

nanoBasque



## Hoja de ruta de la aplicación de micro/nanotecnologías en almacenamiento de energía



EKONOMIAREN GARAPEN  
ETA LEHIAKORTASUN SAILA  
DEPARTAMENTO DE DESARROLLO  
ECONÓMICO Y COMPETITIVIDAD

# Objetivos del documento

- Impulsar el desarrollo de la estrategia nanoBasque, profundizando la contribución de la micro/nano en el ámbito de la energía
- Desarrollar una hoja de ruta que recoja la aplicación de las micro y nano tecnologías al desarrollo tecnológico de las soluciones de almacenamiento de energía...
- ... que permitan acelerar su introducción en el mercado...
- ... y entender cuál es el posicionamiento actual y las oportunidades de futuro que ello proporciona para el desarrollo de la industria vasca

- 1 Introducción
- 2 Metodología
- 3 Aplicaciones del almacenamiento de energía
- 4 Tecnologías de almacenamiento de energía
- 5 Aplicaciones micro/nano en almacenamiento
- 6 Posicionamiento de agentes vascos
- 7 Retos y oportunidades a impulsar

Anexos



**1. Introducción**

2. Metodología

3. Aplicaciones del almacenamiento de energía

4. Tecnologías de almacenamiento de energía

5. Aplicaciones micro/nano en almacenamiento

6. Posicionamiento de agentes vascos

7. Retos y oportunidades a impulsar

Anexos

La energía es uno de los campos con mayor potencial de aplicación de la micro y nanotecnología, especialmente en las áreas hoy menos maduras y en pleno desarrollo tecnológico

- ❖ La **estrategia nanoBasque** destaca el ámbito de la energía como una de las áreas clave de aplicación de la micro/nanotecnología
- ❖ Dentro de los diversos segmentos energéticos interesantes para el País Vasco, se considera como regla general que **la micro/nanotecnología tiene más posibilidades de penetración en los sectores emergentes que en los maduros**, dado que en éstos últimos los criterios de coste pueden suponer una barrera inicial más alta
- ❖ Las **energías marinas y el almacenamiento de energía** son áreas emergentes que se priorizan en la **estrategia energiBasque** y que cuentan con necesidades importantes de desarrollo tecnológico
- ❖ El resultado de la Hoja de Ruta es la confluencia y generación de relaciones simbióticas entre la estrategia nanoBasque y la estrategia energiBasque

Por todo ello, se ha decidido centrar este ejercicio en las áreas energéticas menos maduras que se priorizan en energiBasque; las energías marinas y el almacenamiento de energía

## Este documento se centra en la elaboración de la Hoja de ruta de la micro/nano en el área de almacenamiento de energía...

- Desde el punto de vista empresarial, el almacenamiento de energía es un ámbito muy heterogéneo
  - Con potenciales usuarios en diversos sectores de aplicación (dentro del propio sector de la energía, así como de otros como la construcción, automoción, etc)
  - Con proveedores de soluciones de almacenamiento, especializados en tecnologías y aplicaciones diversas
- Con un nivel de actividad empresarial en el País Vasco en fase de desarrollo pero todavía sin una masa crítica suficiente
  - Creciente interés por parte de empresas potencialmente usuarias
  - Presencia puntual de algunas empresas de referencia en soluciones de almacenamiento
- En consecuencia, la Hoja de Ruta en almacenamiento se orienta fundamentalmente a la coordinación y desarrollo de capacidades en la oferta científico-tecnológica vasca...
  - ... entendiendo que el primer paso es impulsar la penetración de las actividades micro/nano en los portafolios de los centros de la oferta vasca que trabajan en el área de almacenamiento de energía
  - ... lo que permitirá posteriormente su entrada en el plano industrial, activando el interés de empresas usuarias y desarrolladoras de productos y servicios basados en almacenamiento de energía

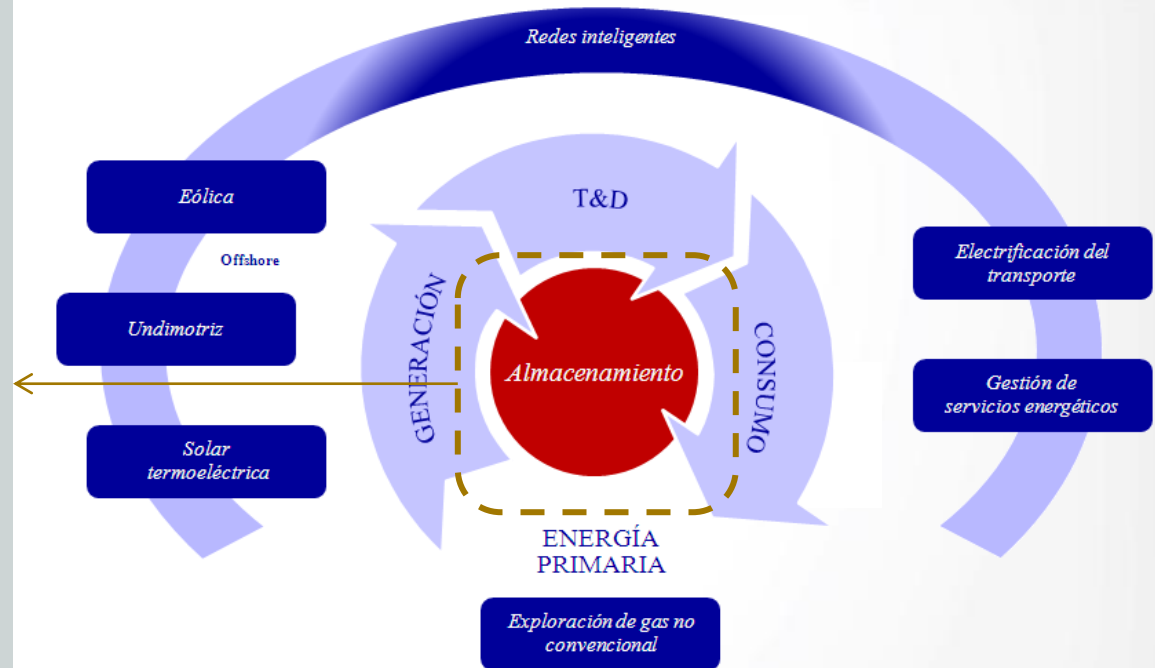
...con énfasis inicial en el desarrollo de la contribución de la micro/nano en la oferta científico-tecnológica vasca de almacenamiento

# La estrategia tecnológica y de desarrollo empresarial en energía del País Vasco distingue el almacenamiento de energía entre sus segmentos prioritarios...

