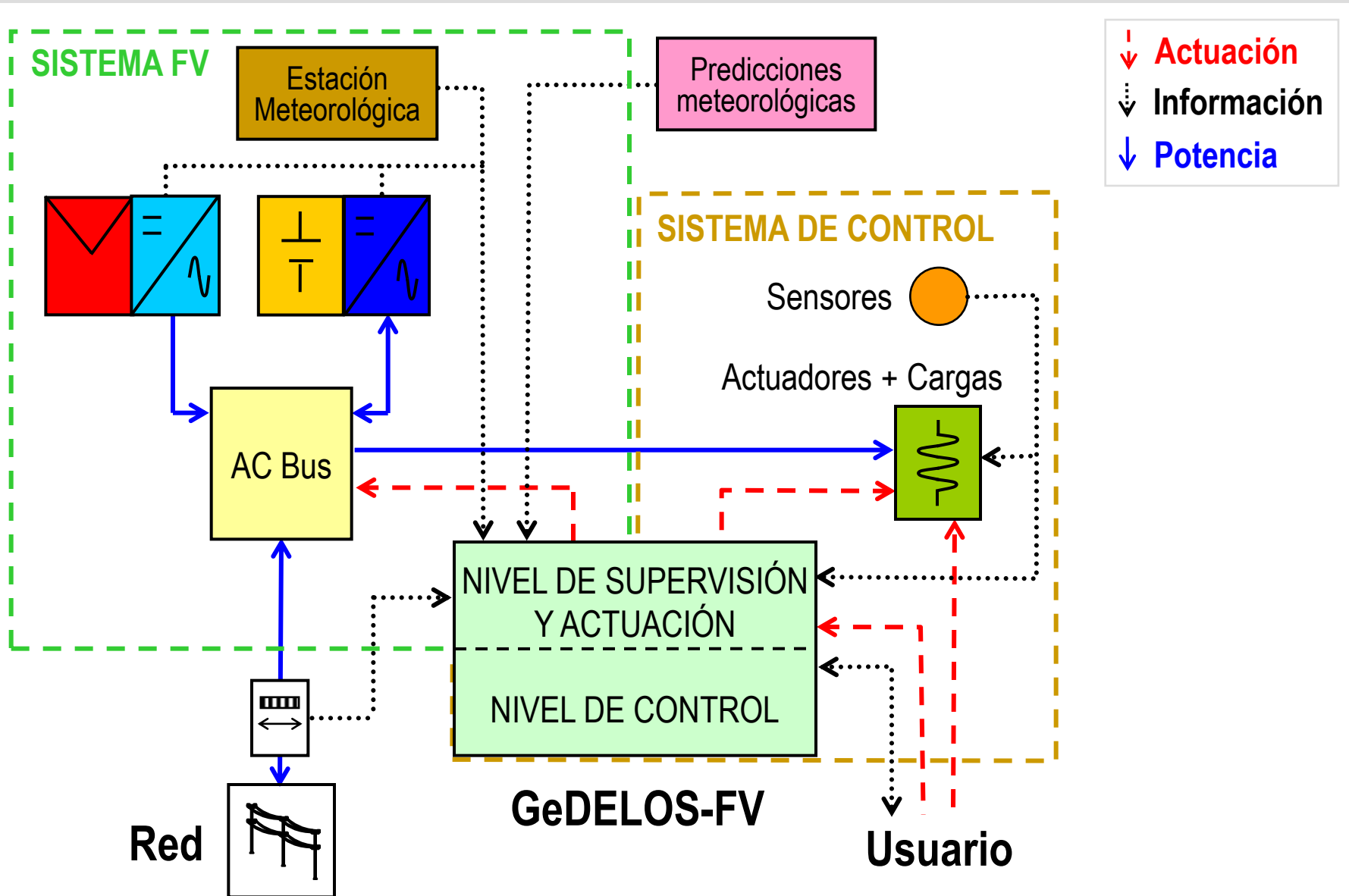
Objetivos:

