

Optimización de la operación de microrredes con energías renovables

Carlos Bordons

*Dpto. Ingeniería de Sistemas y Automática
Universidad de Sevilla*

**JORNADA FINAL DE PRESENTACIÓN DE RESULTADOS
PROYECTO AGERAR: ALMACENAMIENTO Y GESTIÓN DE ENERGÍAS
RENOVABLES EN APLICACIONES COMERCIALES Y RESIDENCIALES**

19 de noviembre de 2019



Interreg
España - Portugal

Fondo Europeo de Desarrollo Regional
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional



AGERAR

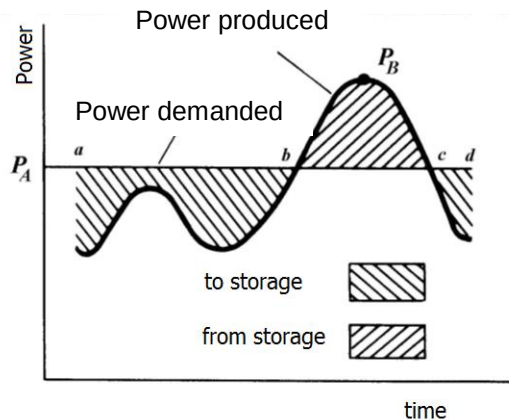
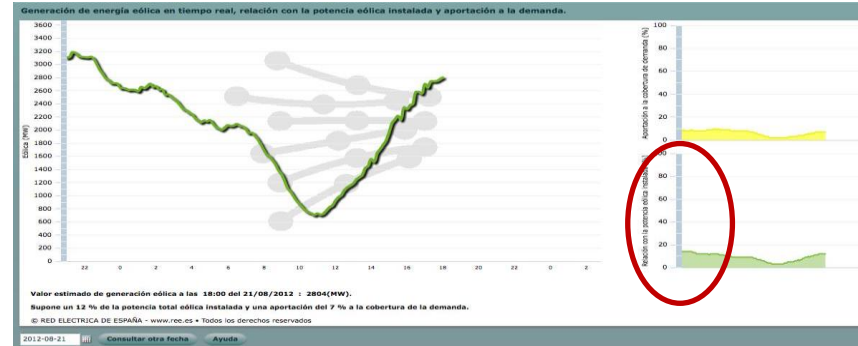
- **Gestión de energía** en microrredes con fuentes **renovables** (principalmente solar y eólica) y **almacenamiento híbrido** (electricidad e hidrógeno)
- Principales problemas de **control** que aparecen en las microrredes
- Soluciones óptimas basadas en **Control Predictivo** (*Model Predictive Control, MPC*).
- Ejemplos de **implementación** en una instalación de laboratorio
- **Temas abiertos**

Inconvenientes de las Energías

Renovables:

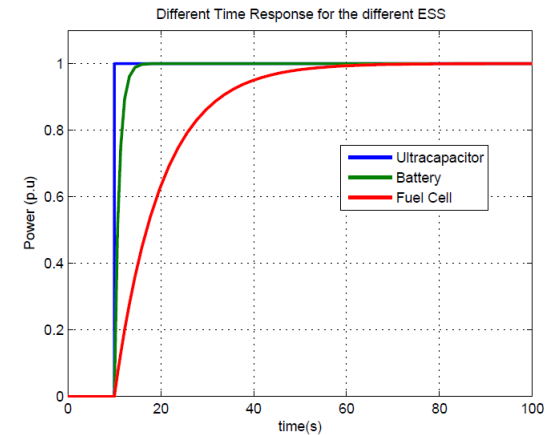
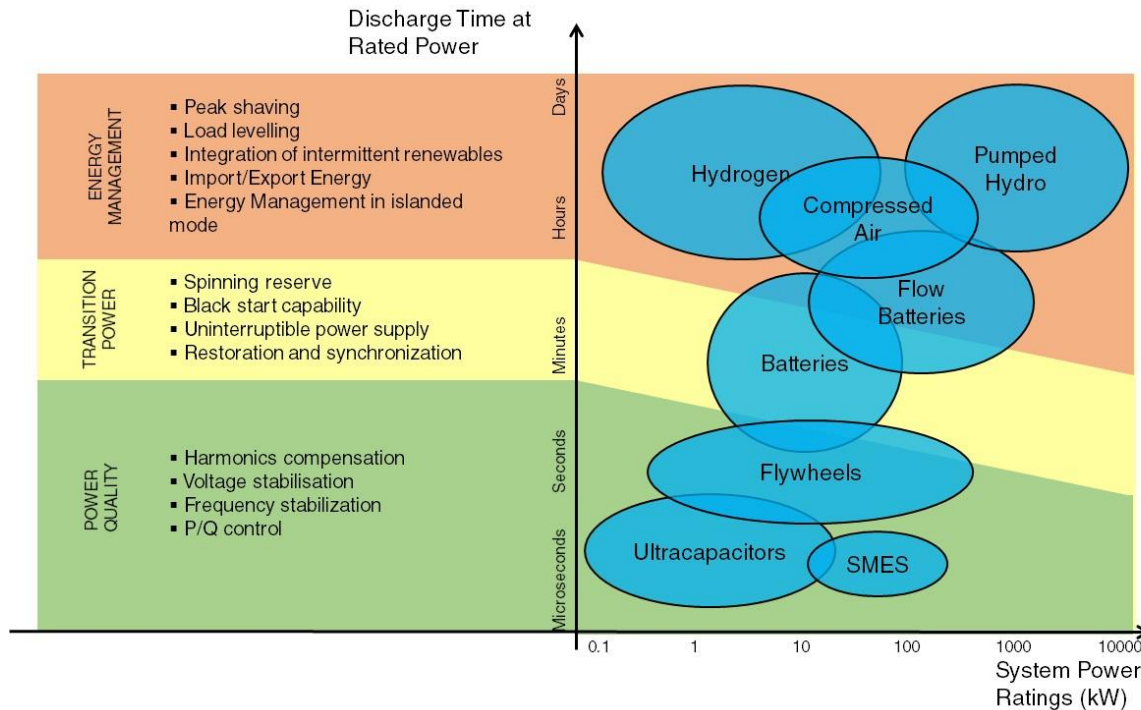
- Intermitencia/predictibilidad
- No se pueden manipular (despachar)
- Muy variables con el tiempo
- La potencia real puede diferir de la instalada (nominal)

Ejemplo: generación eólica



Necesidad de **almacenamiento**

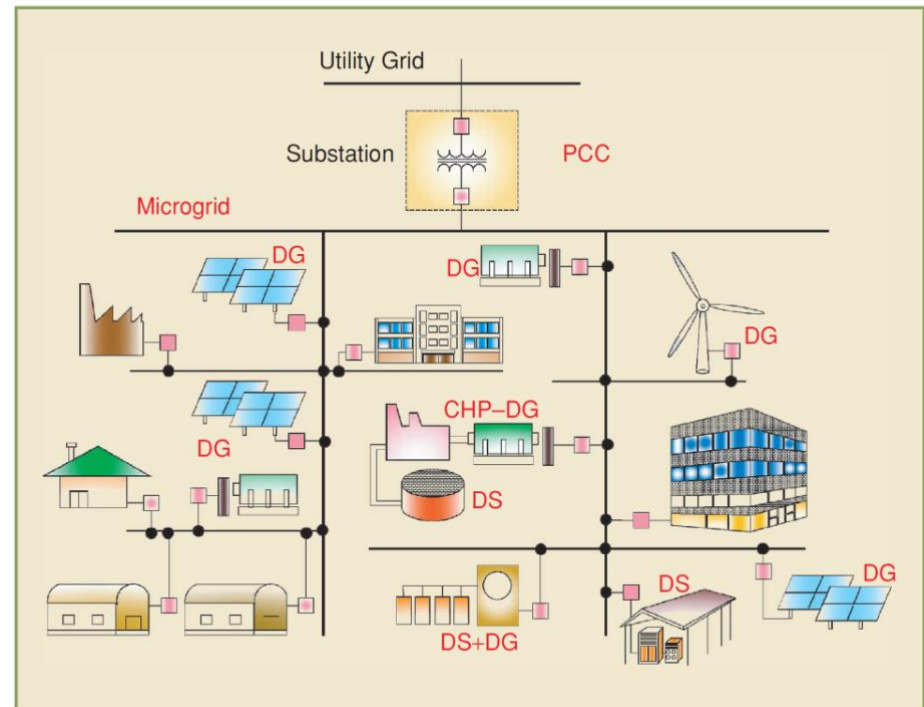
El **almacenamiento** de energía debe convertirse en un elemento fundamental para la penetración de las energías renovables.
 La **gestión** del almacenamiento debe hacerse de forma óptima