## Misión estrategia en almacenamiento de energía

## Segmentos energéticos prioritarios de EnergiBasque

*La estrategia en Almacenamiento de Energía persigue generar capacidades y conocimiento de alto nivel tecnológico que permitan a las empresas incorporar estas tecnologías en aplicaciones con elevado potencial de crecimiento como energías renovables, red eléctrica o transporte*



# ... siendo las nanotecnologías una de las líneas de trabajo consideradas en energiBasque

## Objetivos Estratégicos

Desarrollar una posición tecnológica de referencia en almacenamiento, generando nuevas capacidades tecnológicas (principalmente en el campo de los interfaces) y consolidando las existentes en torno a baterías de ion litio y pilas de combustible PEMFC y SOFC, consiguiendo sistemas con costes más reducidos y mayores niveles de autonomía y eficiencia

Incorporar estas tecnologías en aplicaciones específicas en todos aquellos nichos en los que estas alternativas sean competitivas en coste y eficiencia, en cooperación con los agentes locales que pudieran estar interesados, principalmente en las áreas de integración con energías renovables, red eléctrica o transporte

## Áreas tecnológicas

Investigación y desarrollo en tecnologías de almacenamiento (interfaces)

Desarrollo de las tecnologías de baterías de ion litio y de pilas de combustible PEMFC y SOFC

Incorporación del almacenamiento en aplicaciones de futuro (red eléctrica, transporte, generación distribuida)

## Líneas tecnológicas

- Investigación en nuevos materiales y procesos de bajo coste
- Investigación en materiales renovables implicados
- Investigación en duración o esperanza de vida
- Investigación en densidad energética
- Nanotecnologías como fuente de avances en tecnologías de almacenamiento
- Herramientas de simulación y modelización

- Investigación y desarrollo de componentes, módulos y battery packs de ion litio
- Desarrollo de componentes y tecnologías de fabricación para componentes de pilas de combustible PEMFC y SOFC
- Investigación en nuevas tipologías de membranas para pilas de combustibles (poliméricas, basadas en nanotecnología, etc.)

- Desarrollo de convertidores y soluciones de protección, control y comunicaciones para dispositivos de almacenamiento
- Desarrollo de aplicaciones para red eléctrica (almacenamiento a gran escala de electricidad, integración de renovables, sistemas black-start, distribución)
- Desarrollo de aplicaciones de almacenamiento de energía en el ámbito del transporte (tranvías sin catenaria, autobuses, ascensores, vehículo eléctrico)
- Desarrollo de aplicaciones de baja potencia de pilas de combustible basadas en tecnologías PEMFC y SOFC (cogeneración doméstica e industrial, sistemas de alimentación ininterrumpida)





