

# Hidrógeno y pilas de combustible como facilitadores de las redes energéticas inteligentes



VIII Jornadas Abulenses de Energía  
Avila, 10-12 Noviembre 2010



- ▣ Presentación del Instituto Tecnológico de la Energía.
- ▣ Visión internacional de las redes energéticas del futuro.
- ▣ Hidrogeno y pilas de combustible como almacenamiento energético
- ▣ Beneficios del uso de Hidrogeno y pilas de combustible como almacenamiento:
  - Integración de renovables en la red de energía
  - Planificación y operación de las redes eléctricas.
  - Beneficios para el usuario final

## Introducción: Descripción de ITE

- ❑ El Instituto Tecnológico de la Energía (ITE) es una asociación privada sin ánimo de lucro de ámbito nacional, que orienta sus servicios, productos y proyectos tecnológicos a empresas y organismos públicos nacionales e internacionales pertenecientes a los sectores de la energía, eléctrico, electrónico y de las comunicaciones.
- ❑ Nuestra misión es proporcionar a las empresas soluciones mediante la incorporación de tecnología, a partir de la realización de proyectos y servicios de I+D+i, ensayos, formación y difusión tecnológica, para que sus productos, servicios y procesos sean seguros y más eficientes incrementando así la competitividad de los sectores eléctrico, electrónico, energía, comunicaciones, automatización y bienes de equipo.





## ITE descripción

- ❑ En el año 1994 se constituye ITE como una asociación de empresas de concepto tecnológico con el soporte del Instituto de la Mediana y Pequeña Industria Valenciana (IMPIVA) y de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), al que se sumo posteriormente la Agencia Valenciana de la Energía (AVEN). Desde el año 2001 es socio fundador de REDIT (Red de Institutos Tecnológicos de la Comunidad Valenciana).
- ❑ ITE ha ido evolucionando desde su creación, aplicando en sus desarrollos las tecnologías más avanzadas y consolidando resultados de investigación. Por su carácter horizontal ha sabido responder en todo momento a las exigencias y necesidades de las empresas de distintos sectores, con servicios, formación, investigación y desarrollos de innovación.



# Introducción ITE: Líneas generales y sectores industriales

## ▣ Principales líneas de investigación:

- Nuevas tecnologías de generación energética.
- Eficiencia energética
- Gestión de la demanda
- Almacenamiento energético
- Transporte y distribución de la electricidad
- Automatización y bienes de equipo.
- Medioambiente y prevención de riesgos

## ▣ Distribución por sectores industriales (2009)

- Energía: 66%
- Electrónica: 11%
- Bienes de equipo: 12%
- Comunicaciones industriales: 7%
- Otros: 4%



## Visión internacional de las redes energéticas del futuro. Smartgrids

### ▣ Necesidades previstas para la red Eléctrica del Futuro por la Plataforma Tecnológica Europea Smartgrids:

- Centrado en el usuario: Servicios de valor añadido, demanda flexible, precios razonables (bajos), micro-generación (prosumer).
- ...
- Seguridad de suministro: Recursos primarios de la fuentes usadas tradicionalmente de carácter limitado, almacenamiento flexible; necesidad de mayor fiabilidad y calidad, aumento de la capacidad de generación y distribución.
- ...

*Smartgrids, Vision and Strategy for Europe's Electricity Networks of the Future.*

## Visión internacional de las redes energéticas del futuro. Smartgrids

- ▣ Redes futuras:
  - Una parte importante de la electricidad generada por las centrales convencionales será reemplazada por generación distribuida; existencia significativa de fuentes de energía renovable, gestión de la demanda y almacenamiento.
  - Se requerirá una capacidad de reserva mayor que pueda suministrar en caso de cese de generación de renovables intermitentes. Puede ser más eficiente establecer un mecanismo de equilibrado a nivel europeo, en lugar de multitud de mecanismos nacionales.
- ▣ Sistemas estacionarios de almacenamiento energético como una de las tecnologías facilitadoras (“enabling”)
- ▣ TIC’s y Electrónica de Potencia, también entran en esta categoría.

