

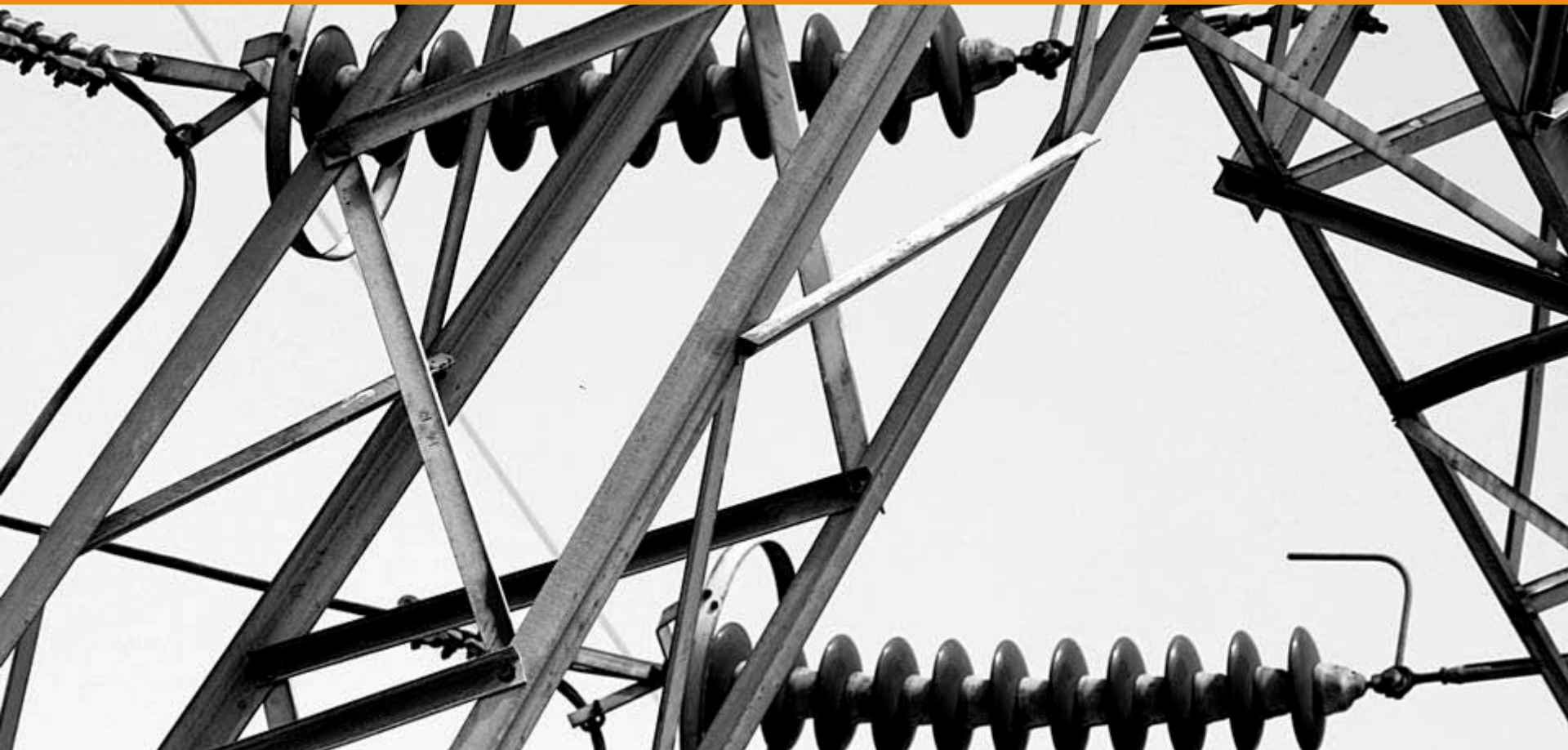
CENTRO NACIONAL  
DE ENERGÍAS RENOVABLES  
INTEGRACIÓN EN RED DE  
ENERGÍAS RENOVABLES