1. Introducción

**2. Metodología**

3. Aplicaciones del almacenamiento de energía

4. Tecnologías de almacenamiento de energía

5. Aplicaciones micro/nano en almacenamiento

6. Posicionamiento de agentes vascos

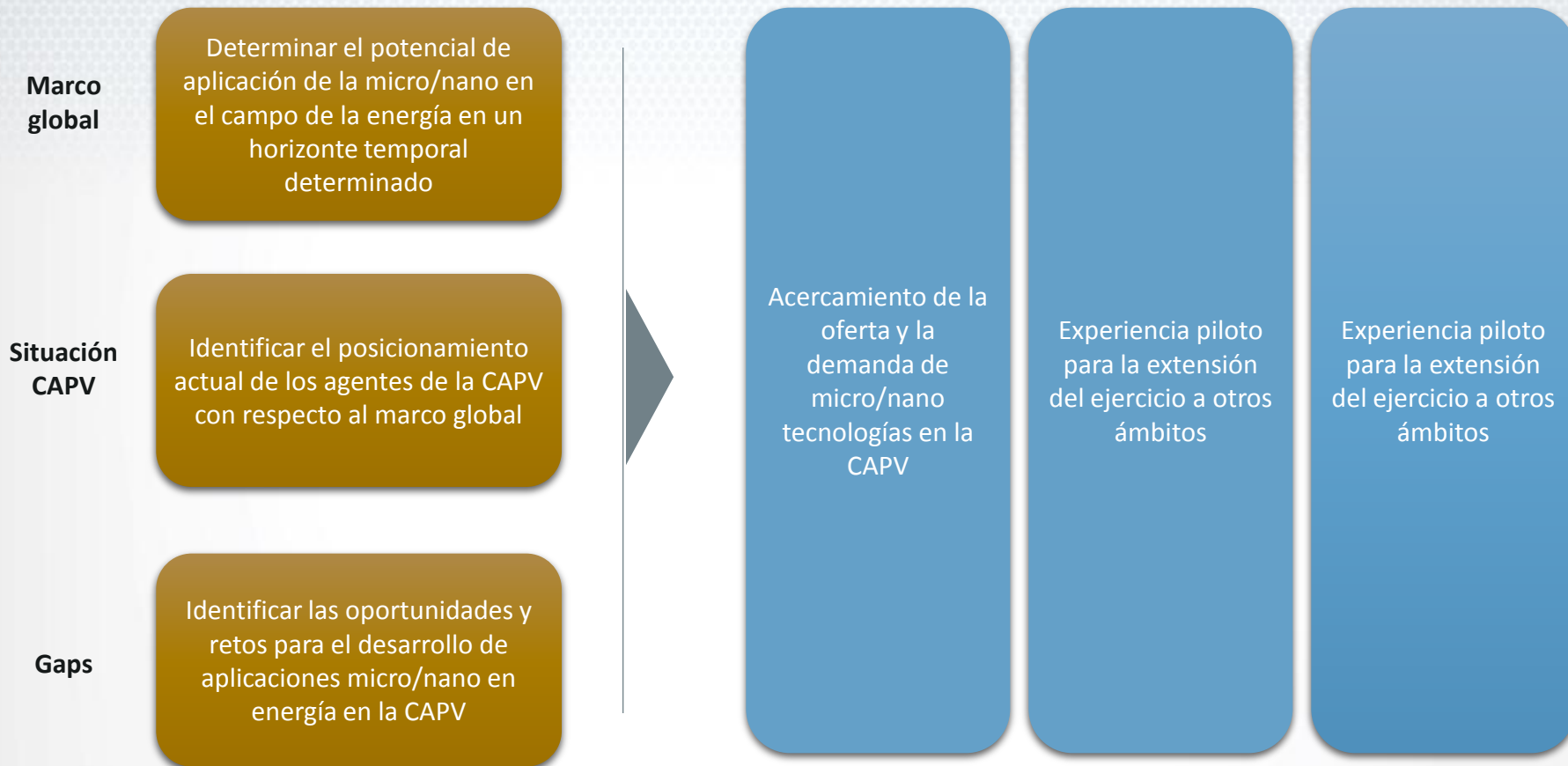
7. Retos y oportunidades a impulsar

Anexos

El objetivo de la Hoja de Ruta es visualizar el potencial de la micro/nano tecnología en el desarrollo de aplicaciones y tecnologías de almacenamiento de energía

**Objetivos técnicos**

**Objetivos de gestión / proceso**



... sirviendo de herramienta para acercar las capacidades científico-tecnológicas y los intereses empresariales vascos en este ámbito

# El análisis del área de almacenamiento requiere un enfoque particular, dado su carácter transversal para diferentes mercados

## Marco global de aplicaciones micro/nano en almacenamiento



(\*) El análisis no incluye el almacenamiento de energía magnética por superconducción o SMES (sistema de almacenamiento de energía en un campo magnético creado por la circulación de una corriente continua en un anillo superconductor que está refrigerado a una temperatura por debajo de la temperatura crítica de superconductividad)

El Marco Global para el análisis de la contribución de la micro/nanotecnología en el área de almacenamiento de energía se estructura en torno a dos ejes básicos interrelacionados: el de las aplicaciones/mercados en los que se utilizan o pueden utilizar soluciones de almacenamiento, y el de las diversas tecnologías en las que se basan dichas soluciones

## Es preciso tener en cuenta algunos conceptos de base en el diseño de dicho Marco Global

### Aplicaciones almacenamiento

- **Áreas de mercado:** son los grandes nichos de mercado que tienen necesidades de almacenamiento de energía
  - **Aplicación específica:** cada área de mercado cuenta con diferentes necesidades que el almacenamiento puede resolver en términos de **capacidad de almacenamiento, tiempo de descarga, ciclos de carga/descarga y vida útil.**
- 

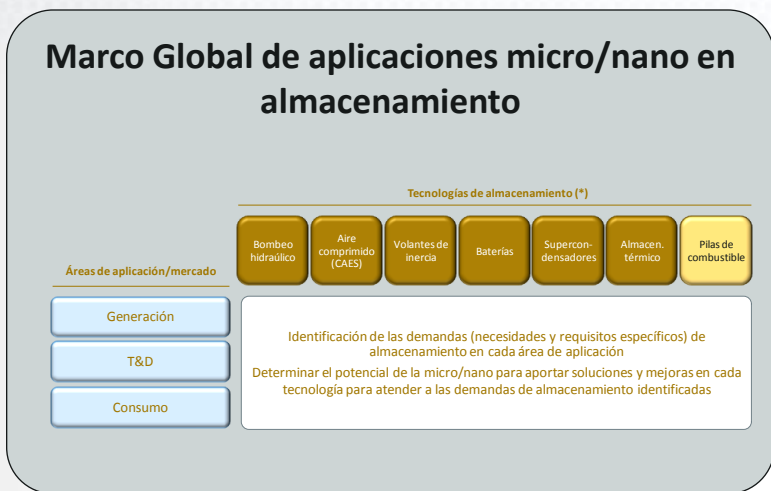
### Tecnologías de almacenamiento

- Son las **soluciones** que pueden dar respuesta a cada una de las aplicaciones específicas
  - El potencial de aplicación de cada tecnología es diverso, pudiendo algunas de ellas ser la base para aplicaciones en diferentes áreas de mercado
  - Cada tecnología puede tener un grado de madurez diferente en función de la aplicación en la que se pretenda utilizar
- 

### Aplicaciones micro/nano

- Este nivel trata de identificar cuál es **el nivel de contribución** de la micro/nano de cada una de las tecnologías de almacenamiento para las distintas aplicaciones/mercados en las que se utilizan:
  - Se muestran cuáles son los **retos y problemáticas en las distintas aplicaciones de almacenamiento que pueden resolverse con la contribución de la micro/nano tecnología**
  - Se identifican las **líneas de investigación actuales** en micro/nano orientadas a conseguir esas mejoras

A partir de la definición del Marco Global se genera un diálogo con los agentes de la oferta micro/nano y la demanda empresarial...



**Diálogo con agentes de la oferta micro/nano y de la demanda empresarial de almacenamiento**

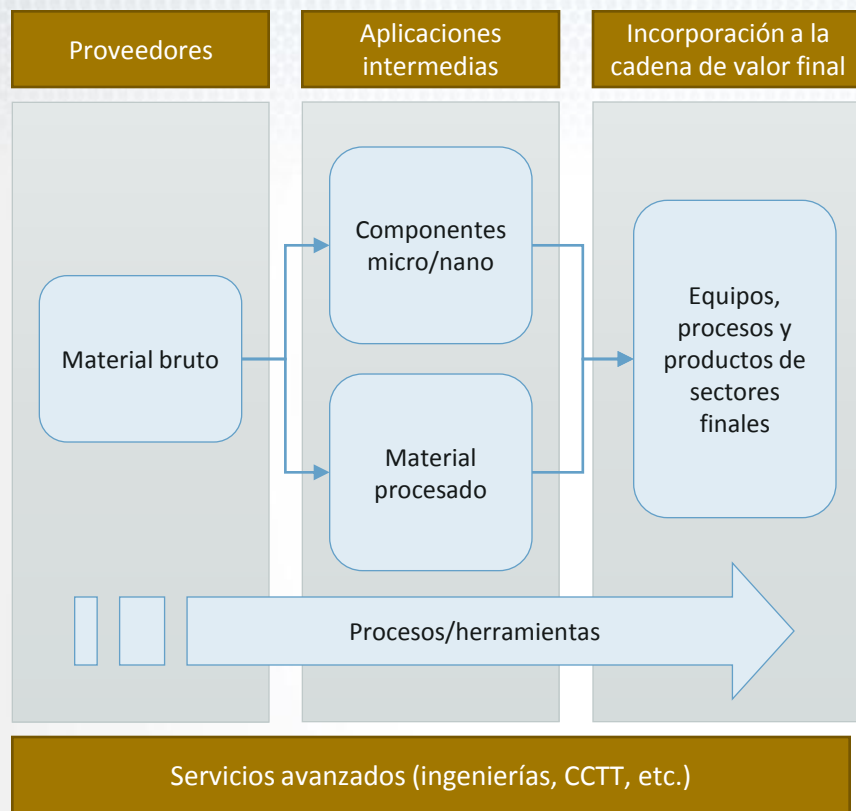
**Contraste y mejora del Marco Global con las aportaciones de los agentes vascos**