Satisfacer las necesidades del usuario, optimizando el uso de la electricidad FV

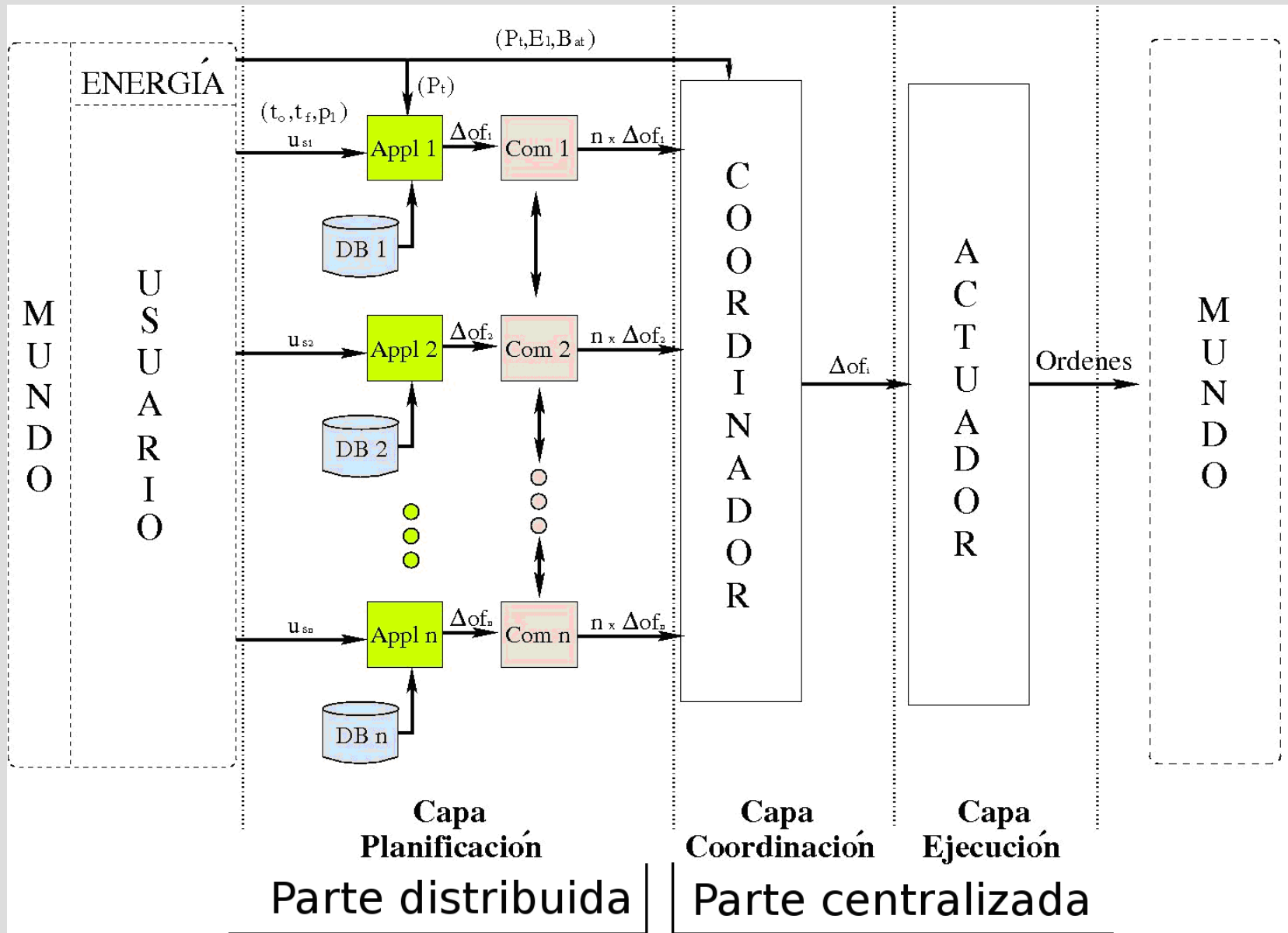
Estrategias:

- Uso directo: programación de cargas
- Uso indirecto: almacenamiento a pequeña escala