# PROBLEMÁTICA DEL ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA A GRAN ESCALA Y POSIBLES SOLUCIONES

 **cener**

PLANTA EXPERIMENTAL SOTAVENTO

27 de Octubre de 2011



# 01

## PROBLEMÁTICA DEL ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA



## PRINCIPALES OBSTÁCULOS PARA EL ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA

1. Falta de experiencia y estado de desarrollo de las tecnologías
2. Dificultad de cuantificar los beneficios en términos de ahorro y de calidad de energía
3. Altos costes de inversión debido al escaso mercado; también en función de las horas de utilización y de su vida útil
4. No participación en el almacenamiento de energía de los operadores de la red



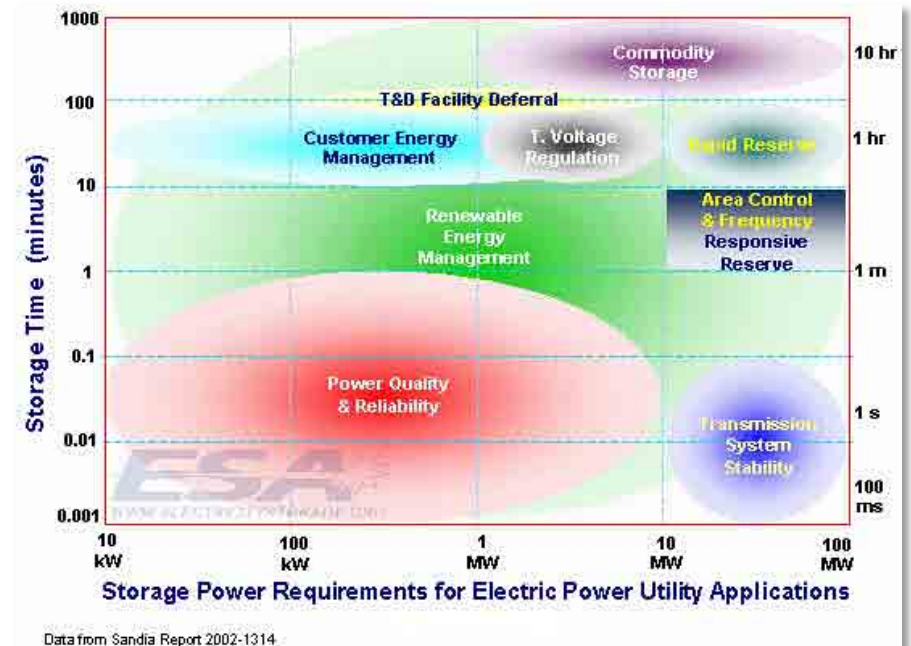
## APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO

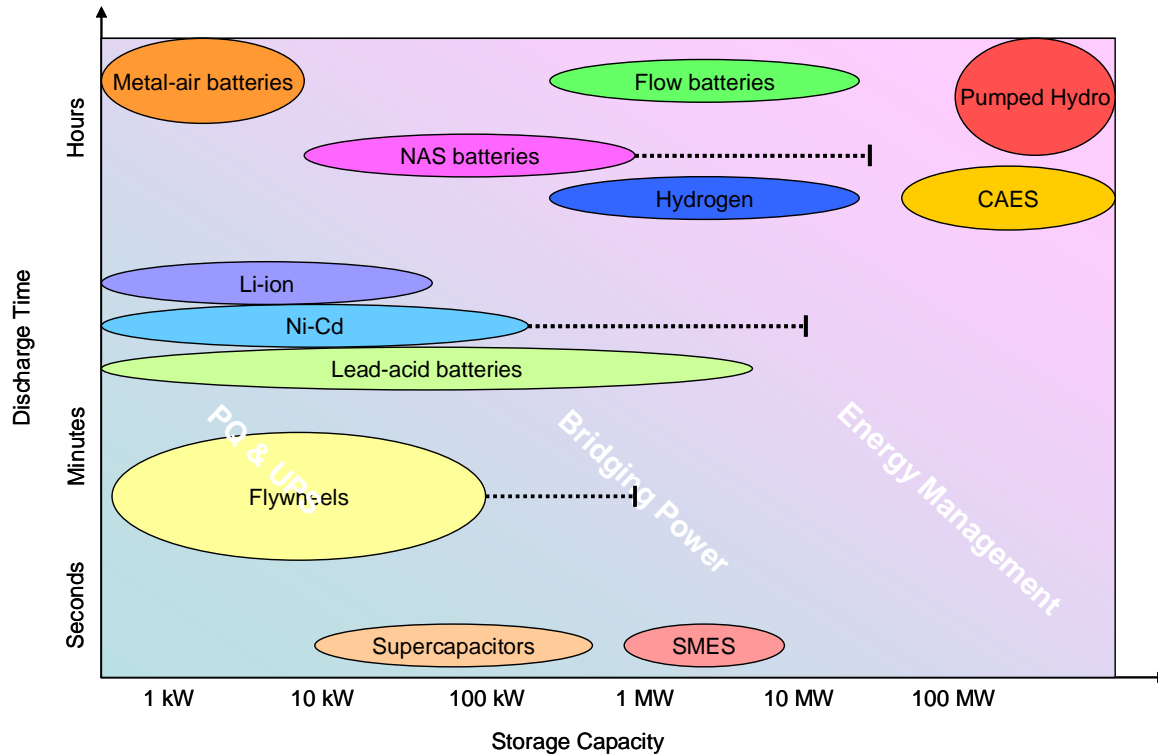
Los sistemas de almacenamiento de energía pueden aplicarse a diferentes escalas y con distintos objetivos