**Posicionamiento de los agentes vascos (capacidades, actividades en curso o planificadas)**

**Priorización e identificación de líneas de actuación/proyectos a impulsar**

... orientado a contrastar y enriquecer el Marco Global definido y a encontrar prioridades de actuación y líneas de colaboración a futuro entre ambos

# Las tecnologías micro/nano pueden tener un carácter diferente según su aplicación en la cadena de valor



## Proveedores

- Suministradores de materia prima micro/nano (nanopartículas, polímeros, microhilos...)
- Fabricantes de maquinaria y herramientas destinadas a la fabricación de productos componentes micro y nanotecnológicos

## Aplicaciones intermedias

- Fabricantes de componentes micro/nano (chips, microdispositivos, sensores...)
- Empresas que incorporan elementos micro/nano a materiales convencionales (material nanoestructurado, adición de nanopartículas, recubrimientos...)

## Usuaris

- Empresas que incorporan componentes micro/nano a equipos destinados a fabricar productos convencionales
- Empresas que implementan procesos mejorados a través de la utilización de micro y nanotecnologías
- Empresas que incorporan componentes micro/nano a su producto



1. Introducción

2. Metodología

**3. Aplicaciones del almacenamiento de energía**

4. Tecnologías de almacenamiento de energía

5. Aplicaciones micro/nano en almacenamiento

6. Posicionamiento de agentes vascos

7. Retos y oportunidades a impulsar

## Diversas problemáticas y tendencias del sector energético están generando un creciente interés por los sistemas de almacenamiento

- Creciente integración de fuentes de generación renovable, con las dificultades que su discontinuidad e impredecibilidad impone a su gestión
- Gestión de picos de demanda, con implicaciones económicas claves para el negocio
- Grandes inversiones en las infraestructuras de T&D para mejorar su fiabilidad y su transformación hacia el concepto de red inteligente (smartgrid)

Existencia de una oferta de soluciones de almacenamiento a costes cada vez más competitivos gracias al desarrollo continuo experimentado en sus tecnologías de base



## El almacenamiento de energía puede aportar soluciones a lo largo de toda la cadena de valor del suministro eléctrico, desde la generación al consumo



Normalmente, un mismo sistema de almacenamiento ofrece de forma simultánea diversas soluciones

## Dentro de este amplio contexto se han identificado un conjunto de aplicaciones específicas de especial relevancia (1 de 2)

|                                  | Aplicaciones específicas              | Descripción   |
|----------------------------------|---------------------------------------|---|
| <b>Generación</b>                | Almacenamiento masivo                 | Almacenamiento para la gestión de picos de demanda y el aprovechamiento de la producción de renovables en horas valle   |
|                                  | Equilibrio generación-demanda         | Almacenamiento con capacidad de respuesta rápida para regulación de frecuencia del sistema, reservas de generación y calidad de energía y para integrar renovables a la red     |
|                                  | Sistemas black-start                  | Arranque de centrales de potencia en situaciones de ausencia de suministro de red   |
| <b>Transporte y Distribución</b> | Sistemas estacionarios de soporte T&D | Sistemas fijos de almacenamiento para el apoyo a las operaciones de T&D   |
|                                  | Sistemas portátiles de soporte T&D    | Sistemas transportables de almacenamiento para el apoyo a las operaciones de T&D  |
|                                  | Distributed energy storage (DES)      | Sistemas modulares centralizados situados en la red de distribución (en las subestaciones o feeders) para proveer mayor fiabilidad, soporte a la red T&D y servicios auxiliares |

## Dentro de este amplio contexto se han identificado un conjunto de aplicaciones específicas de especial relevancia (2 de 2)

|         |  | Aplicaciones específicas  | Descripción   |
|---------|--|---------------------------|---|
| Consumo | Grandes clientes industria y servicios | Calidad de la energía     | Aseguramiento de las condiciones de la energía recibida ante eventos de corta duración (cortes, huecos de tensión, etc)   |
|         |  | Fiabilidad del suministro | Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (SAIs) que aseguran el suministro de energía en caso de fallo en la red (hasta la parada controlada de los procesos o la puesta en marcha de generación auxiliar)                     |
|         |  | Gestión de la energía     | Sistemas para la reducción del consumo y factura energética (se incluye el almacenamiento de la energía de sistemas de generación locales, por ejemplo, el <i>district heating</i> , la cogeneración y la energía solar)      |
|         | Residencial                            | Fiabilidad del suministro | Sistemas de <i>back-up</i> ante cortes de suministro eléctrico  |
|         |  | Gestión de la energía     | Sistemas para la reducción del consumo y factura energética (se incluye el almacenamiento de la energía de sistemas de generación locales, por ejemplo, el <i>district heating</i> , la microcogeneración y la energía solar) |
|         | Medios de transporte                   | Vehículo eléctrico        | Sistemas de almacenamiento de energía a bordo para todo tipo de vehículos eléctricos (motocicletas, coches, autobuses y vehículos industriales)   |
|         |  | Ferrovionario             | Tranvías sin catenaria  |
|         |  | Naval                     | Sistemas de almacenamiento para buques eléctricos o híbridos  |