3. El sistema GeDELOS-FV



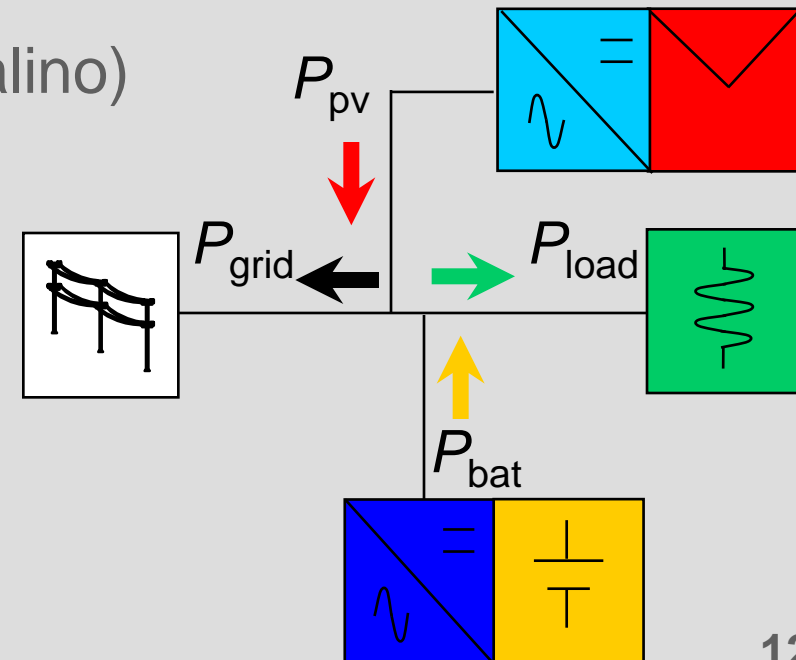
3. GeDELOS-FV: Arquitectura del sistema de GDE



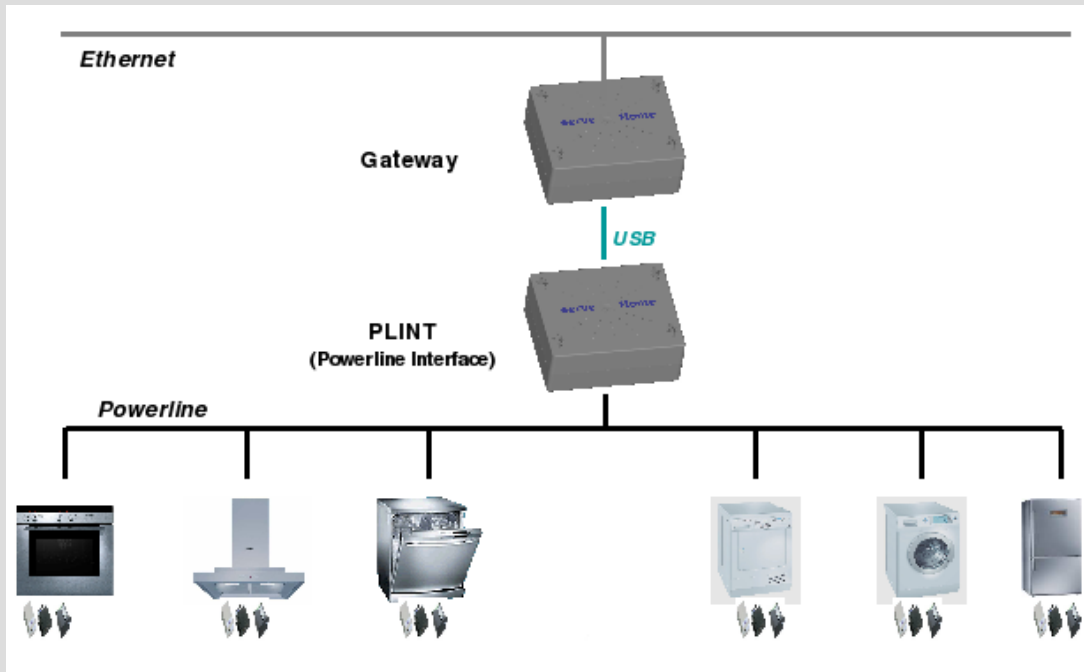
3. GeDELOS-FV: Sistema fotovoltaico



- Generador: 7 kWp (Si-monocristalino)
- Inversores: 7.7 kVA (conexión a red) + 5 kVA (baterías)
- Acumulación: 36 kWh (Pb-Acido, estacionaria)



3. GeDELOS-FV: Cargas



Electrodomésticos controlables:

- Refrigerador
- Lavadora
- Secadora
- Lavavajillas
- Cocina
- Horno

Tipos:

- **Diferibles** → pueden ejecutarse en un intervalo de tiempo (ejemplo: lavadora entre las 10 y las 15 horas)
- **No Diferibles** → a ejecutar inmediatamente (ejemplo: lámparas, televisión, etc.)