- Los Sistemas de Almacenamiento de Energía (*Energy Storage Systems, ESS*) cubren una amplia gama de **escalas de tiempo**
- Baterías, supercondensadores, H₂ (electrolizador y pila de combustible), volantes de inercia, etc.
- Tienen diferentes **dinámicas y son complementarios**

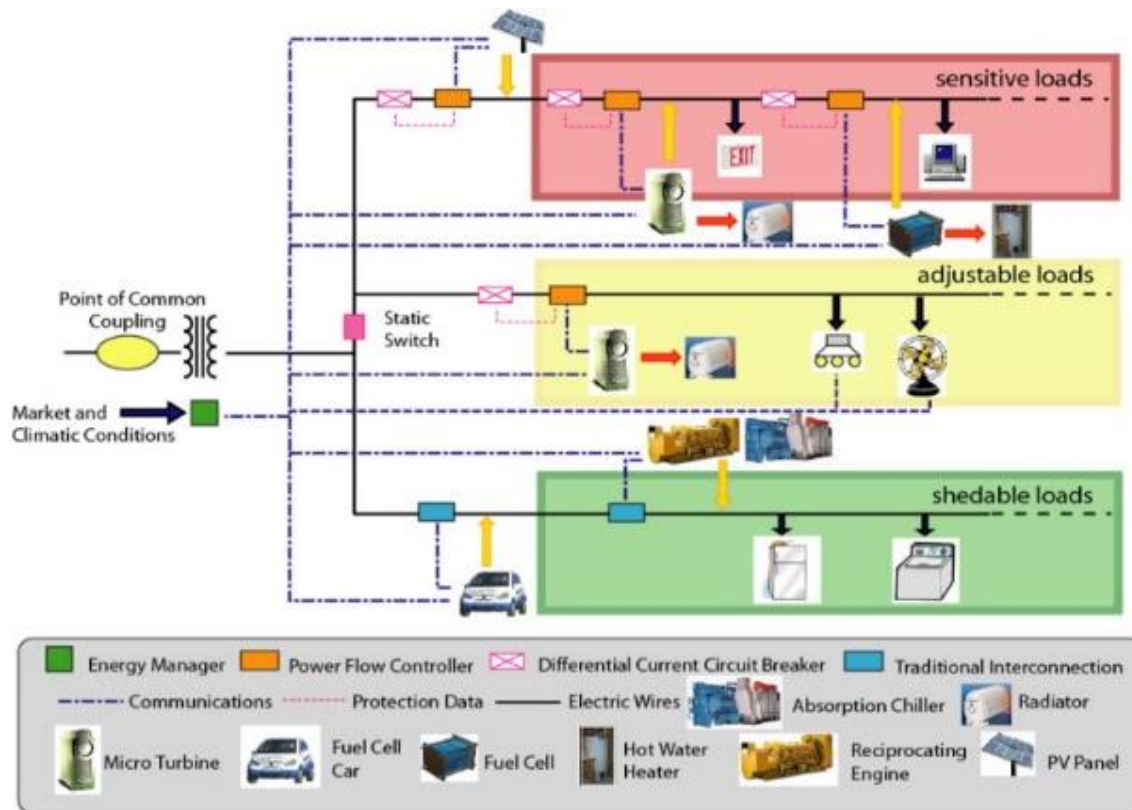
Necesidad de gestionar la hibridación:
Energy Management System

- Sistema energético de pequeña escala formado por un conjunto de **cargas**, sistemas de **generación** (principalmente basados en energías renovables) y unidades de **almacenamiento**
- Puede trabajar en modo aislado o conectado a la Red
- Microrred AC o DC





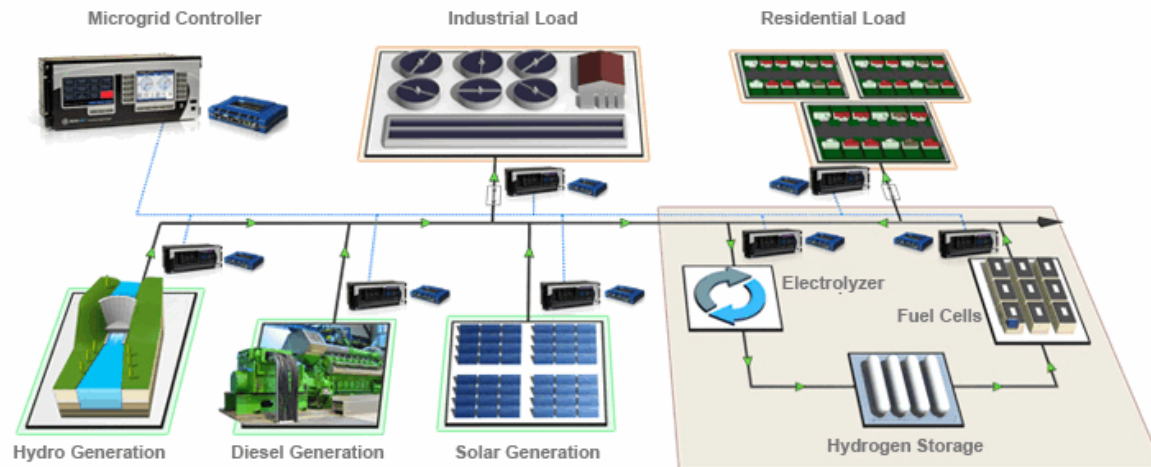
Ejemplo. Aplicación residencial



¿Cuándo almacenar?
¿Cuándo usar la energía almacenada?
¿Cuándo comprar/vender a la Red?
¿Cómo operar si falla la conexión?
¿Desconectar cargas?

Otros ejemplos

- Hospitales
- Urbanizaciones
- Centros Comerciales
- Distritos
- Campus Universitarios
- etc.



Objetivo principal: proporcionar la energía demandada por las cargas usando la generación distribuida y los sistemas de almacenamiento, de forma eficiente y fiable. Tanto en situaciones normales como de contingencia, independientemente de la Red.