# Cada aplicación lleva asociadas unas demandas y requisitos de almacenamiento diferentes

|                                  |  | Aplicaciones específicas                                       | Potencia suministrada                      | Tiempo de descarga              | Ciclos de carga/descarga | Vida útil  |
|----------------------------------|--|--|--|---------------------------------|--------------------------|------------|
| <b>Generación</b>                |  | Almacenamiento masivo  | 50 - 400 MW                                | 6-10 horas                      | 300-400/año              | 15-20 años |
|                                  |  | Equilibrio generación-demanda                                  | 1-100 MW                                   | 15 min.                         | > 8.000/año              | 15 años    |
|                                  |  | Sistemas black- start  |  |                                 |                          |            |
| <b>Transporte y Distribución</b> |  | Sistemas estacionarios de soporte T&D                          | 10-100 MW                                  | 2-6 horas                       | 300-500/año              | 15-20 años |
|                                  |  | Sistemas portátiles de soporte T&D                             | 1-10 MW                                    | 2-6 horas                       | 300-500/año              | 15-20 años |
|                                  |  | Distributed energy storage (DES)                               | 25-200 kW monofásica<br>25-75 kW trifásica | 2-4 horas                       | 100-150/año              | 10-15 años |
| <b>Consumo</b>                   | Grandes clientes industria y servicios | Calidad de la energía  | 50-500 kW<br>1.000 kW                      | < 15 min.<br>> 15 min.          | < 50/año                 | 10 años    |
|                                  |  | Fiabilidad del suministro                                      | 50-1.000 kW                                | 4-10 horas                      | < 50/año                 | 10 años    |
|                                  |  | Gestión de la energía  | 50-1.000 kW                                | 3-6 horas                       | 400-1.500/año            | 15 años    |
|                                  | Residencial                            | Fiabilidad del suministro                                      | 2-5 kW                                     | 2-4 horas                       | 150-400/año              | 10-15 años |
|                                  |  | Gestión de la energía  | 2-5 kW                                     | 2-4 horas                       | 150-400/año              | 10-15 años |
|                                  | Medios de transporte                   | Vehículo eléctrico (moto, coche, autobús, vehículo industrial) | 40 kW                                      | 2 - 15 min HEV<br>3- 5 horas EV | 150-400 /año             | 10 años    |
|                                  |  | Ferrovionario  | 100-500 kW                                 | 3-10 min                        | > 10.000                 | 5 – 7 años |
|                                  |  | Naval  | 400-1000 kW                                |                                 |                          | 15-20 años |



1. Introducción
  2. Metodología
  3. Aplicaciones del almacenamiento de energía
  - 4. Tecnologías de almacenamiento de energía**
  5. Aplicaciones micro/nano en almacenamiento
  6. Posicionamiento de agentes vascos
  7. Retos y oportunidades a impulsar
- Anexos

# Las necesidades pueden cubrirse con diferentes tecnologías de almacenamiento de energía (\*)

|                |                        |   |
|----------------|------------------------|---|
| Mecánico       | Bombeo hidráulico      | Almacenamiento mecánico de energía en forma de agua embalsada y bombeada desde un embalse inferior a un embalse superior. Este proceso se realiza en horas valle en el que la demanda es baja. En caso de necesitar producir electricidad, el agua desciende del depósito superior al inferior accionando una turbina hidroeléctrica  |
| Mecánico       | Aire comprimido (CAES) | Almacenamiento mecánico de energía. En horas valle se emplea energía eléctrica para comprimir y almacenar el aire en depósitos naturales (cavernas, minas,...) o artificiales. Cuando las <i>utilities</i> necesitan producir electricidad adicional, el aire se extrae para obtener un mayor rendimiento en un sistema de generación eléctrica convencional.                 |
| Mecánico       | Volantes de inercia    | Almacenamiento mecánico de energía en forma de energía cinética (masa girando a gran velocidad). Los volantes de inercia almacenan la energía de la red aumentando la velocidad de giro del disco que guarda en el interior de su cámara de vacío. Para poder devolver la energía a la red, se disminuye la velocidad de giro del disco.                                      |
| Electroquímico | Baterías               | Almacenamiento electroquímico de energía eléctrica. Se emplea un proceso químico reversible de reducción-oxidación para obtener la corriente eléctrica. Existen diversas alternativas: Plomo ácido, Ni-Cd, Li-ion, NaS, de Flujo, Na-ion, Metal-Aire, Li-S, Fe-Cr...  |
| Electroquímico | Supercondensadores     | Almacenamiento electroquímico en el campo eléctrico existente entre dos conductores separados por un dieléctrico. La carga hace que los iones del electrolito de carga opuesta se almacenen en la superficie porosa de los electrolitos. La descarga se produce cuando los electrones circulan en un circuito externo y los iones dejan de estar atraídos por los electrodos. |
| Térmico        | Almacenamiento térmico | Almacenamiento de energía térmica. La energía térmica se puede almacenar mediante un cambio en la energía interna de un material. Existen diferentes alternativas para ello: el calor sensible (sales fundidas...), el calor latente (materiales de cambio de fase), las reacciones termoquímicas o una combinación de varias de dichas alternativas.                         |
| Electroquímico | Pilas de combustible   | Produce electricidad mediante una reacción química entre un combustible (hidrógeno) y el oxígeno u otro agente oxidante. A diferencia de las baterías, permiten el reabastecimiento continuo y los electrodos son catalíticos. Existen diversas alternativas dependiendo del electrolito: SOFC, PEMFC, AFC, DMFC, MCFC, PAFC...   |

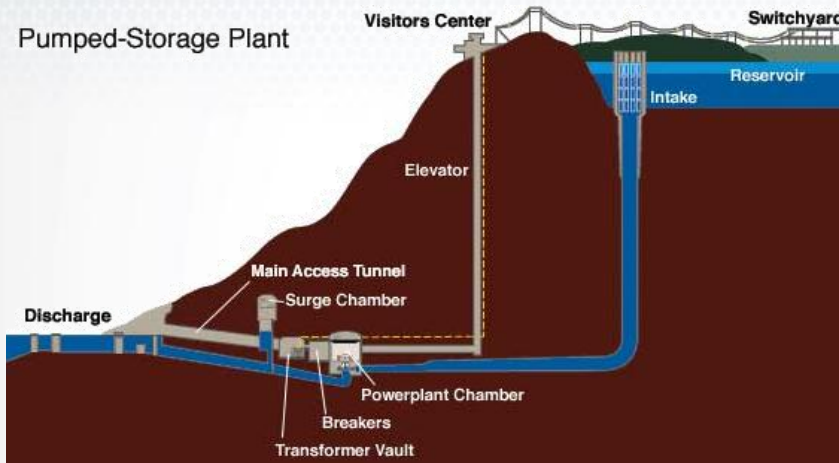
(\*) El análisis no incluye el almacenamiento de energía magnética por superconducción o SMES (sistema de almacenamiento de energía en un campo magnético creado por la circulación de una corriente continua en un anillo superconductor que está refrigerado a una temperatura por debajo de la temperatura crítica de superconductividad)