3. El GeDELOS-FV: Controlador de batería

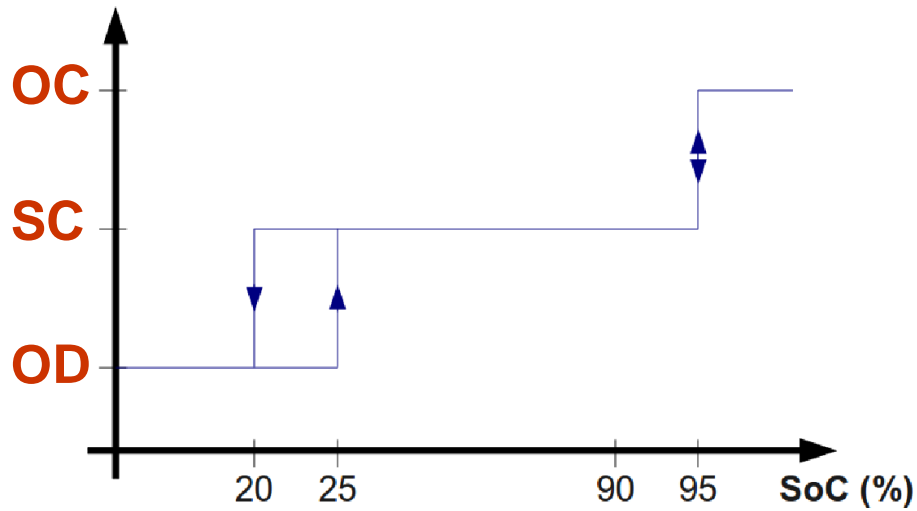
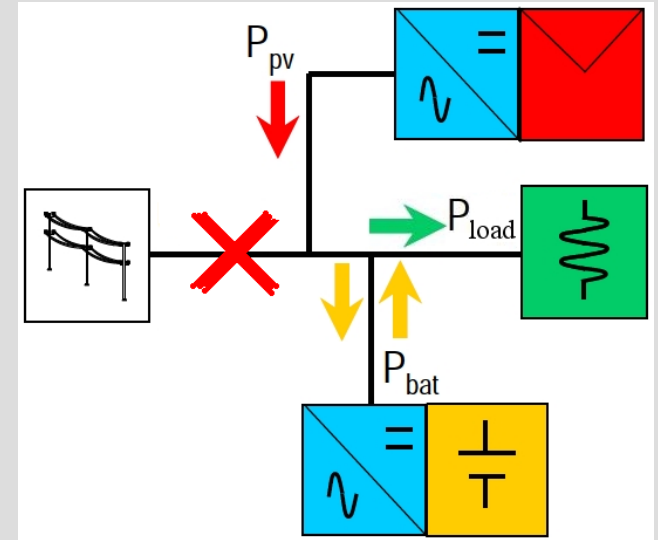
Objetivo:

- Maximizar el autoconsumo de electricidad FV

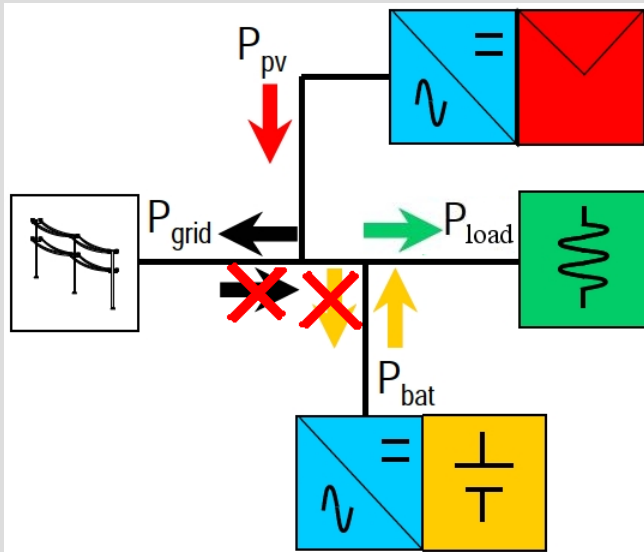
Características:

- Gestiona los controladores de batería del inversor
- No intercambia electricidad con la red
- Preserva la vida de la batería (sobrecarga, sobredescarga)