- Balance de generación y demanda
- Calidad de suministro (armónicos, interrupciones, etc.)
- En modo isla: gestión de la frecuencia
- Beneficio económico. Tener en cuenta:
 - Tarifas eléctricas
 - Mercado
 - Coste de degradación de equipos

Manipular las unidades “despachables” de forma apropiada

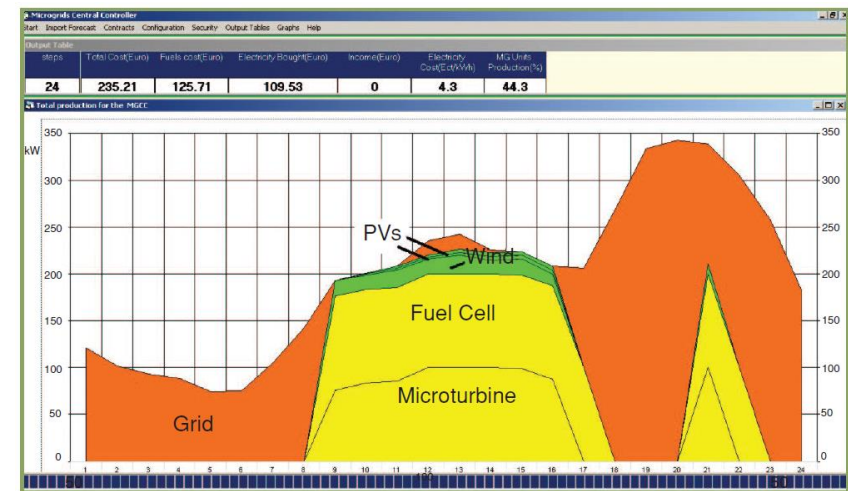
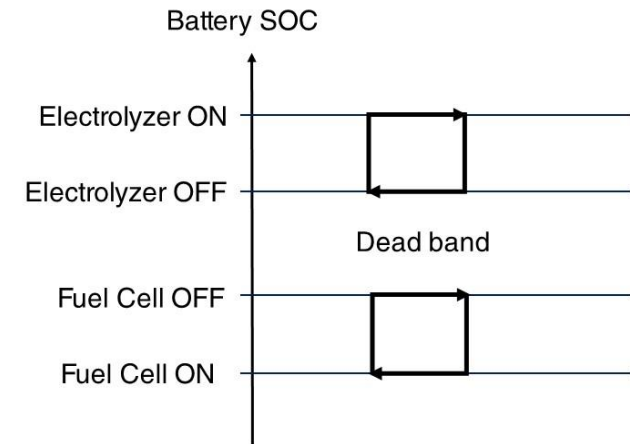


figure 14. Display of DER dispatch and energy imported from the grid.

Microrred de 400 kW

En los últimos años han surgido muchos métodos de control aplicados a microrredes. Las experiencias muestran que el beneficio de la operación depende del la estrategia de control

- ☐ Hysteresis Band Control (Ulleberg, 2003; Ghosh, 2003; Ipsakis, 2008)
- ☐ Neural Networks (López, 2007)
- ☐ Fuzzy Logic (Bilodeau, 2006; Stewart, 2009; Hajizadeh, 2009)
- ☐ Droop Control (Vasak, 2014)
- ☐ Inteligencia Artificial / Bioinspirados / Metaheurísticos (Takeuchi, 2012)
- ☐ **Model Predictive Control** (Del Real, 2007; Baotic, 2014; Garcia-Torres, 2016; Parisio, 2016)

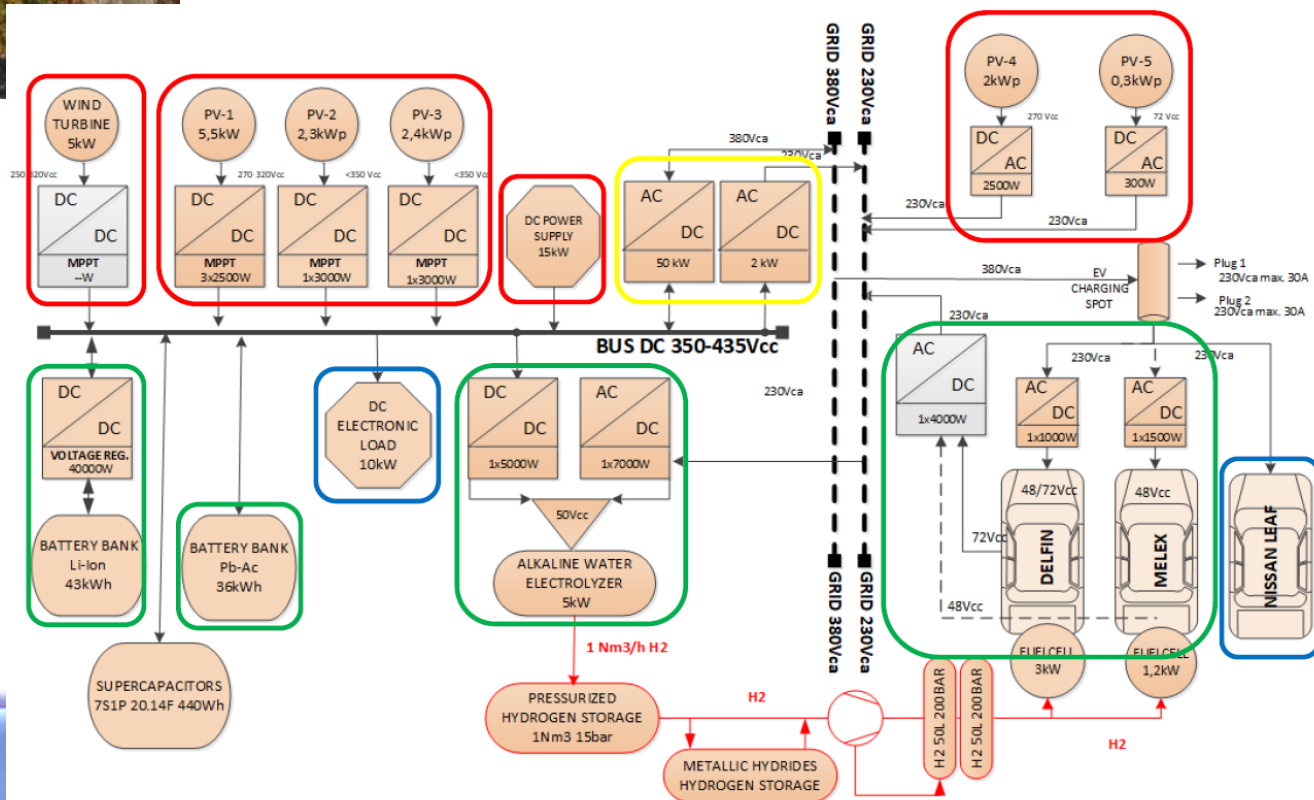


Heurístico: puede ser muy complicado si hay muchos elementos

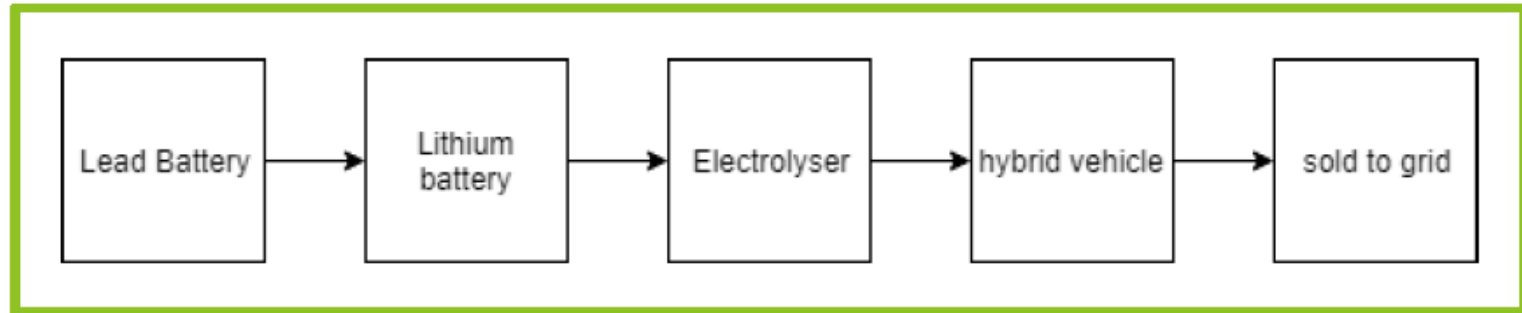
Las estrategias de **control innovadoras** pueden mejorar la **eficiencia** y reducir los **costes**