- Aplicaciones de energía y de potencia
- Estabilidad de la red y Calidad de la energía

Es necesario definir correctamente la aplicación del sistema de almacenamiento, la escala y el emplazamiento y analizar cada caso de forma específica

Aunque las tecnologías de almacenamiento presentan ciertas complicaciones, son cada vez más necesarias en un contexto de alta penetración renovable





Adaptado de Electricity Storage Association

## BOMBEO HIDRÁULICO

Bombeo de agua a un embalse superior,  
con bomba o turbina reversible

Permite recuperar la energía devolviendo  
el agua al embalse inferior

Actualmente es el único método de  
almacenar energía eléctrica a gran escala

Tecnología madura y totalmente probada

Gran implantación a escala mundial

- 90 GW en más de 240 plantas
- ~3% de la capacidad de generación



Fuente: Iberdrola

Eficiencia 70-85 %

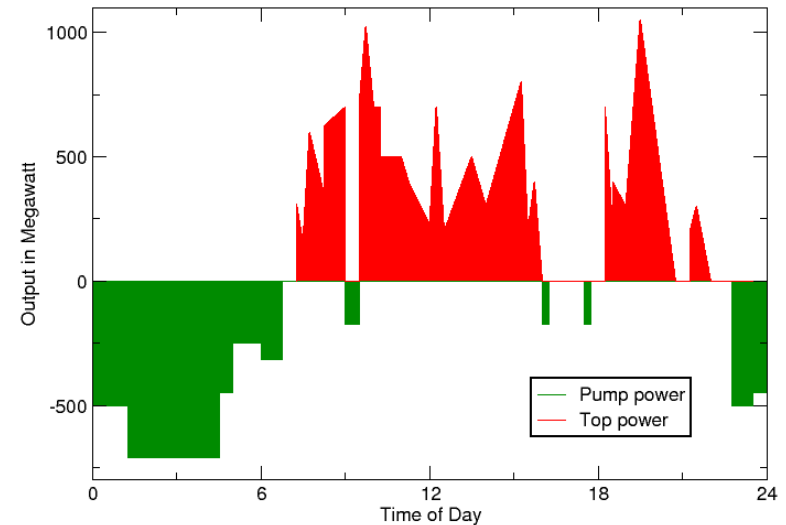
Tiempo de respuesta 10 min (10-30 s desde stand-by)

Costes de inversión 600-2.000 \$/kW

Dependencia de factores geológicos

Impacto medioambiental, rechazo social

Actualmente se invierte en repotenciación de las centrales existentes, máquinas modernas con mayor potencia y eficiencia