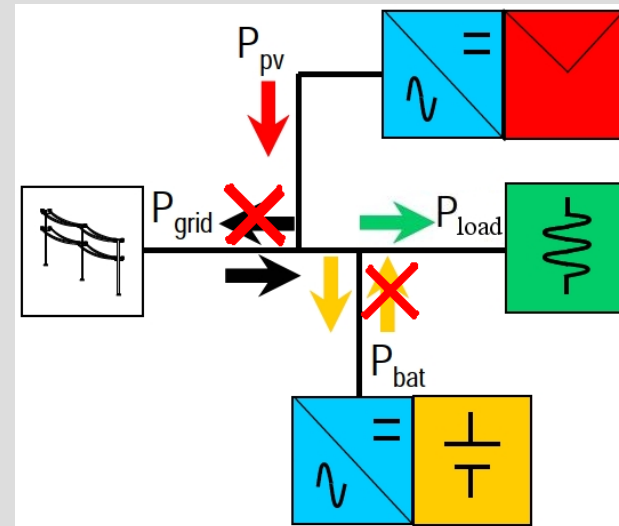
Autoconsumo (Self-Consumption, SC):

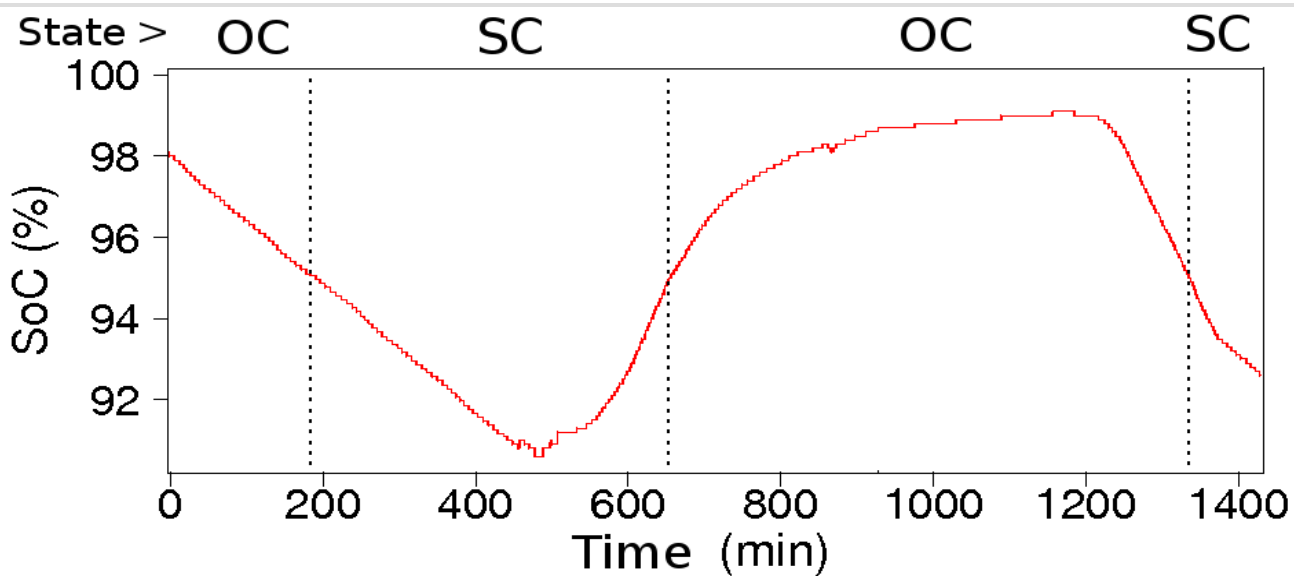