# Bombeo hidráulico: fundamentos y estado actual

Mecánico

## Bombeo hidráulico

Almacenamiento mecánico de energía en forma de agua embalsada y bombeada desde un embalse inferior a un embalse superior. Este proceso se realiza en horas valle en el que la demanda es baja. En caso de necesitar producir electricidad, el agua desciende del depósito superior al inferior accionando una turbina hidroeléctrica



### Elementos básicos

- Una central hidroeléctrica reversible (la que dispone de un sistema de bombeo) se compone de las siguientes partes:
  - Un embalse inferior situado al pie de la central. En algunos casos se trata de minas y cuevas o del propio mar.
  - Un embalse superior situado a mayor altura al que se bombea el agua.
  - Una turbina hidroeléctrica encargada de transformar la energía potencial en energía eléctrica.
  - Una bomba encargada de transportar el agua en horas valle del embalse inferior al superior. A medida que la demanda se incrementa, las bombas se van apagando.

### Estado de la tecnología

- Se trata de una tecnología competitiva en costes (eficiencia de 76%-85% y una vida útil de 50 años) aunque requiere grandes inversiones.
- Se están desarrollando nuevas alternativas de esta tecnología:
  - Almacenamiento subterráneo del agua en minas y cuevas (ej. Norton, Ohio, Estados Unidos de América)
  - Bombeo del agua del mar: Okinawa (Japón), Lanai (Hawái, Estados Unidos) o Irlanda.
  - Centrales hidroeléctricas subterráneas que combinan el concepto tradicional de bombeo hidráulico con minería de gran profundidad ya que se llega hasta los 600 metros.

### Mercado

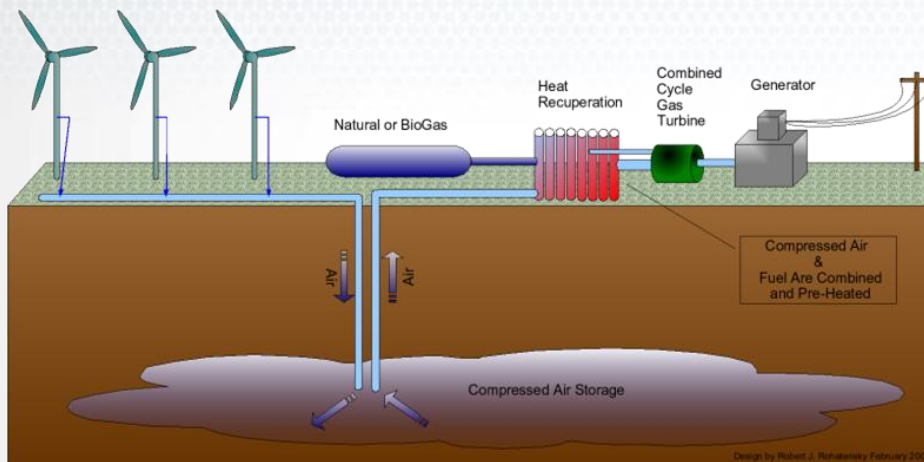
- Son grandes sistemas de almacenamiento utilizados a escala de utility.
- Es una tecnología madura en el mercado y representa el 99% de toda la capacidad de almacenamiento energético mundial (112.830 MW).
- Sus principales usos son los siguientes:
  - Regulación de frecuencia.
  - Arbitraje energético: almacenamiento de la energía cuando ésta es abundante y generación de electricidad cuando es cara.
  - Generación adicional de energía.
  - Almacenamiento para resolver picos de demanda.

## Aire comprimido (CAES): fundamentos y estado actual

Mecánico

Aire comprimido (CAES)

Almacenamiento mecánico de energía. En horas valle se emplea energía eléctrica para comprimir y almacenar el aire en depósitos naturales (cavernas, minas,...) o artificiales. Cuando las utilities necesitan producir electricidad adicional, el aire se extrae para obtener un mayor rendimiento en un sistema de generación eléctrica convencional.



### Elementos básicos

- Un sistema de almacenamiento CAES de primera generación se compone de las siguientes partes:
  - Un motor compresor eléctrico de aire accionado, por ejemplo, con energía generada en una central eólica.
  - Un depósito de aire (caverna, mina, depósito artificial...) donde se almacena el aire comprimido.
  - Un sistema de generación eléctrica de ciclo combinado que aprovecha el aire comprimido para un rendimiento mayor

### Estado de la tecnología

- Se está trabajando en desarrollos y conceptos para mejorar su eficiencia y la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>:
  - Almacenamiento del calor producido en la compresión para utilizarlo en el proceso de expansión (Adiabatic CAES). Se espera una demostración para el 2013 (GE, Zublin y DLR).
  - Retención del enfriamiento/recalentamiento del aire mediante ciclos de inyección/absorción de aire (CAES de segunda generación).
  - Compresión/descompresión isotérmica para mantener la temperatura mediante un constante intercambio de calor (Regenerative Air Energy Storage – RAES).
  - Almacenamiento del aire bajo agua a una presión constante.
- También se trabaja en sistemas de menor capacidad (3-15 MW y 2-4 horas de descarga) sin depósitos de aire subterráneos.

### Mercado

- Son grandes sistemas de almacenamiento utilizados a escala de utility.
- Sólo hay dos plantas en funcionamiento (Alemania y Alabama) a pesar de que la primera planta data de 1978.
- La capacidad de almacenamiento instalada es de 400 MW; la mayor tras el del bombeo hidráulico.
- Sus principales usos son los siguientes:
  - Arbitraje energético: almacenamiento de la energía cuando ésta es abundante y generación de electricidad cuando es cara.
  - Generación adicional de energía y almacenamiento para resolver picos de demanda.
  - Sistemas black-start.