*Smartgrids, Vision and Strategy for Europe’s Electricity Networks of the Future.*

## Visión internacional de las redes energéticas del futuro. Smartgrids

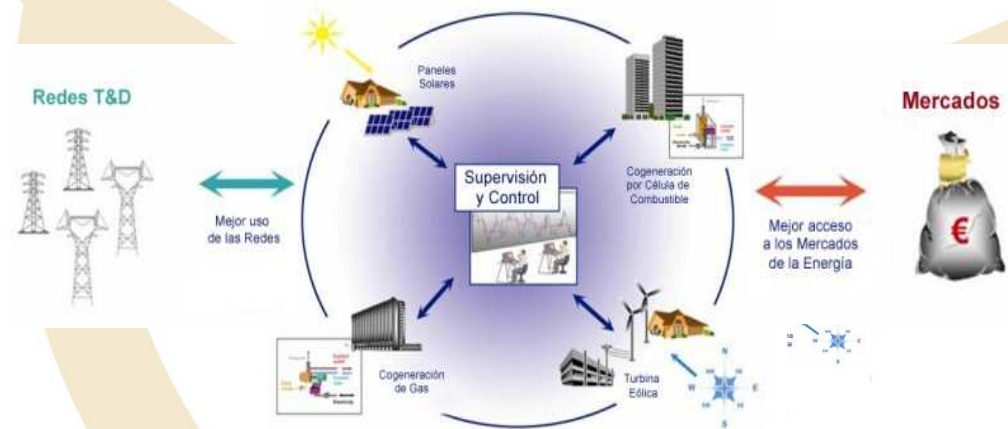
- ❑ Microrredes (“Microgrids”): Redes de baja tensión, con generación, almacenamiento y cargas controladas que se gestionan de forma independiente, pudiendo estar conectadas o aisladas de la red principal. (de Cientos de kW a MWs).
- ❑ Plantas Virtuales de Energía (“VPP”), conjunto de instalaciones operadas según el modelo de internet, con intercambio de información y capacidad de negociación. La energía se compra y entrega en puntos acordados previamente, la fuente es elegida por el proveedor.



*Smartgrids, Vision and Strategy for Europe's Electricity Networks of the Future.*

## Visión internacional de las redes energéticas del futuro. FUTURED

- ▣ Nivel de transporte: Dispositivos avanzados de almacenamiento permitirán al suministro adaptarse a las variaciones de la demanda (meteorológicas u otras), así como atenuar la aleatoriedad de algunos tipos de renovables.
- ▣ Nivel de distribución: El almacenamiento energético y el control de la demanda permitirán resolver los problemas de los puntos de consumo.



*FUTURED, Plataforma Española de Redes Eléctricas del Futuro,  
“Visión Estratégica 2007”*



# Hidrogeno y pilas de combustible como almacenamiento energético. Introducción

- ❑ La corriente alterna es una forma barata y altamente eficiente de transportar y distribuir energía:

## BUEN VECTOR ENERGÉTICO

- ❑ Pero no se puede almacenar sin convertirla en otra forma de energía, acarreando costes y pérdidas de energía
- ❑ La posibilidades se están multiplicando gracias al desarrollo de tecnologías de almacenamiento y conversión, como la electrónica de potencia.
- ❑ Pero las necesidades de almacenamiento y los requisitos de eficiencia y potencia crecen a un ritmo comparable.

# Hidrogeno y pilas de combustible como almacenamiento energético. Introducción

- ❑ Mediante almacenamiento de energía eléctrica:
  - Se puede desacoplar la demanda del suministro.
  - Se puede aumentar el uso efectivo de los activos.
  - Se puede facilitar una mayor penetración de renovables en el “mix” energético.
  - Se puede mejorar la flexibilidad, fiabilidad y eficiencia de la red.
- ❑ Las principales limitaciones de los sistemas actuales de almacenamiento de electricidad son la fiabilidad, la eficiencia y el coste.
- ❑ Las aplicaciones se clasifican en Corto Plazo (CP, segundos a algunos minutos, Calidad de suministro y estabilidad de la red) y Medio-Largo Plazo (LP, ajuste diario o incluso estacional, congestión de la red, etc...)