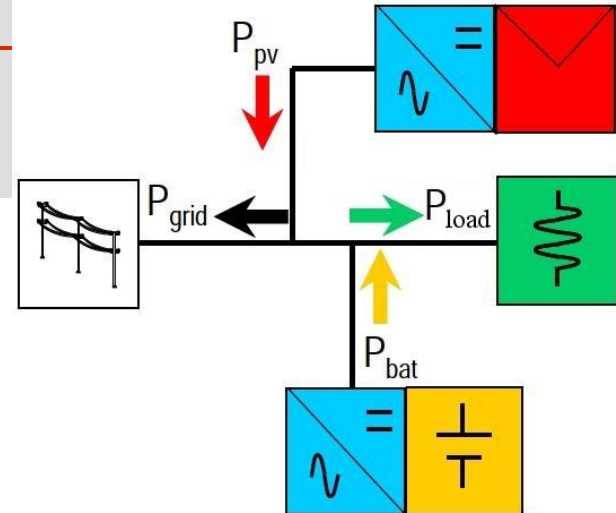
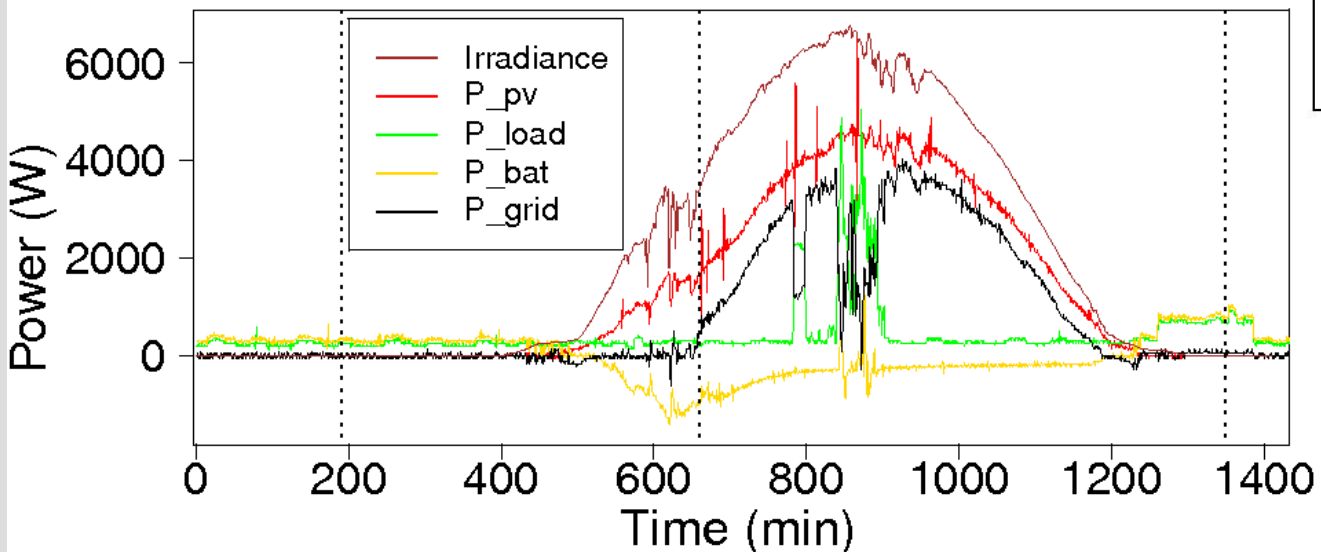