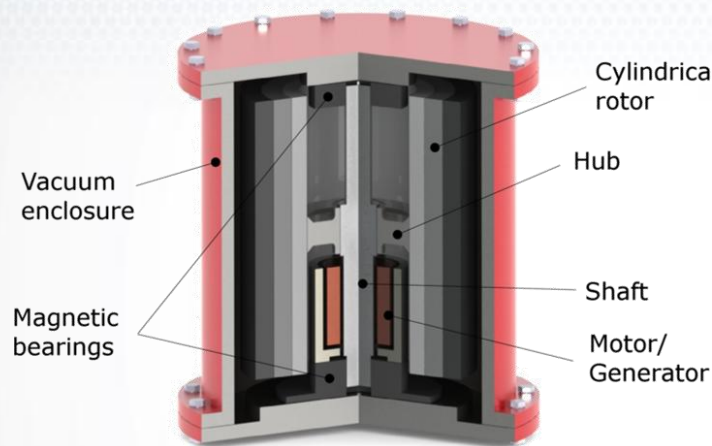


## Volantes de inercia: fundamentos y estado actual

Mecánico

### Volantes de inercia

Almacenamiento mecánico de energía en forma de energía cinética (masa girando a gran velocidad). Los volantes de inercia almacenan la energía de la red aumentando la velocidad de giro del disco que guarda en el interior de su cámara de vacío. Para poder devolver la energía a la red, se disminuye la velocidad de giro del disco.



### Elementos básicos

- Las principales partes de un volante de inercia avanzado son las siguientes:
  - Una cámara de vacío que alberga el resto de las principales partes.
  - Un disco que almacena la energía gracias a su movimiento cinético. El disco puede ser de metal (8.000 rpm) o, en el caso de los más avanzados, de composite (60.000 rpm).
  - Unas anillas magnéticas que evitan el contacto del disco con la superficie interior de la cámara de vacío lo que permite no perder energía debido a la fuerza de rozamiento.
  - Un motor/generador encargado de cargar y descargar el volante de inercia. La función del motor es acelerar el disco gracias a la electricidad “sobrante” de la red y almacenar la energía. El generador, en cambio, se encarga de producir electricidad a partir del movimiento cinético del disco.

### Estado de la tecnología

- Actualmente, las empresas relacionadas con sistemas de alimentación ininterrumpidos y con el sector aeroespacial son las que están liderando los trabajos para desarrollar sistemas de volantes de inercia de bajo coste y eficientes que puedan almacenar energía para un periodo más prolongado:
  - Beacon Power ha construido una red que almacena 1MW durante una hora y que está compuesta de 40 volantes de inercia de 25kWh y está diseñando una planta con una capacidad de 20MW.
  - En 2011, el US Argonne National Laboratory desarrolló un volante de inercia de 2,25kWh gracias a superconductores de alta temperatura en las anillas.
- El desarrollo de sistemas de volantes de inercia con gran capacidad de almacenamiento todavía están lejos, ya que se necesitan entre 4 y 5 años para proyectos de demostración a escala de utility.

### Mercado

- Son sistemas de almacenamiento que generalmente no son atractivos para el almacenamiento masivo de energía. Además, dada su limitada capacidad de almacenamiento para poder almacenar cantidades relevantes de energía, es necesaria una red de volantes de inercia.
- La capacidad instalada de esta tecnología de almacenamiento a nivel mundial es de 20 MW.
- Debido a sus características (una eficiencia del 93%, una capacidad de almacenamiento de 100kW-1.650kW y un tiempo de descarga que va desde unos pocos segundos hasta, como mucho, una hora) son adecuados para las siguientes aplicaciones:
  - La regulación de frecuencia en general (también en las renovables).
  - La puesta en marcha de generadores auxiliares en sistemas de alimentación ininterrumpidos.

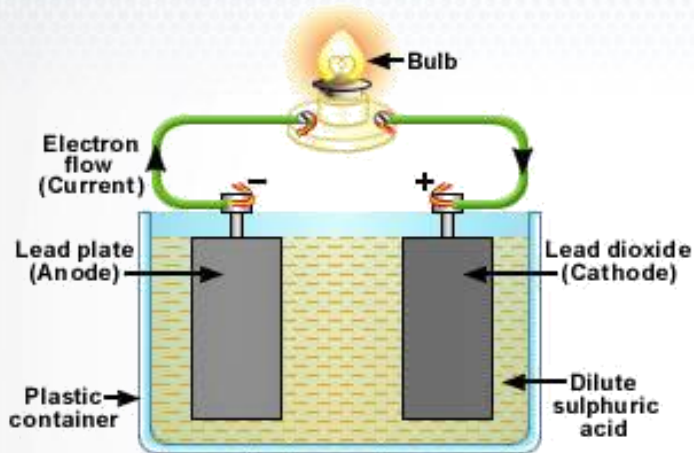
# Baterías: fundamentos y estado actual

## Plomo y ácido

Electroquímico

Baterías

Almacenamiento electroquímico de energía eléctrica. Se emplea un proceso químico reversible de reducción-oxidación para obtener la corriente eléctrica. Existen diversas alternativas: Plomo ácido, Ni-Cd, Li-ion, NaS, de Flujo, Na-ion, Metal-Aire, Li-S, Fe-Cr...



### Estado de la tecnología

- Actualmente, los esfuerzos de desarrollo se están concentrando en las baterías de plomo y ácido avanzadas o de carbono:
  - La principal diferencia estriba en la utilización de carbono en los electrodos.
  - La reacción química no varía pero incrementa el output de energía y alarga la vida de la batería.
- La búsqueda de nuevos electrolitos también es un foco de atención.

### Elementos básicos

- Las principales partes de las baterías de plomo y ácido son las siguientes:
  - Un ánodo de plomo donde se almacenan los iones cargados negativamente durante la carga. En la descarga, los iones se oxidan (pierden electrones) y el material del ánodo se convierte en  $PbSO_4$ .
  - Un cátodo de óxido de plomo donde se almacenan los iones cargados positivamente durante la carga. En la descarga, los iones se reducen (se les añaden electrones) y el material del cátodo se convierte en  $PbSO_4$ .
  - El electrolito (ácido sulfúrico) donde se encuentran sumergidos los electrodos y donde se produce la reacción electroquímica que produce la corriente eléctrica. Cuando la batería se descarga, el electrolito se convierte principalmente en agua.
  - Un separador que impide el contacto entre el ánodo y el cátodo.