# Hidrógeno y pilas de combustible como almacenamiento energético. Alternativas

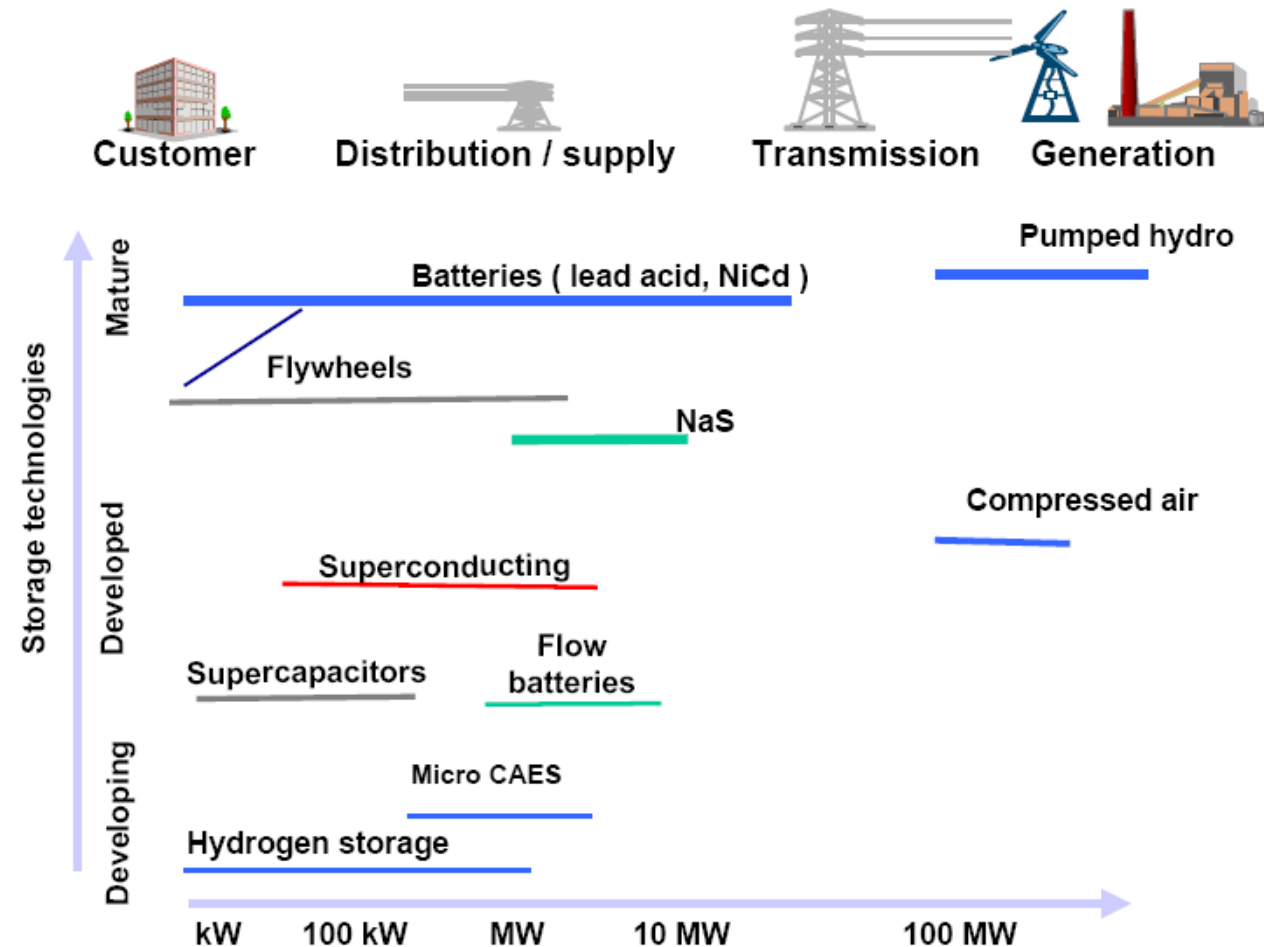
## ▣ Tipos de sistemas de almacenamiento de energía eléctrica:

- Super-condensadores (CP)
- Volantes de inercia (CP)
- Sistemas magnéticos, SMES (CP)
- Baterías secundarias convencionales y de flujo (CP,LP)
- Aire Comprimido, CAES (CP, LP)
- Bombeo Hidráulico (LP)
- Sistemas de Hidrogeno y pilas (LP)
- Otros:
  - Sistemas de almacenamiento térmico (TES). Uso de hornos refractarios o sales fundidas unido a turbina de vapor.
  - Gestión activa de demanda (Frío, termostatos).
  - Vehículos eléctricos e híbridos enchufables..