Sobrecarga (Overcharge, OC):



Sobredescarga (Overdischarge, OD):





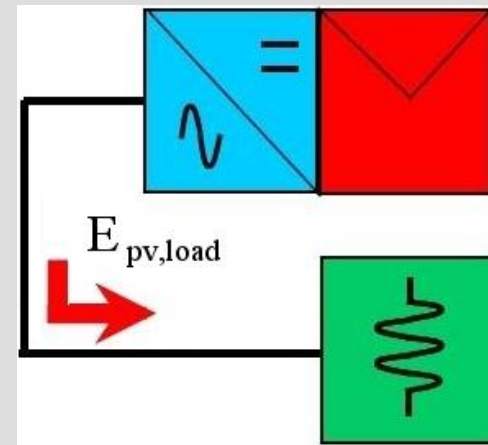
OC: Sobrecarga
SC: Autoconsumo

4. Factor de autoconsumo

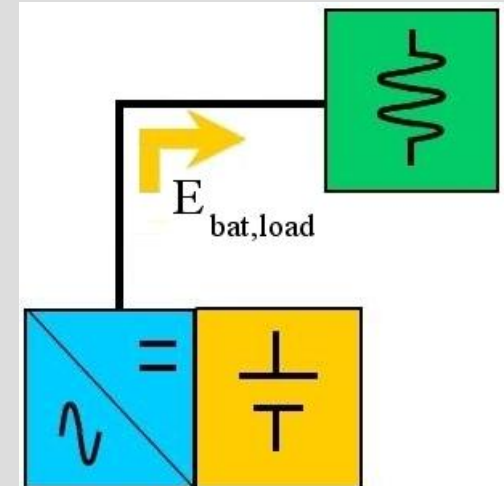
FV a cargas FV a baterías

$$\xi = \frac{E_{pv,load} + E_{bat,load}}{E_{load}}$$

$\xi = 0 \rightarrow$ No hay generación local



$\xi = 1 \rightarrow$ No se extrae electricidad de la red



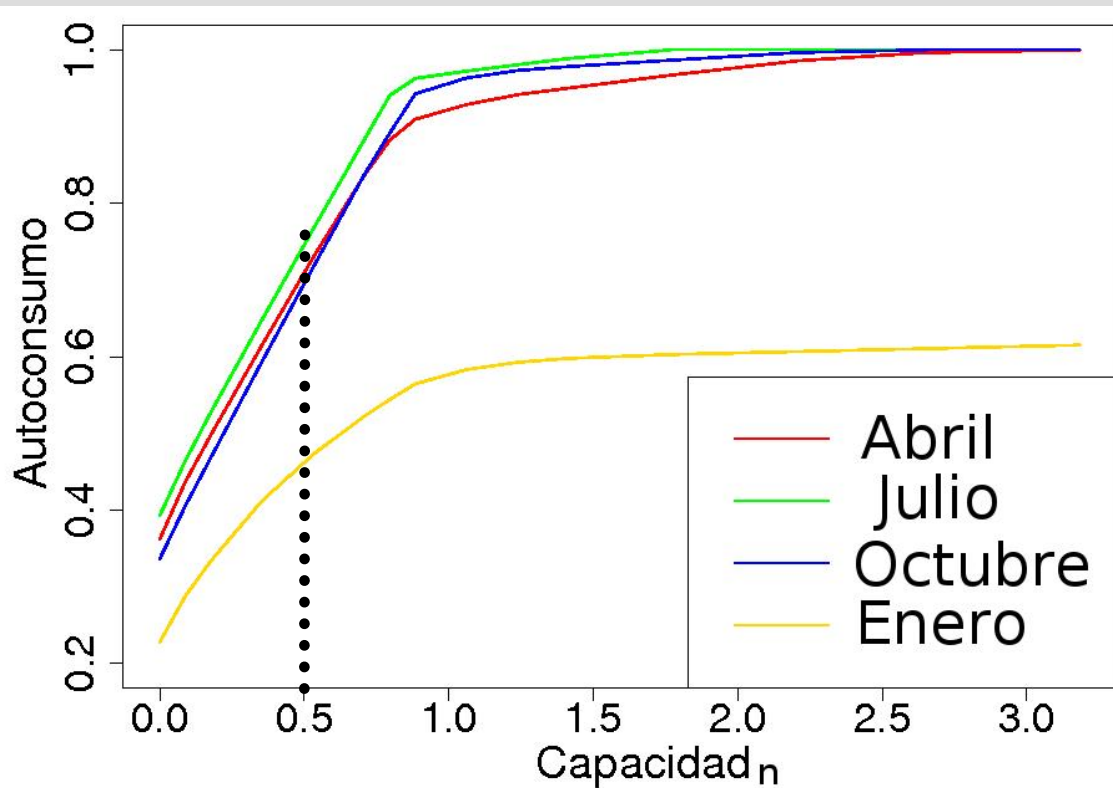
5. Estudios teóricos

Condiciones de las simulaciones:

- Perfil de generación FV real (14/7/2009 – 13/7/2010) → 5.71 MWh
- Consumo diario → 11.31 kWh (constante)
 - Diferible:21.5% (Lavadora, secadora, lavavajillas)
- Sin / Con estrategias de Gestión de la Demanda

5. Estudios teóricos: resultados

- Autoconsumo vs. capacidad normalizada (C_n)
- $C_n = C_{\text{battery}}/E_{\text{load}} \rightarrow$ (días de autonomía)