Fuente: Wikipedia

## BOMBEO HIDRÁULICO

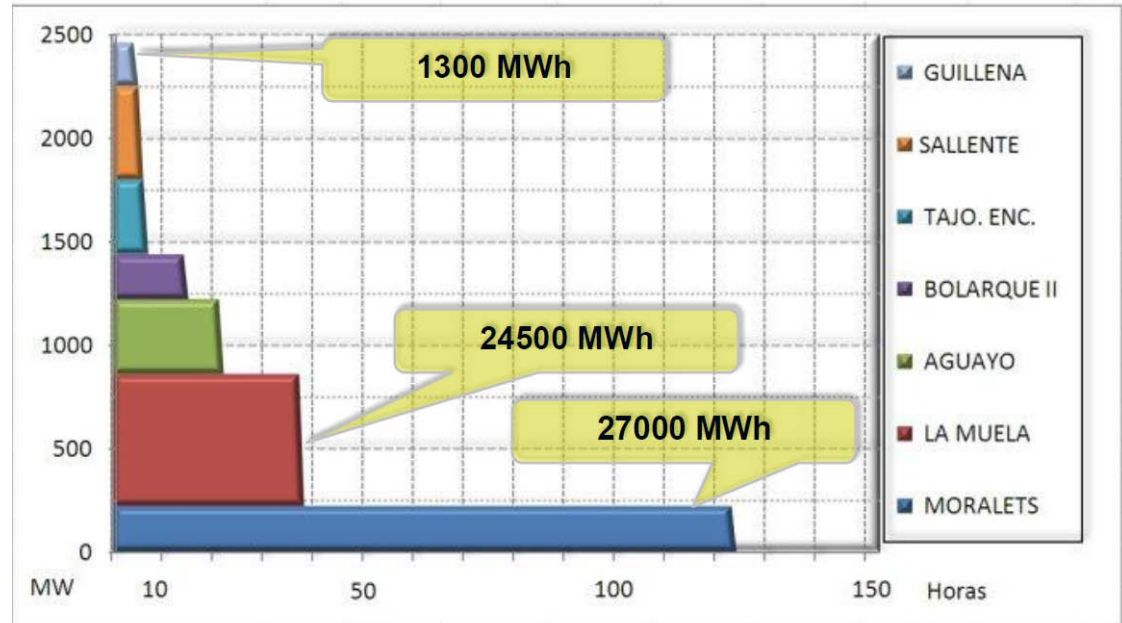
### Datos de bombeo en España

2.457 MW bombeo puro

2.416 bombeo mixto

1.240 MW en construcción

**6.113 MW en total**

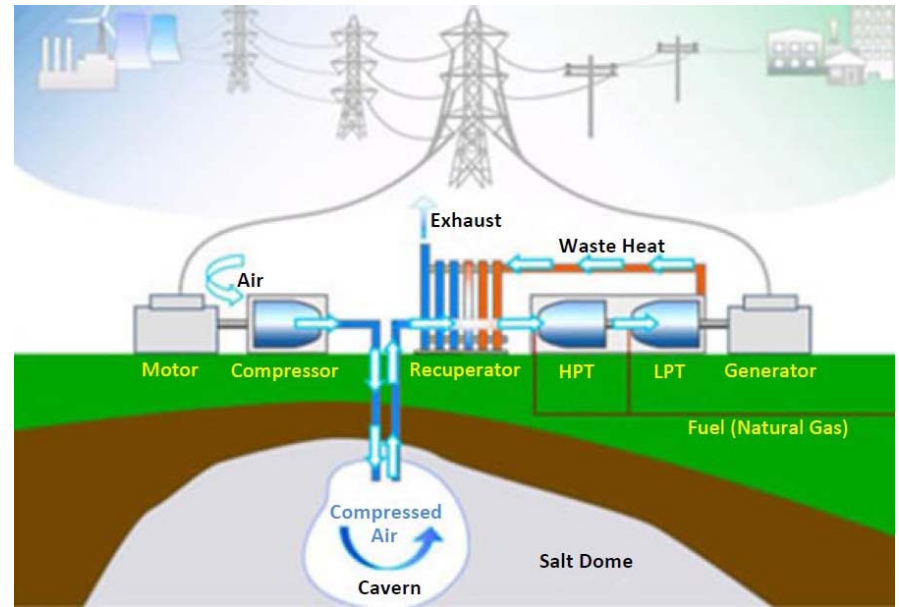


Fuente: Iberdrola

Los excedentes de energía se utilizan para comprimir aire que se almacena en cavernas