## Índice

Introducción  
Redes del Futuro  
Hidrogeno y Pilas  
Beneficios para redes

# Hidrógeno y pilas de combustible como almacenamiento energético. Alternativas

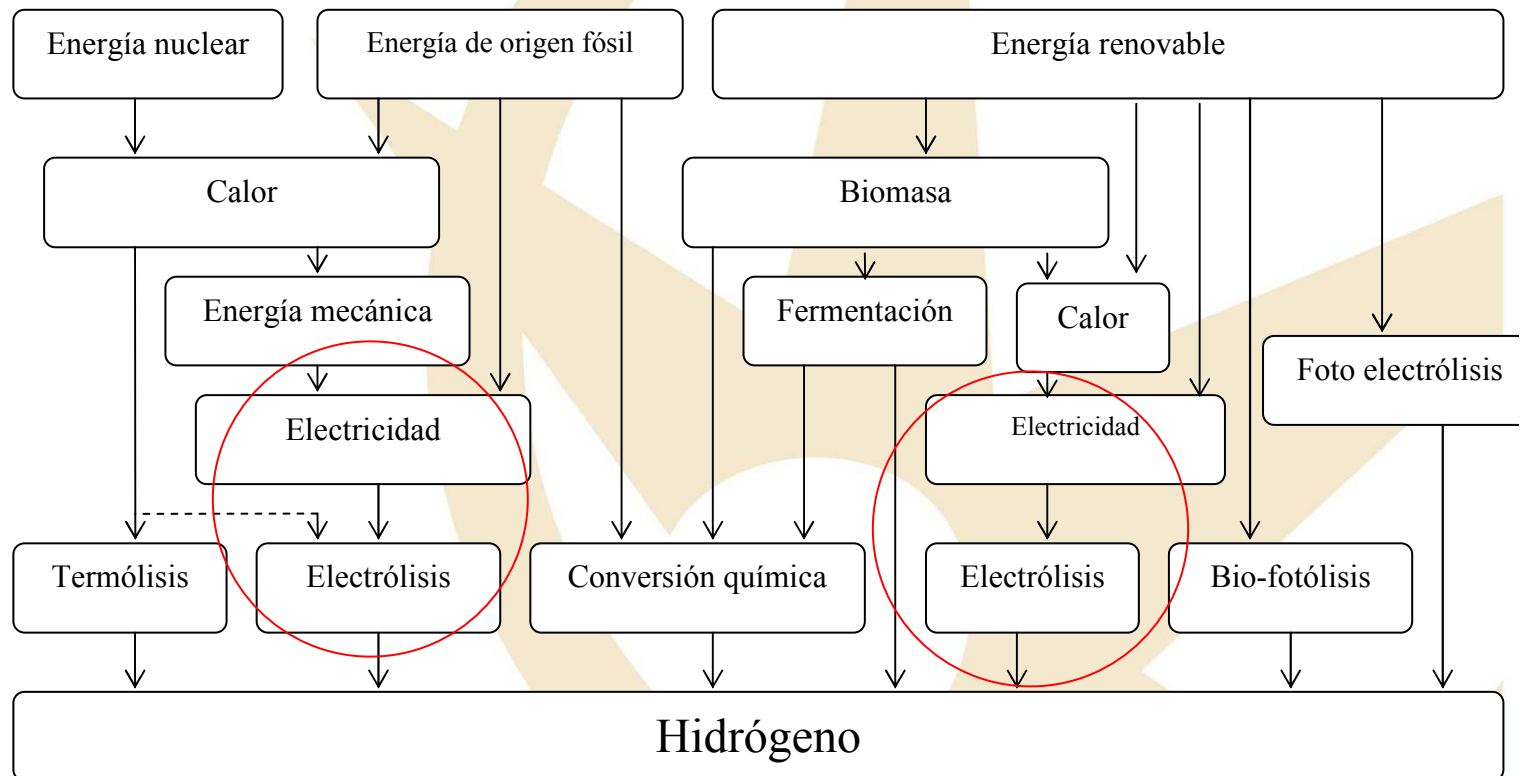
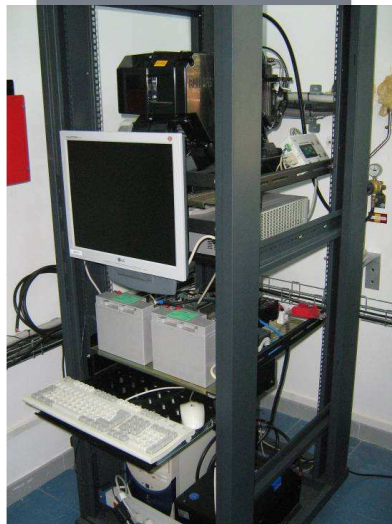