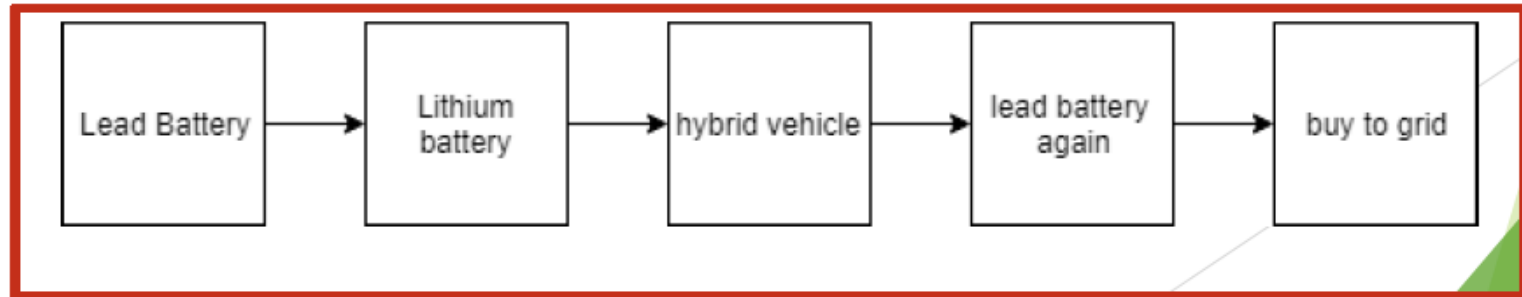
Microrred Experimental del Laboratorio de Energía del Arenosillo (CEDEA INTA), Huelva



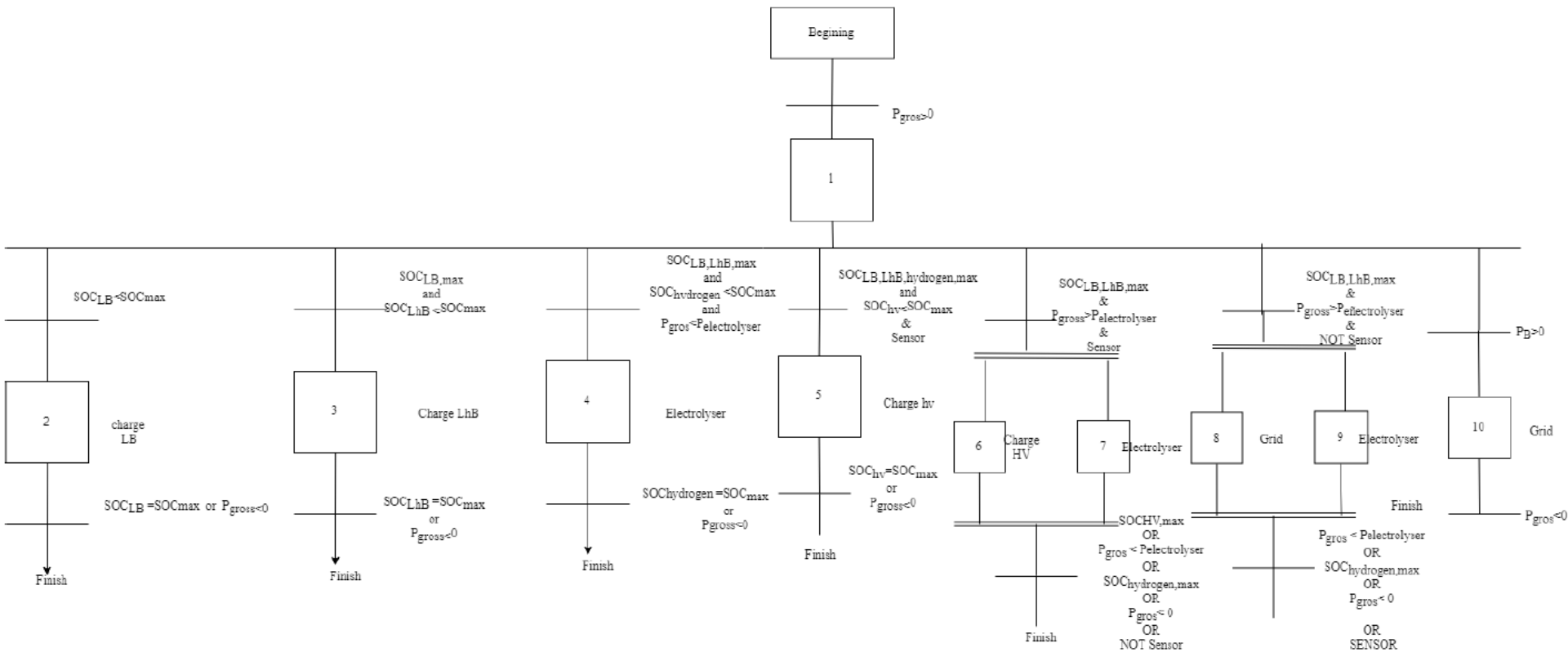
Exceso →



Déficit →



Funcionamiento escalonado en base a condiciones lógicas

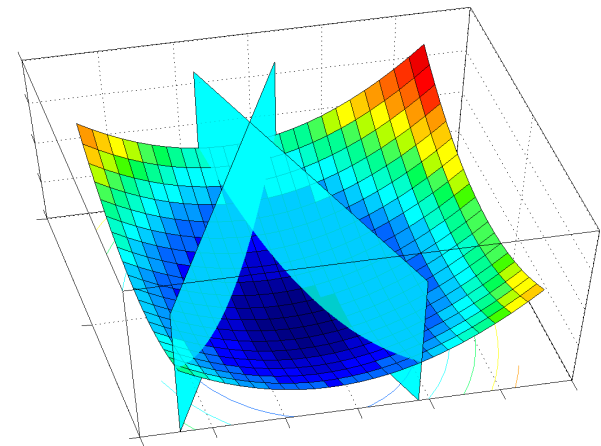


- Automatismo lógico. Se puede complicar mucho
- Funciona bien pero no es óptimo. No se tienen en cuentas costes (operación, tarifas, degradación, etc.)

¿Qué es el Control Predictivo?

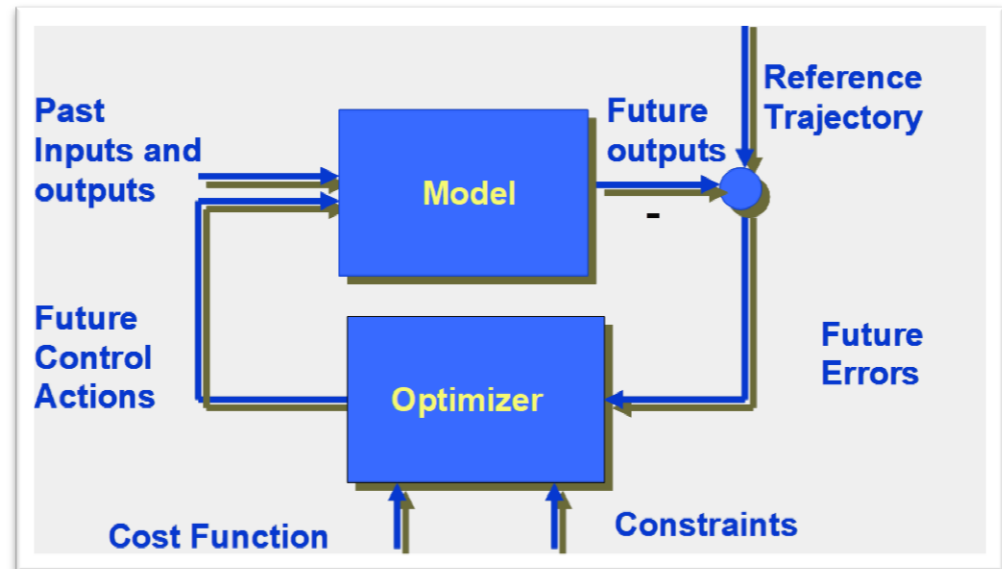
No es bola de cristal

- Es usar un **modelo dinámico** del sistema (microrred) para predecir su evolución futura
- **Optimizar** una función que incluya el coste de operación de la microrred en instantes futuros (horizonte)
- Minimización con restricciones