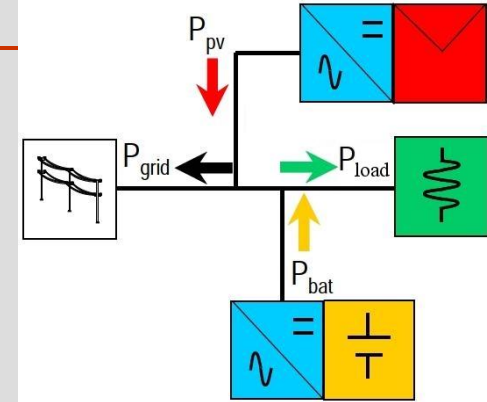
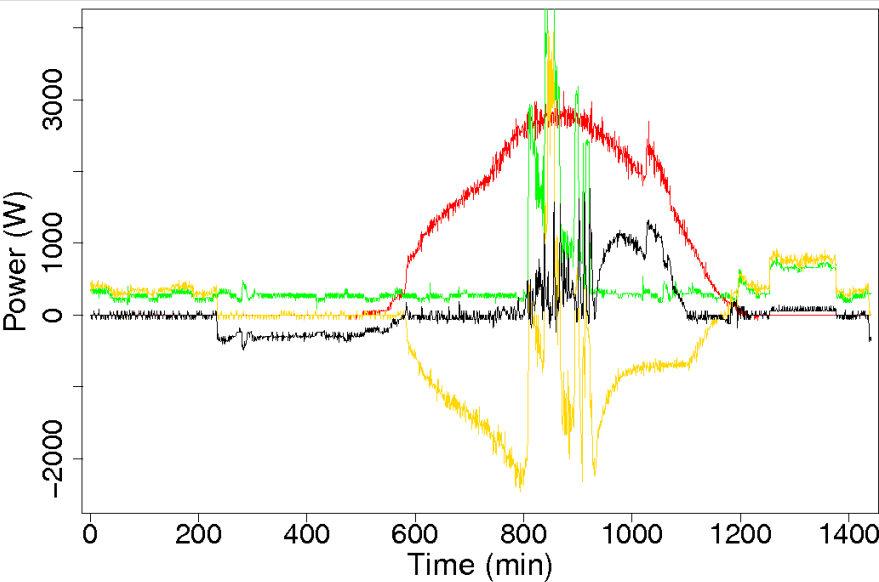
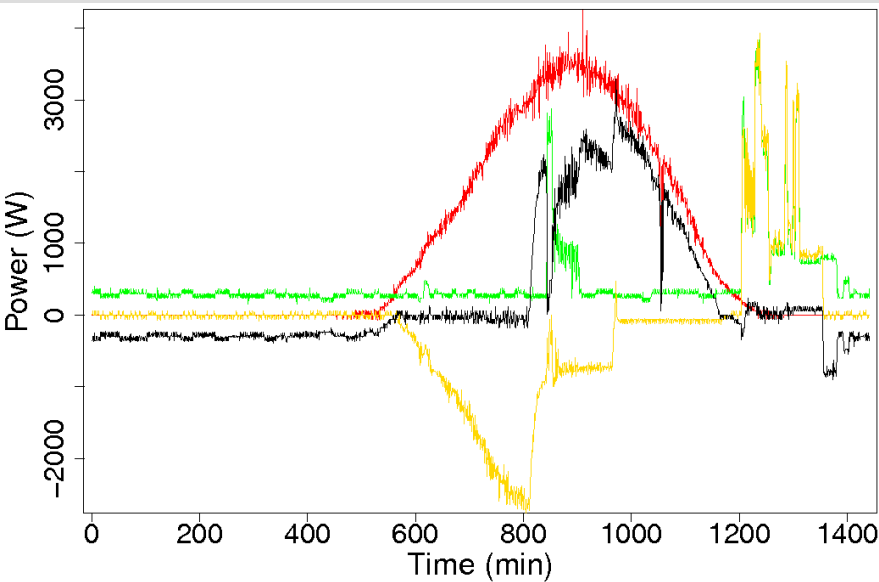
C_n	ξ sin GDE	ξ con GDE
0	0.33	0.47
0.19	0.47	0.63
<u>0.47</u>	<u>0.64</u>	<u>0.78</u>
1	0.85	0.87
3	0.9	0.91

6. Resultados experimentales

Condiciones de los experimentos:

- Demanda diaria: 11.3 kWh
 - Porcentaje diferible: 21.5%
- Acumulación: 0.47 días de autonomía (5.4 kWh)
- 2 semanas de verano:
 - Sin Gestión de la Demanda
 - Con Gestión de la Demanda

6. Resultados experimentales



1 Día	E_{PV} (kWh)	E_{load} (kWh)	ξ
Sin GDE	22.3	12	0.69
Con GDE	18.7	12.5	0.84

1 Semana	ξ
Sin GDE	0.70
Con GDE	0.81

7. Conclusiones

- El Autoconsumo no es directamente proporcional a la capacidad de acumulación en baterías
- La Gestión de la Demanda aumenta el Autoconsumo y es equivalente a una pequeña capacidad de acumulación.

Ventajas:

- Reduce las pérdidas energéticas
- Reduce el tamaño de la acumulación (coste)
- Incrementa las posibilidades de gestión energética
- Fácil incremento de escala
- El almacenamiento eléctrico combinado con la Gestión de la Demanda mejora sustancialmente el Autoconsumo → Sistema GEDELOS-FV
- Ambas estrategias desempeñarán un papel importante en las redes inteligentes

Muchas gracias por su atención

Trabajo financiado por:

**Proyecto “Gestión de la Demanda Eléctrica Doméstica con Tecnología Solar Fotovoltaica”
Plan Nacional de I+D+i 2004-2007 (ENE2007-66135), Ministerio de Educación y Ciencia**