Source: DTi, STATUS OF ELECTRICAL ENERGY STORAGE SYSTEMS; URN NUMBER: 04/1878

# Hidrógeno y pilas de combustible como almacenamiento energético. Orígenes del Hidrógeno

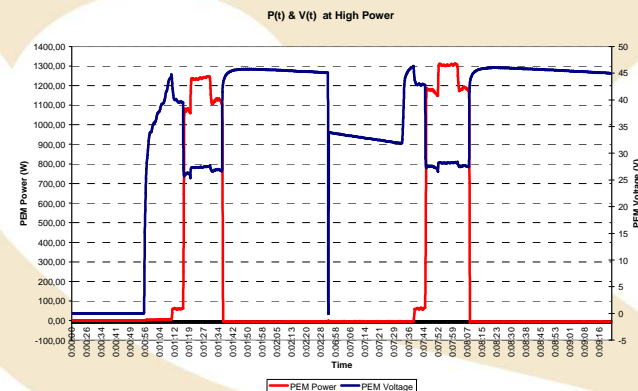
## ❑ Sistemas energéticos basados en Hidrógeno.

- Basados en la combinación del hidrógeno y oxígeno si se combina electroquímicamente producen agua y electricidad.
- Si se ha producido el hidrógeno a partir de electricidad se trata de almacenamiento, sino es generación de electricidad.

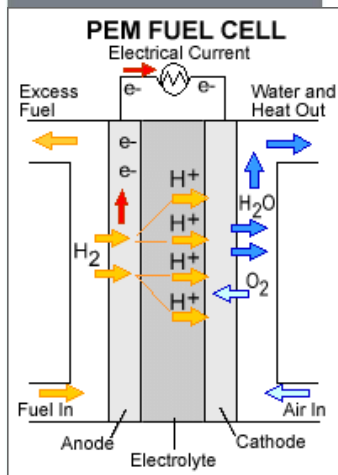


## Hidrógeno y pilas de combustible como almacenamiento energético. Hidrógeno

- ❑ El Hidrógeno ( $H_2$ ) es de 2,5 a 3 veces más energético por unidad de masa que el metano o la gasolina. Pero no por volumen.
- ❑ Almacenarlo es un punto crítico y existen diversas soluciones:
  - Como gas comprimido, de 350 a 700 bares.
  - Líquido criogénico, problemas pérdidas y consumo energético.
  - Hidruros metálicos, problema de sobrepeso de los sistemas pero muy seguro (y caro),
- ❑ Para aplicaciones estacionarias el gas comprimido es una solución aceptable al no haber habitualmente problemas por el peso.