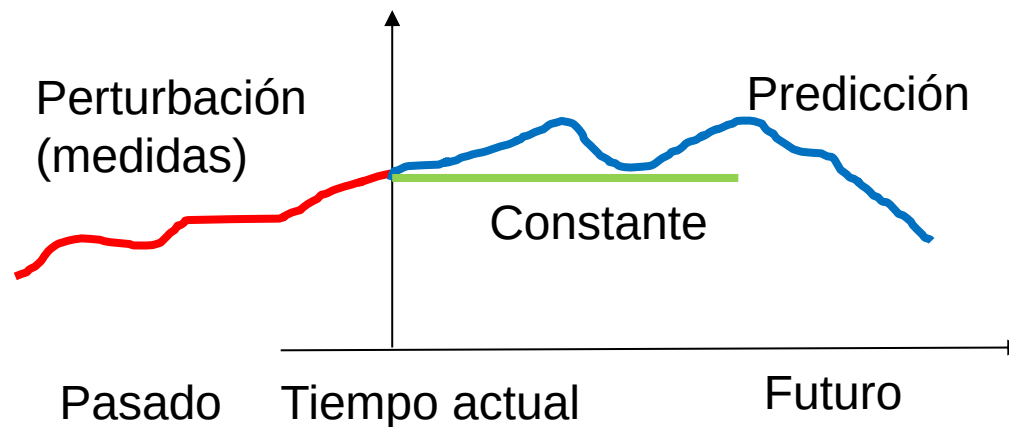
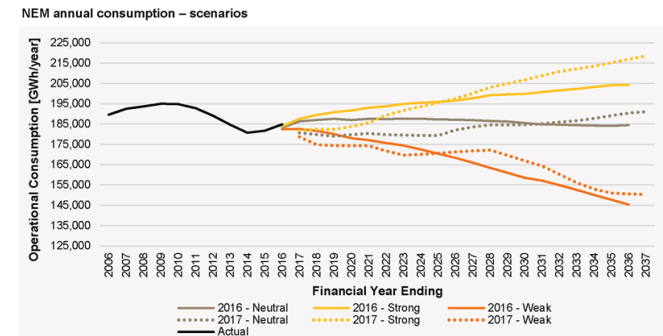


- El uso de MPC permite **maximizar** el beneficio económico, **minimizando** las causas de degradación de cada subsistema y satisfaciendo las **restricciones** de operación
- Es una estrategia en bucle cerrado (*closed loop*): **Realimentación** (*feedback*). Se van corrigiendo los errores

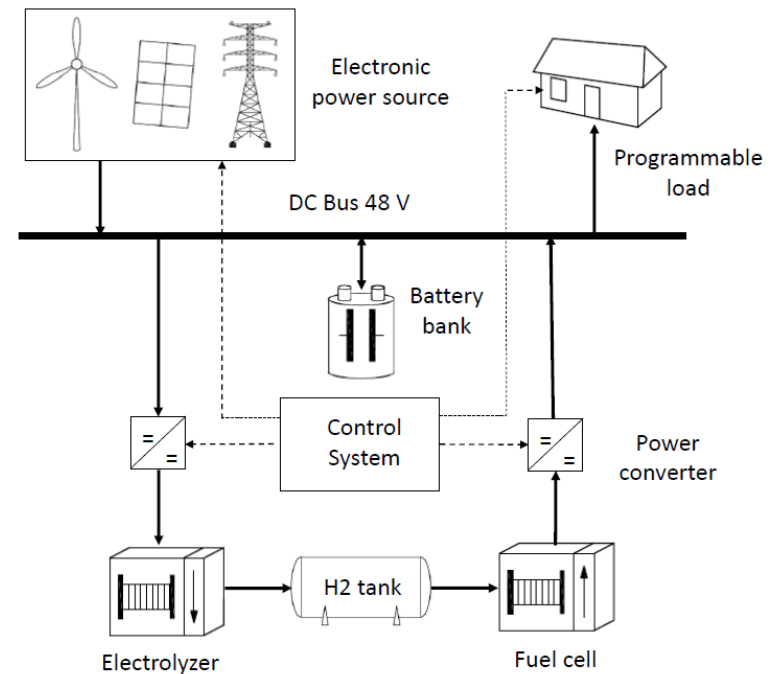
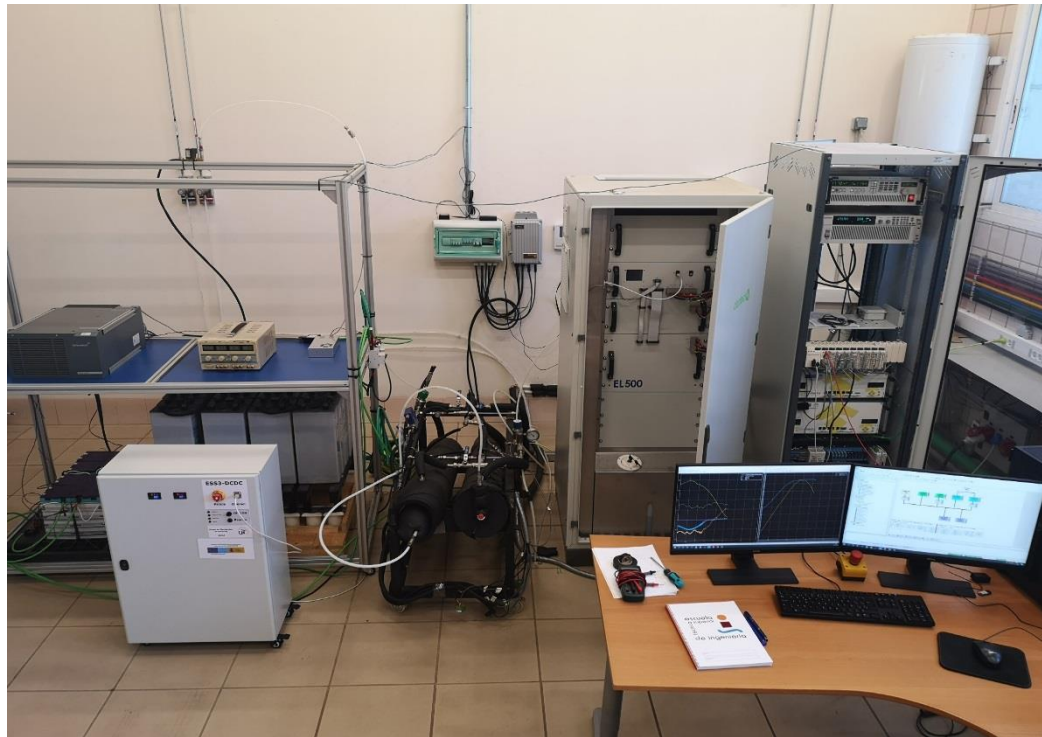
- Se puede usar en:
 - Planificación /Schedule
 - Dispatch
 - Calidad de suministro