Posteriormente este aire entra en un ciclo de turbina de gas, en el que se ahorra el gasto en compresión (66%)

Actualmente se plantea el funcionamiento adiabático



Fuente: Argonne National Laboratory

Limitada experiencia (2 plantas instaladas)

- 290 MW, Huntorf, Alemania (1978)
- 110 MW, McIntosh, EE.UU. (1991)

Eficiencia 64-75 %

Multiplica por 3 la generación con TG

Costes de inversión 425-450 \$/kW

Dependencia de factores geológicos

Emisiones de CO<sub>2</sub>

Planta de 2.500 MW prevista en EE.UU.



Fuente: [www.systemdesign.ch](http://www.systemdesign.ch)



Fuente: [www.wired.com](http://www.wired.com)

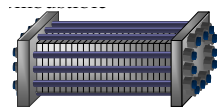


El proyecto stoRE (Facilitating energy storage to allow high penetration of intermittent renewable energy) financiado por el Intelligent Energy Europe de la Comisión Europea.

**OBJETIVO GENERAL** Facilitar la consecución de los ambiciosos objetivos planteados para las energías renovables, desbloqueando el potencial de las infraestructuras de almacenamiento de energía.

**COMETIDO DE CENER** Revisar junto con los principales actores la normativa y las condiciones del mercado tanto a nivel europeo como de los países participantes en el proyecto.

DC PV Solar



Electrolizador



Producción por electrólisis

Coste electrolizador 300-1.100 \$/kW

Eficiencia electrolisis 70-80% + almacenamiento + utilización

Eficiencia total reconversión eléctrica 20-40%

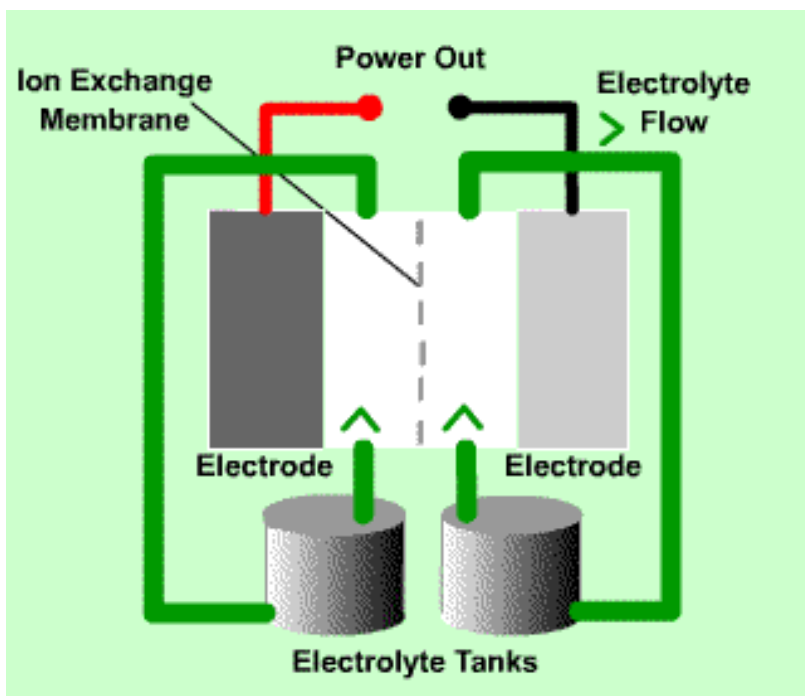
Tecnología diseñada para operar de modo continuo

No hay instalaciones reales de almacenamiento de energía basadas en H2 a gran escala

Según un estudio de VDE, la energía almacenada en una caverna mediante hidrógeno a 130 bar es 230 veces mayor que en bombeo y 50 veces mayor que en CAES

	\$/kWh	\$/kW	Eficiencia descarga	Vida útil (años)
Bombeo	5 – 100	600 – 2.000	0,87	30
CAES	2 – 50	400 – 800	0,79	30
Baterías de flujo	150 – 1.000	600 – 2.500	0,70	10
Electrolisis / subterráneo / pila combustible	1	3.000 – 6.000	0,59	10

Fuente: Sandia National Laboratory; Chen et al.