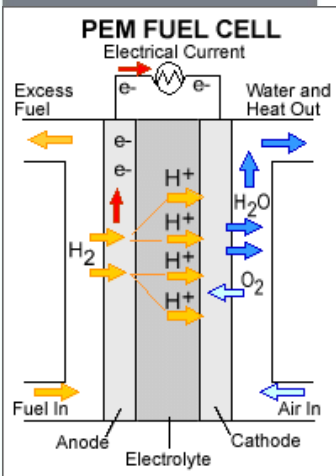


## Hidrógeno y pilas de combustible como almacenamiento energético. Electrólisis y pilas de combustible



- La electrolisis es un proceso muy conocido y con múltiples aplicaciones, basado en disociar una molécula (de agua en nuestro caso) mediante la circulación de una corriente eléctrica.
  - Básicamente es el proceso inverso a la producción de electricidad en una pila de combustible.
  - Los sistemas más comunes son los electrolizadores alcalinos de electrolito líquido. Pesados, voluminosos y necesitados de procesos de depuración de los gases para aplicaciones con pila de combustible. Alta eficiencia en grandes sistemas 70% con potencial de 85%.
  - Nuevas tendencias se dirigen a electrolizadores de electrolito sólido, ácido o alcalino, con alta presión y temperatura de funcionamiento.
  
- Las pilas de combustible son los dispositivos más eficientes de conversión de energía de los combustibles, al combinar sin combustión, su eficiencia no está limitada por la del ciclo de Carnot, pero existen límites teóricos.
  - No tienen partes móviles (salvo sistemas auxiliares).
  - Usadas con Hidrogeno solo emiten vapor de agua (los motores de hidrogeno emiten NOx).

# Hidrógeno y pilas de combustible como almacenamiento energético. Tipos de pilas de combustible



Tipo pila	Reacción en el ánodo	Iones electrolito	Reacción en el cátodo	Temperatura rendimiento
PEM	$H_2 \rightarrow 2e^- + 2H^+$	$H^+$ →	$2H^+ + \frac{1}{2}O_2 + 2e^- \rightarrow H_2O$	60-80°C / 45-55%
DMFC	$CH_3OH + H_2O \rightarrow CO_2 + 6H^+ + 6e^-$	$H^+$ →	$\frac{3}{2} O_2 + 6 H^+ + 6e^- \rightarrow 3 H_2O$	200°C / 35-40%
AFC	$2e^- + H_2O \leftarrow H_2 + 2(OH^-)$	$OH^-$ ←	$2(OH^-) \leftarrow H_2O + \frac{1}{2}O_2 + 2e^-$	<120°C / 55-60%
PAFC	$H_2 \rightarrow 2e^- + 2H^+$	$H^+$ →	$2H^+ + \frac{1}{2}O_2 + 2e^- \rightarrow H_2O$	200°C / 35-40%
MCFC	$2e^- + H_2O + CO_2 \leftarrow H_2 + CO_3^{2-}$	$CO_3^{2-}$ ←	$CO_3^{2-} \leftarrow \frac{1}{2}O_2 + CO_2 + 2e^-$	650°C / 50-60%
SOFC	$2e^- + H_2O \leftarrow H_2 + O^{2-}$	$O^{2-}$ ←	$O^{2-} \leftarrow \frac{1}{2}O_2 + 2e^-$	800-1000°C / 50-55%

## Hidrógeno y pilas de combustible como almacenamiento energético.

- Los sistemas basados en Hidrógeno y pilas de combustible son adecuados para almacenamiento a largo y muy largo plazo (almacenamiento estacional), en otras aplicaciones es más caro y con menor eficiencia (baterías)

### Sin embargo :

- Proporciona una solución muy flexible (“Economía del Hidrogeno”).
- Es modular y puede mejorar su eficiencia combinado en cogeneración
- Puede ser una fuente de combustibles de automoción a partir de exceso de generación de renovables (alta competencia con EV y PHEV para copar sector automoción).



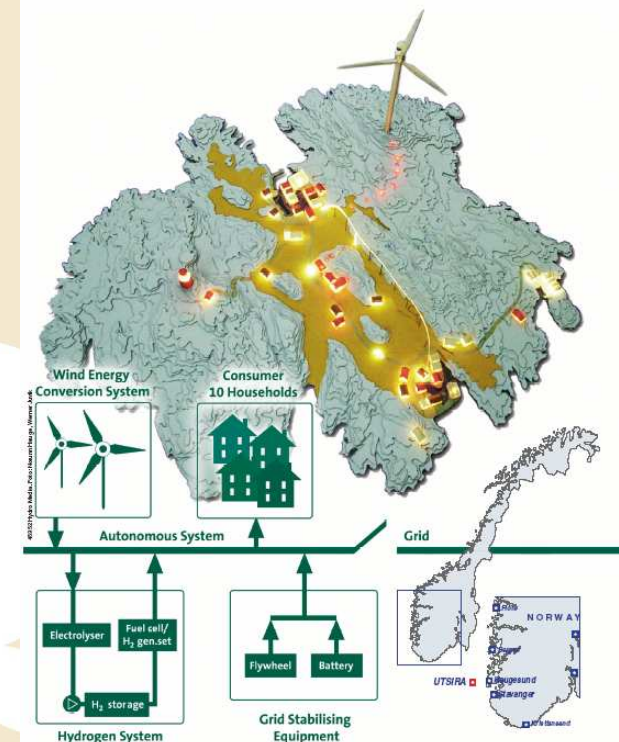
Planta 1 MW Rolls-Royce.  
 Rendimiento eléctrico >70 %  
 Source : Rolls-Royce