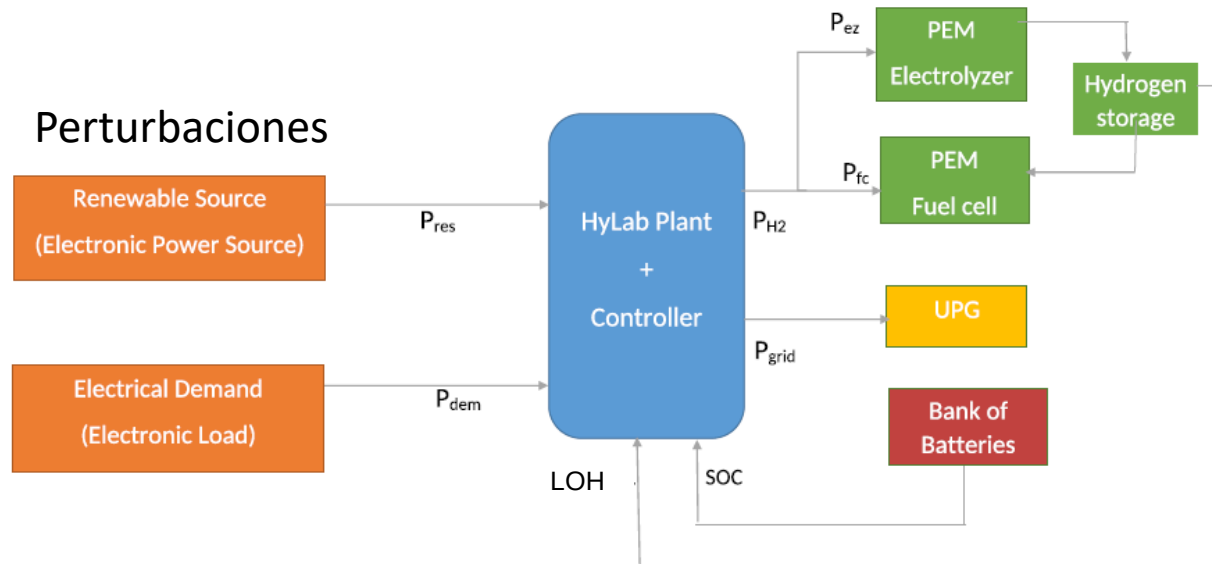


- Aprovechar la capacidad de predicción del MPC
- Incluir la predicción de **generación** renovable y **demanda**
- El propio mecanismo de **feedback** puede reducir el efecto de la perturbaciones, pero además el MPC puede **anticiparse** si dispone de información



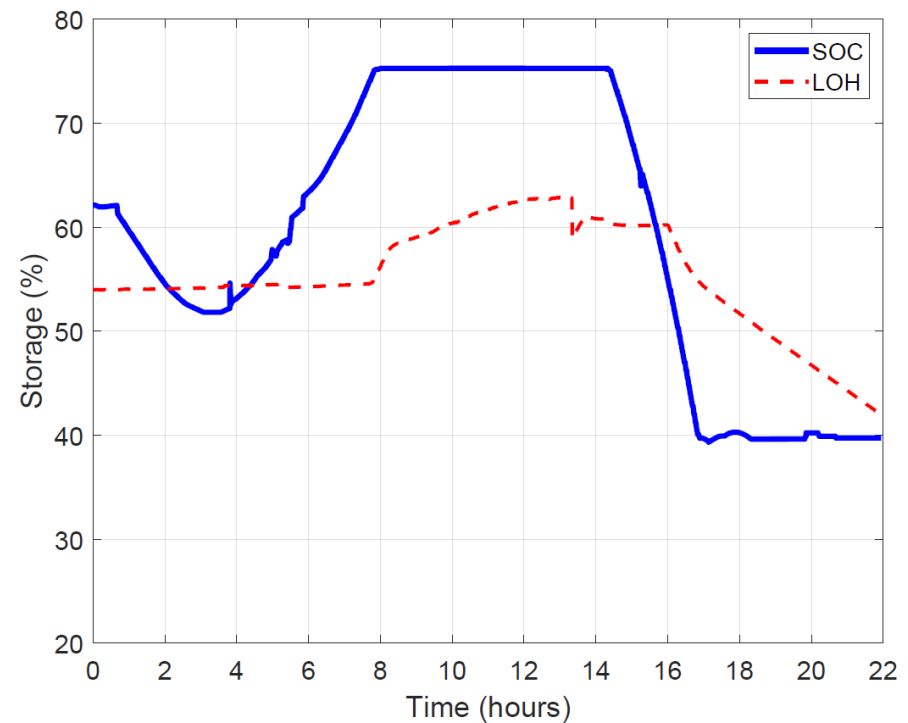
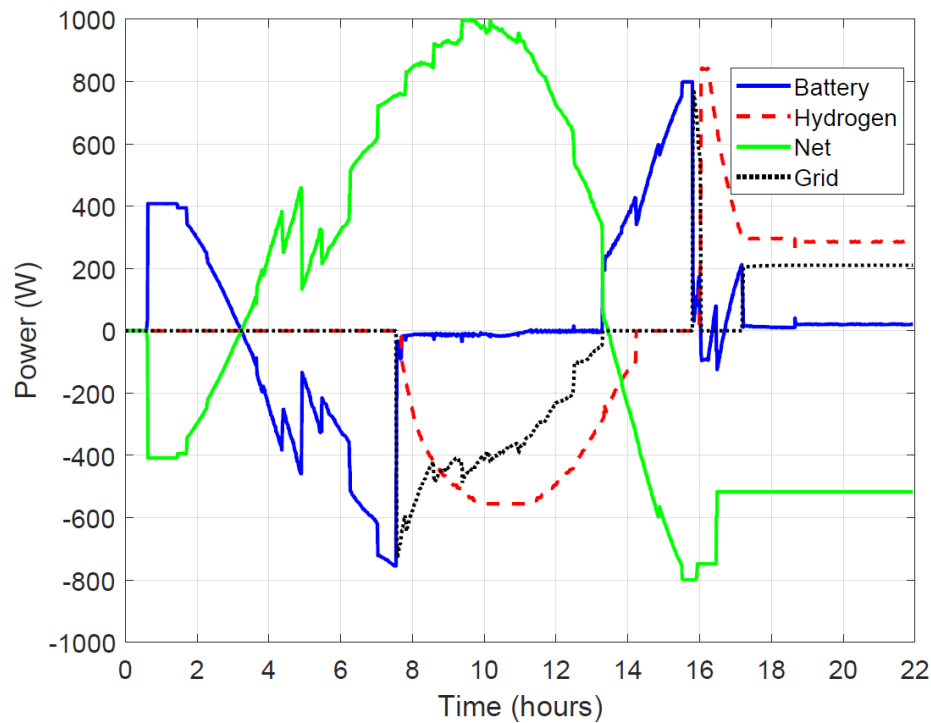
Microrred Hylab (DC)