Almacenamiento electroquímico de energía

Funcionamiento equivalente al de una batería convencional

El electrolito se encuentra almacenado en tanques y circula por el interior de los stacks

Sistema totalmente modular, permite dimensionar de manera independiente la potencia y la energía

2 tipos principales: Vanadio Redox, Zinc-Bromo

Primeras unidades comerciales

Existen instalaciones de hasta 15 MW x 10 h

Rápida respuesta (ms)

Permiten descarga completa

Coste 650-1.800 \$/kW, 200-1.000 kWh

Eficiencia 75-85%

Vida útil 7-15 años



Fuente: CENER

# 03

## ALMACENAMIENTO VIRTUAL



Consiste en gestionar la producción y la demanda de energía para acoplar ambos perfiles mediante el desvío de consumos hacia horas valle para disponer de la energía durante las horas pico.

Sistemas de “consumos despachables” modulan su demanda en función de la situación de carga del sistema, aplanando su curva de consumo.

Sistemas: calor, frío, desalinizadoras, vehículos eléctricos, hidrógeno (electrolizadores), etc.

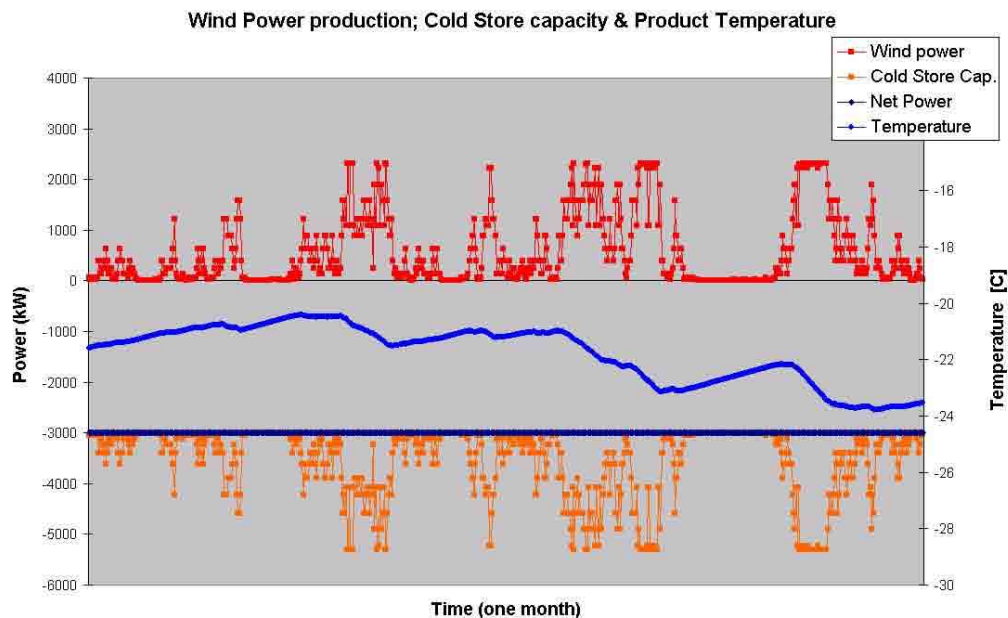
Proyecto “Nightwind”: almacenamiento de energía en cámaras frigoríficas.

Durante la noche se produce mucha energía de origen eólico, son horas valle en las que la temperatura de la cadena de frío se reduce por debajo de la de trabajo.

En horas pico se permite al sistema alcanzar la temperatura de trabajo sin aporte de energía externa que puede utilizarse en otros consumos.

El objetivo final es crear un perfil de generación en la red mas constante que el de un parque eólico mediante el desarrollo de un sistema de control (NWCS).

## Simulaciones



### Datos de simulación:

- Enercon E<sub>70</sub>
- Capacidad de almacenamiento en frío=250%
- 1,5 °C/día para enfriar el producto (a carga nominal)

En la realidad la curva no es plana porque la capacidad de almacenamiento es menor que la de los aeros pero tampoco es necesario una generación constante para la red.