## Beneficios para redes: Integración de renovables en la red

- ▣ Solución desajuste entre momento generación y consumo.
- ▣ Superación limitaciones de la red. Mejora capacidad de exportación de zonas con mucho viento a otras con menos
- ▣ Promediado/filtrado de la generación de plantas eólicas.
- ▣ Mayor participación de renovables de generación aleatorias, mayor capacidad pico que demanda pico.
- ▣ Microrredes aisladas

### Isla de Utsira (Noruega)

- 2 aerogeneradores 600 kW Enercon.
- Unidad síncrona maestra de 100 kVA Enercon
- Un electrolizador de 10 NM3/h (50Kw).
- Almacenamiento H2 :12 m3 , 200 bars (2200 Nm3 ,6.6MWh)
- Pila PEM 10 kW.
- Grupo electrógeno de combustión de H2 (55 kW).
- 10-15 residencias familiares.



## Beneficios para redes: Transporte y distribución

- En la red de transporte y en la de distribución un sistema de hidrógeno puede aportar:
  - Reserva rodante
  - Retraso o evitación de la instalación de mayor capacidad de la red.
  - Regulación de frecuencia por areas.
  - Nivelado de cargas
  - Estabilidad a la linea de transporte
  - Capacidad de regulación de la tensión
  - Disminución de la inversión
  - Reducción de perdidas térmicas al disminuir la intensidad de pico.

## Beneficios para redes: Consumidor

- ▣ Al consumidor de energía, el almacenamiento en hidrógeno le puede aportar:
  - Posibilidad de reducción de potencia máxima.
  - Fiabilidad, si se configura como sistema SAI.
  - Mayor calidad de onda.
  - Posibilidad de gestionar el uso de energía de horas de coste bajo. Reducción o eliminación de trabajo nocturno en industrias intensivas en energía.