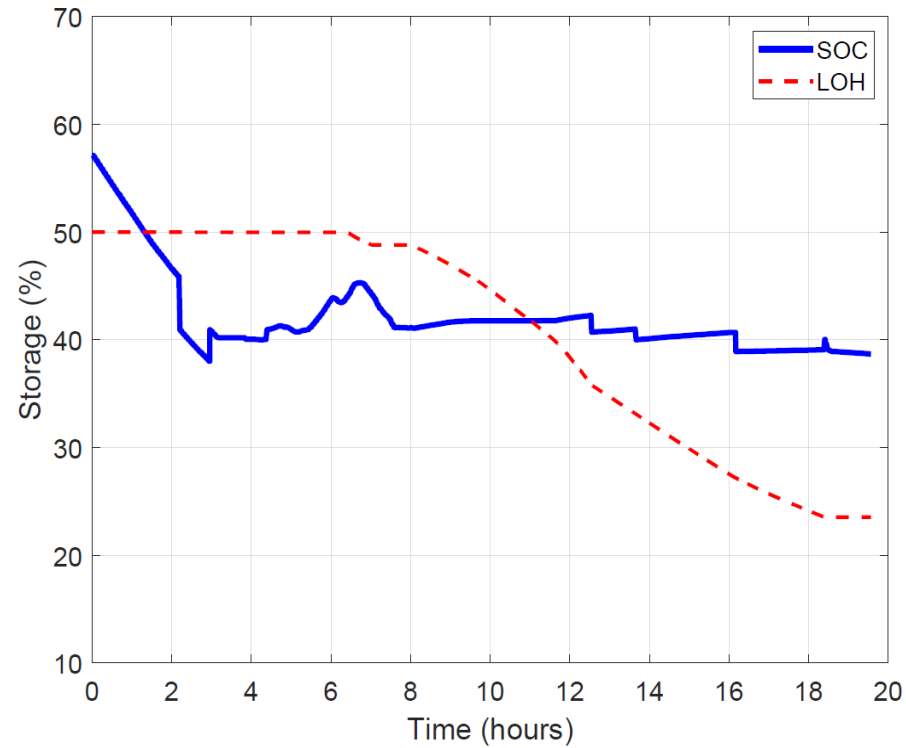
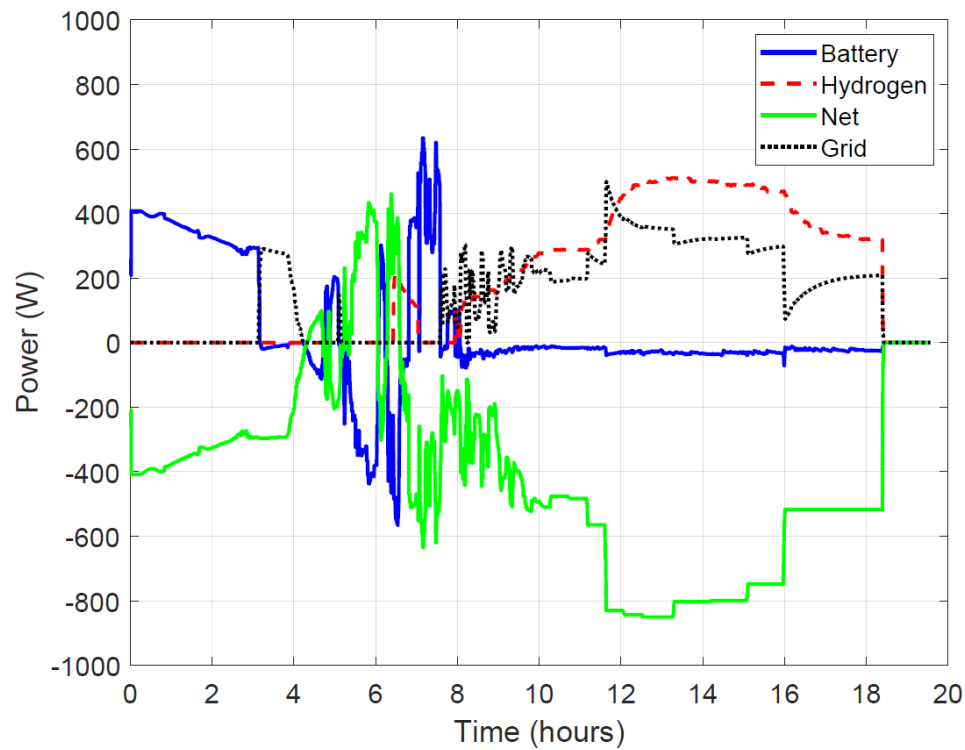


El comportamiento del controlador queda definido por la función de coste. Multiobjetivo:

- Minimizar el uso de energía de la red
- Proteger los equipos de uso intensivo (arranques, paradas, etc.)
- Mantener los niveles de almacenamiento (electricidad e hidrógeno)



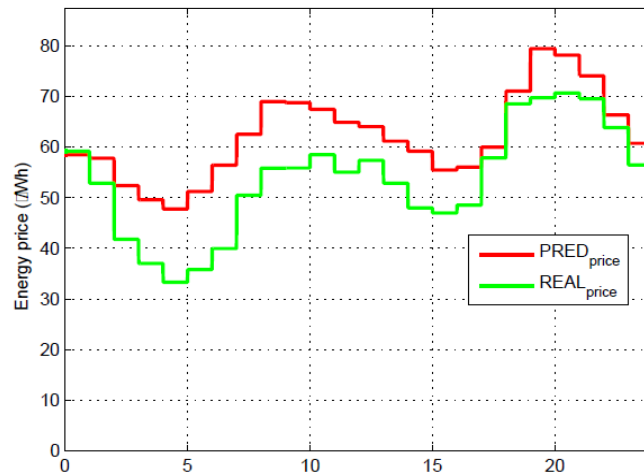
Los distintos equipos colaboran de forma orquestada (distinto a heurístico)



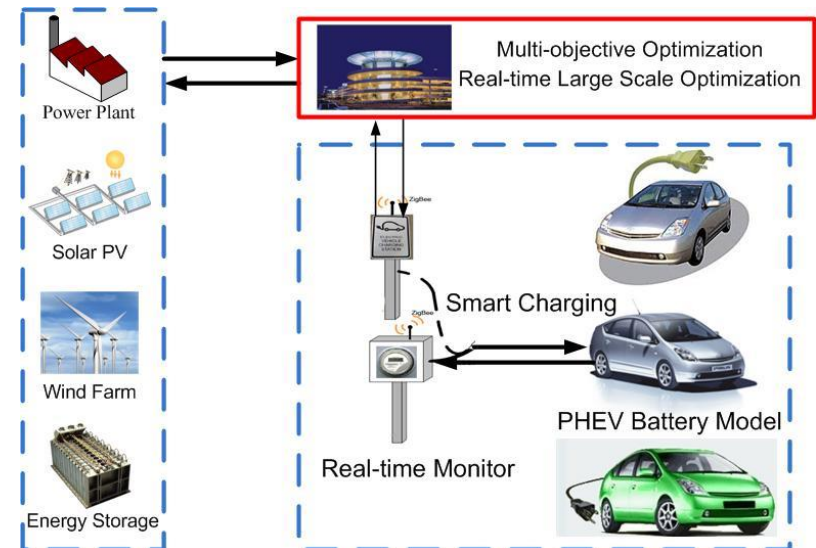
MPC	Heuristic control
Fewer start-up/shut down (25% fewer) START-STOP	Uncontrolled start-up/shut downs
Variable power → More energy stored (+5% MHL)	Variable power → more energy but equipment damage (intensive use) Fixed power → low efficiency
Smooth power references η_{ez} , η_{fc}	Directly absorbs wind/solar fluctuations
Higher equipment efficiency (low currents) η_{path}	Low equipment efficiency (unless specific operating mode)
Lower operational cost (-30%) O&M	Higher cost

En la función de coste se pueden incluir diversos objetivos

- Diferentes tarifas de compra y venta
- Participación en el Mercado (diario, intradiario, auxiliares)
- Costes de uso (degradación) de los equipos
- Gestión de la demanda, etc.