El proyecto REVE (Regulación Eólica con Vehículos Eléctricos) ha sido financiado por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio dentro del Plan Nacional de Investigación 2008-2011 a través de la Asociación Empresarial Eólica

**OBJETIVO GENERAL** Análisis técnico y económico para el desarrollo de una infraestructura en España de vehículos eléctricos que actúen como sistemas de almacenamiento de energía para regular la generación eólica

**COMETIDO DE CENER** Análisis con TIMES del efecto de la integración de vehículos eléctricos en el mercado energético español en 2020 teniendo en cuenta los posibles recortes de energía eólica durante la noche

## RESULTADOS EFECTO DE LOS VE EN LA DESCONEXIÓN EÓLICA

### Previsiones de pérdidas de energía eólica durante la **noche**

#### 2020 escenario BASE

1,60% de la producción anual, 96 M€/año\*

#### 2020 escenario VE-noche

0,55% de la producción anual, 34 M€/año\*

### Previsiones de pérdidas de energía eólica durante el **día**

#### 2020 escenario BASE

0,95% de la producción anual, 57 M€/año\*

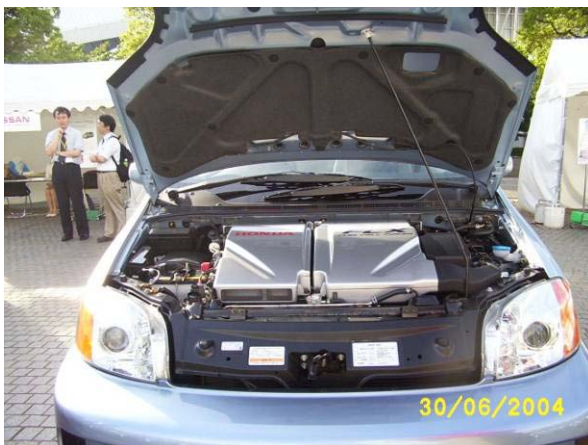
#### 2020 escenario VE-día

0,28% de la producción anual, 17 M€/año\*

\* Suponiendo un precio medio de 0,06 €/kWh y un mínimo técnico de 12.000 MW

- Los electrolizadores pueden trabajar del mismo modo que los vehículos eléctricos, desplazando su consumo a las horas de baja demanda
- Un número elevado de electrolizadores conectados a la red supondrían una carga despachable de gran potencia
- El control de estos equipos es más sencillo que el de los vehículos eléctricos, que depende de factores sociológicos
- Los electrolizadores situados junto a los puntos de consumo eliminan los costes de transporte de hidrógeno
- El hidrógeno puede ser utilizado en múltiples aplicaciones aumentando su competitividad y sus posibles mercados
- El hidrógeno como almacenamiento virtual favorece la integración de las energías renovables en la red

- Aplicaciones de Hidrógeno
  - Plantas de energía estacionaria
    - Residenciales
    - Generación distribuida
  - Transporte
  - Sistemas de energía portátiles



Fuente: CENER



Fuente: [www.fuelcells.org](http://www.fuelcells.org)



Fuente: MTI  
Company



El almacenamiento de electricidad a gran escala es un problema sin resolver

Es necesario definir correctamente la aplicación del sistema de almacenamiento, la escala y el emplazamiento y analizar cada caso de forma específica

Un sistema de almacenamiento bien dimensionado y gestionado puede proporcionar importantes beneficios tanto de gestión como económicos

El hidrógeno no depende de emplazamientos físicos, es muy versátil comparado con el bombeo y los CAES y es competitivo con otros sistemas de almacenamiento de energía dependiendo de la estrategia de gestión y el tamaño del sistema

Aunque las tecnologías de almacenamiento presentan ciertas complicaciones, son cada vez más necesarias en un contexto de alta penetración renovable

CENER

MUCHAS GRACIAS

[info@cener.com](mailto:info@cener.com)

[www.cener.com](http://www.cener.com)

T 34 948 252 800

Gabriel García, [ggarcia@cener.com](mailto:ggarcia@cener.com)



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE INDUSTRIA, TURISMO  
Y COMERCIO

MINISTERIO  
DE CIENCIA  
E INNOVACIÓN

**Ciemat**

 **cener**  
centro nacional de energías renovables