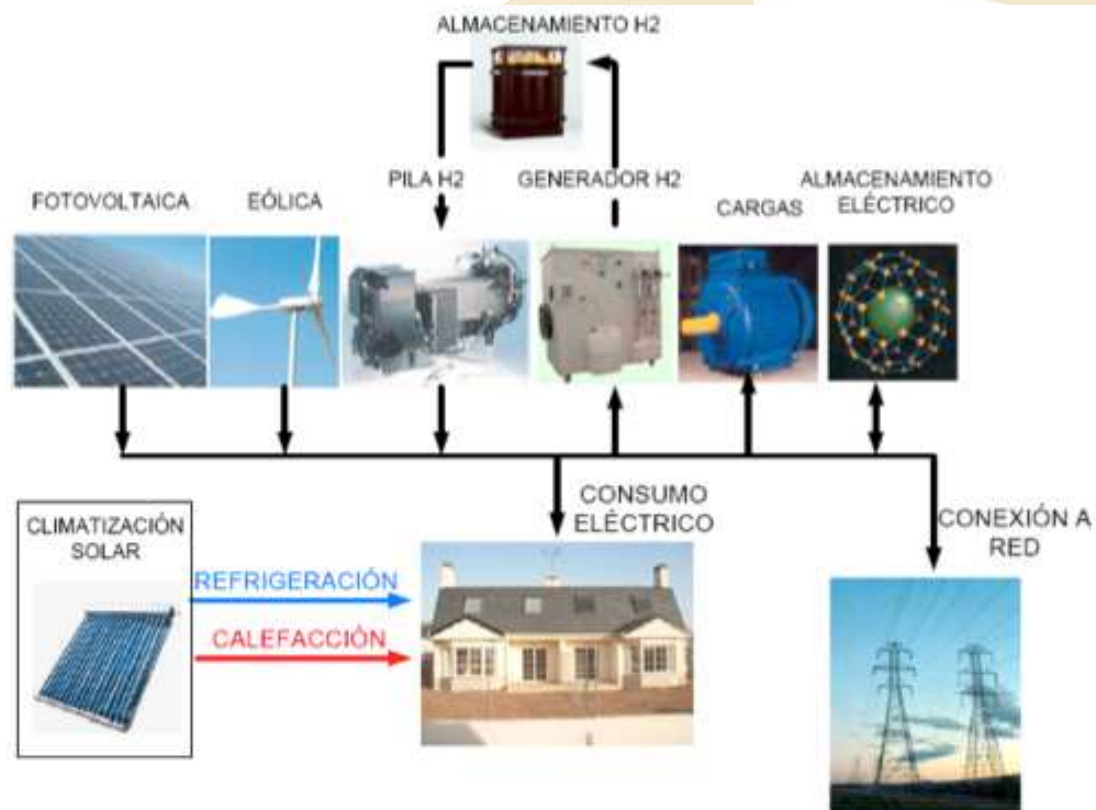
- ▣ Grupo de Operación y Control:
  - Equipos Eléctricos avanzados (CP). Pilas de Combustible como elemento generador distribuido, predecible y controlable
  - Recursos energéticos distribuidos (MP y LP). Integración masiva de recursos energéticos distribuidos, Microrredes, Desarrollo de nuevos servicios energéticos, Agregación de Recursos Energéticos Distribuidos, Integración de sistemas de almacenamiento energético
- ▣ Grupo de Planificación y Diseño de Red
  - Incertidumbre en la planificación de la red, instalación de una gran potencia con algunas medidas especiales como la instalación de equipos de almacenamiento.
- ▣ ...

## Índice

Introducción  
Redes del  
Futuro  
Hidrogeno y  
Pilas  
Beneficios  
para  
redes

# Beneficios para redes: Planta de Integración de renovables e hidrogeno en la red

- Planta piloto de integración de renovables e hidrógeno disponible en ITE



# Beneficios para redes: Planta de Integración de renovables e hidrogeno en la red

- ❑ Generadores:
  - Planta fotovoltaica trifásica : 7'5 kWp.
  - Aerogenerador trifásico: 6 kWp.
  - Pila PEM refrigerada por aire: 1'2kW .
  - Pila PEM refrigerada por agua (Cogeneración): 4kW ..
- ❑ Almacenamiento energético:
  - Producción de hidrógeno, electrolizador alcalino :1m3/h.
  - Almacenamiento de hidrógeno comprimido:18 m3 H2.
  - Banco de pruebas de almacenamiento electroquímico:
    - Baterías de Ion de Litio.
    - Baterías Ni-Cd.
    - Baterías de Acido de plomo.
    - Supercondensadores
- ❑ Arquitectura de conexión a red flexible.
- ❑ Sistema acoplado motor-generator:15 kW
- ❑ Planta de calor/frío solar
- ❑ Planta meteorológica
- ❑ Sistema SCADA .



# Beneficios para usuarios: Viabilidad solución integral en parque natural

- ▣ Proyecto H2Lakus (InterregIII C-Perspective 2007-2013 )  
“H2Lakus: Feasibility study of the application of hydrogen and RES for transport in protected wet areas.”



- Hidrogeno y renovables en dos parques naturales europeos ( Albufera de Valencia, y lago Tisza en Hungría)
- Estudio desoluciones tecnológicas alternativas, para no modificar las embarcaciones tradicionales, mediante la sustitución de motores de gasolina y diesel por generación limpia a bordo de la electricidad.
- Gran reducción potencial de impactos ambientales (contaminantes, CO2 y ruido)

Gracias por su atención.

Pedro M. Mayorga  
Director de Área Tecnológica  
pedro.mayorga@ite.es

Tel:+34 96 136 66 70  
Fax:+34 96 136 66 80  
Email : international@ite.es  
www.ite.es