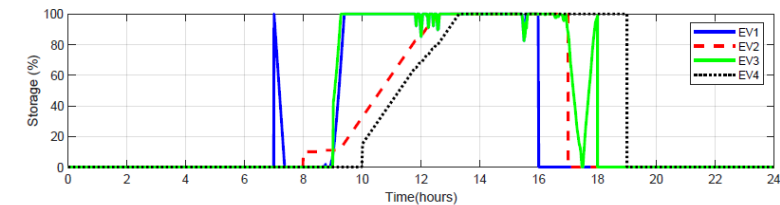
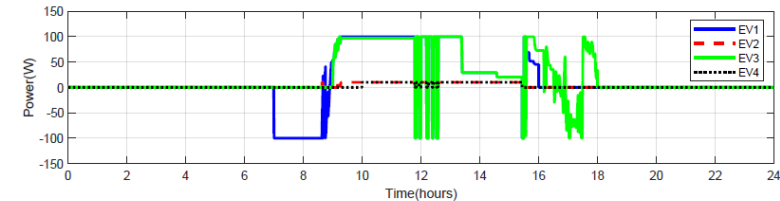
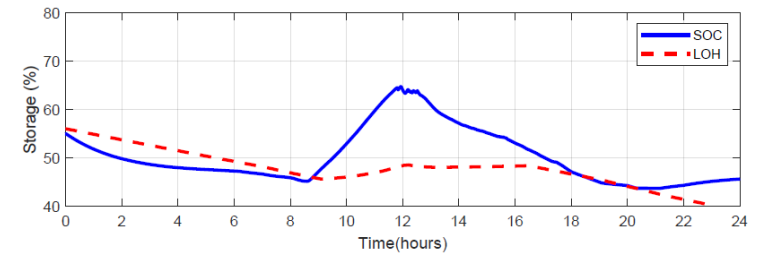
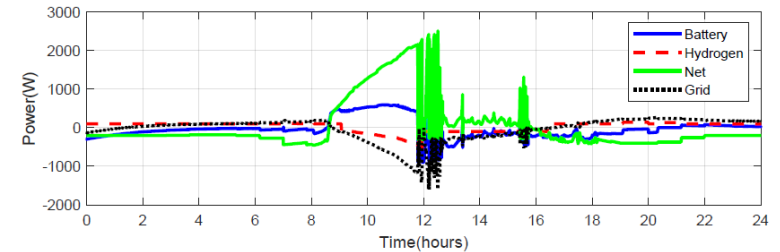
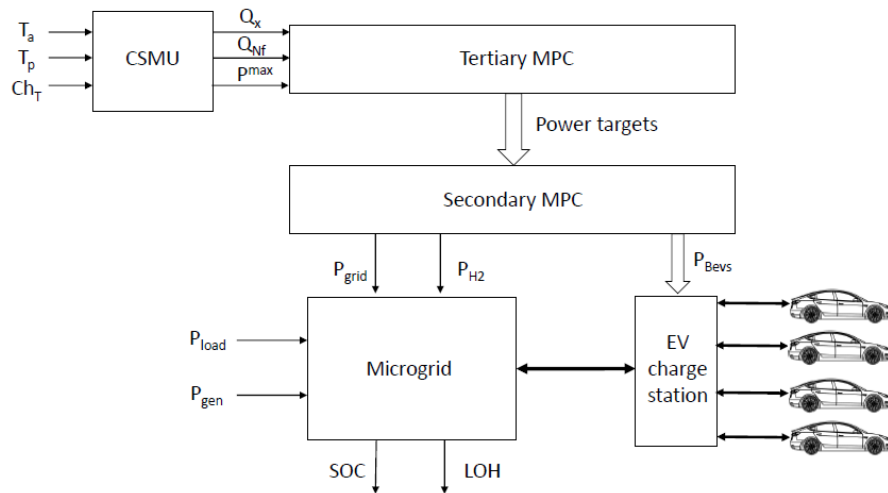


- Gestión de la microrred incluyendo carga de EVs
- Vehicle to Grid (**V2G**): usar la batería de los EVs como almacenamiento mientras están aparcados
- *Prosumidores*
- Selección del modo de carga:
 - Lento: se carga la batería durante el tiempo de aparcamiento
 - Rápido: se carga en los 30 minutos finales. El resto se usa como *buffer*
- Selección de la hora de recogida
- Optimización: MIQP



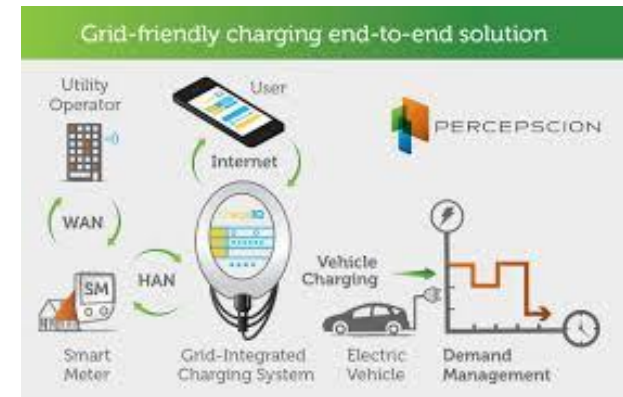
Simulaciones con 4 Evs, 24 h

- Usar toda la energía renovable disponible (y vender a la red si es posible)
- Satisfacer la demanda (cargas internas y vehículos)
- Los EVs contribuyen a la gestión de la energía

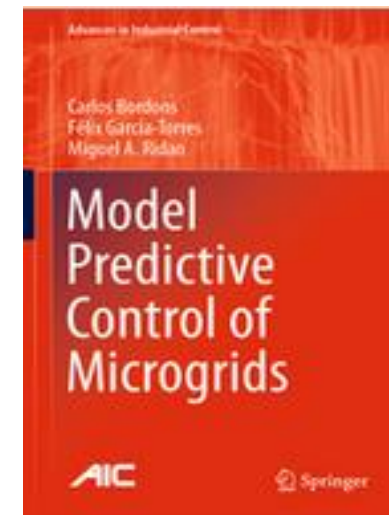


- El Control Predictivo puede ser una buena solución para EMS en microrredes
- Múltiples ventajas: optimizar costes O&M, operación suave de los equipos, disminuir degradación, etc.
- Mediante una adecuada gestión del almacenamiento, las instalaciones con energías renovables pueden ser despachables
- Se puede incluir gestión de la demanda (cargas variables, vehículos eléctricos)
- Hay muchos temas abiertos para investigación

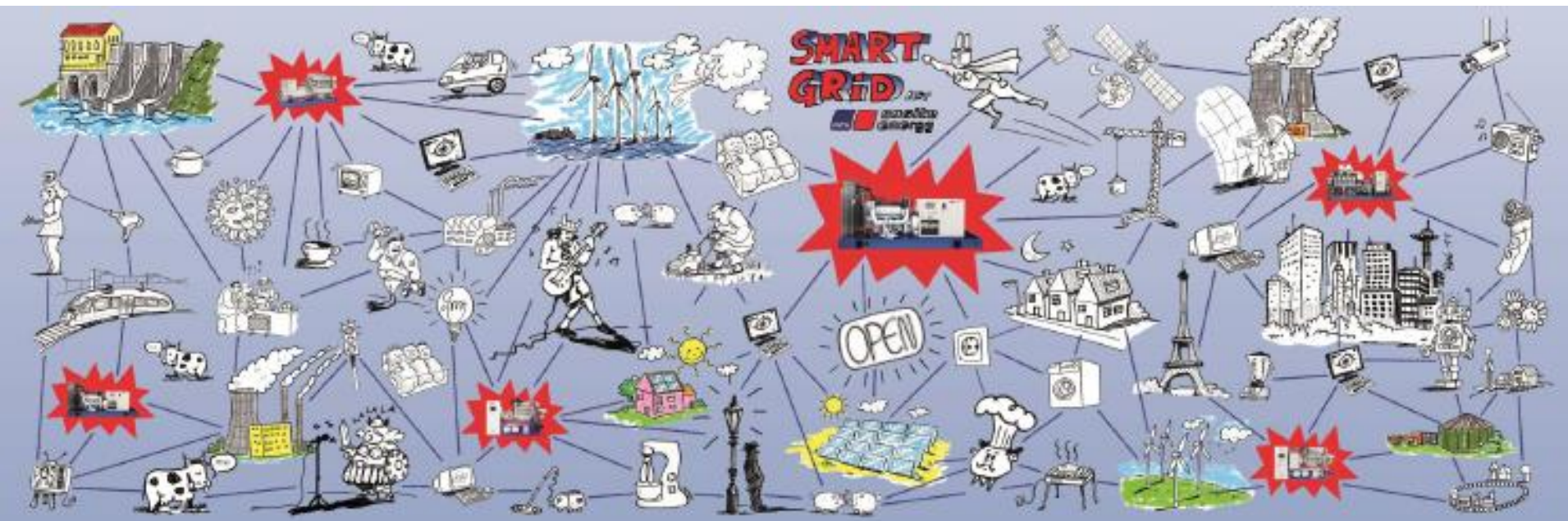
- Interconexión de microrredes (Distributed MPC)
- Calidad del suministro (conectado/aislado)
- Control tolerante a fallos
- Contribución de las microrredes a la regulación de frecuencia (inercia virtual)
- Estaciones de carga. V2G
- Combinación de diversos tipos de energía: electricidad, gas, calor, H_2 , etc.
- Ciber seguridad



Para saber más...



Optimización de la operación de microrredes con energías renovables



Carlos Bordons
Universidad de Sevilla