### Mercado

- Es el sistema de almacenamiento comercial más maduro con una capacidad de almacenamiento instalada a nivel mundial de 80 MW.
- No son muy utilizadas a nivel de T&D debido a su peso, tamaño y un ciclo de vida limitado, pero son ampliamente utilizadas en:
  - Transporte naval y por carretera, y telecomunicaciones
  - Sistemas de alimentación ininterrumpidos.
- Las nuevas baterías de plomo y ácido de carbono están en una fase precomercial de desarrollo (se espera que las primeras demostraciones sean en 2012). Sus potenciales aplicaciones son las siguientes:
  - Integración de renovables (eólica y fotovoltaica).
  - Regulación de frecuencia.
  - Almacenamiento para picos de demanda.

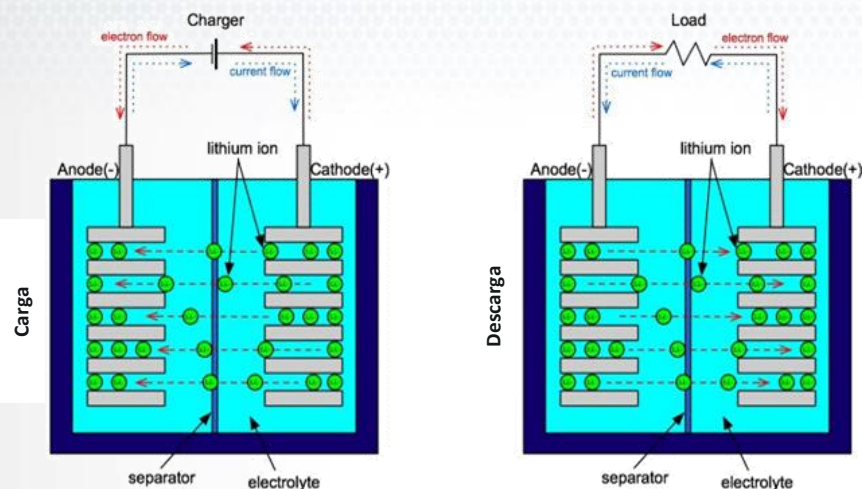
# Baterías: fundamentos y estado actual

## Li-ion

Electroquímico

Baterías

Almacenamiento electroquímico de energía eléctrica. Se emplea un proceso químico reversible de reducción-oxidación para obtener la corriente eléctrica. Existen diversas alternativas: Plomo ácido, Ni-Cd, Li-ion, NaS, de Flujo, Na-ion, Metal-Aire, Li-S, Fe-Cr...



### Estado de la tecnología

- Actualmente se está trabajando en el uso de diferentes materiales para los siguientes objetivos:
  - Mejorar la potencia: para ello se está trabajando en materiales de escala nanométrica.
  - Mejorar la energía específica: para ello se está experimentando con ánodos y cátodos de materiales con una mayor capacidad y menores costes.
  - Mejorar la seguridad y fiabilidad mediante nuevos electrolitos.
- Las baterías de Li-ion con mayor capacidad y duración están siendo objeto de una intensa actividad de I+D.

### Elementos básicos

- Las principales partes de las baterías Li-ion son las siguientes:
  - Un ánodo de carbono, principalmente de grafito, donde se almacenan los iones de litio cuando la batería está cargada. Durante la descarga se desplazan al cátodo, y viceversa.
  - Un cátodo de un óxido metálico, principalmente  $\text{LiCoO}_2$ , donde se almacenan los iones de litio durante la descarga.
  - Un electrolito basado en una sal de litio disuelta en un líquido orgánico que procura los iones necesarios para la reacción electroquímica reversible.
  - Un separador polimérico dieléctrico poroso por donde circulan los iones de litio (cuanto mayor porosidad, mayor paso de iones). Evitan el paso de electrones y proporcionan seguridad al impedir el sobrecalentamiento de la batería por un paso excesivo de iones.

### Mercado

- Es una tecnología relativamente nueva con una capacidad de almacenamiento en el mundo de 49MW y con un uso muy extendido en los dispositivos electrónicos.
- Debido a su gran densidad energética, reducido peso y una eficiencia de 85-90% se espera su comercialización a gran escala en los vehículos eléctricos a corto plazo.
- También existen desarrollos en las siguientes aplicaciones:
  - Distributed Energy Storage (DES) a nivel de comunidad.
  - Sistemas portátiles de soporte T&D.
  - Back-up a escala residencial.
  - Regulación de frecuencia.
  - Integración de renovables (eólica y fotovoltaica).

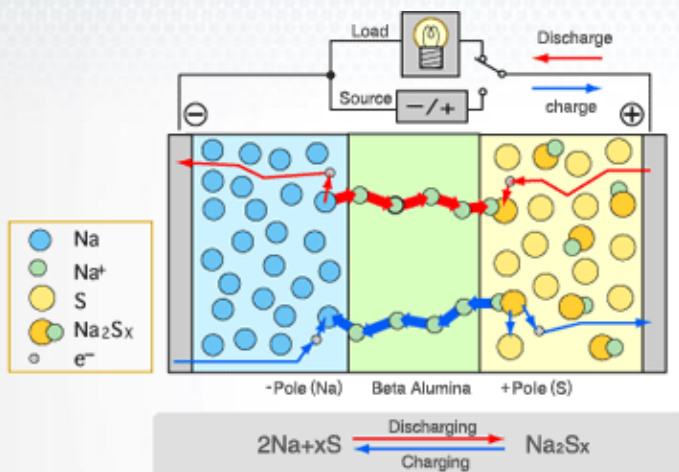
# Baterías: fundamentos y estado actual

## NaS

Electroquímico



Almacenamiento electroquímico de energía eléctrica. Se emplea un proceso químico reversible de reducción-oxidación para obtener la corriente eléctrica. Existen diversas alternativas: Plomo ácido, Ni-Cd, Li-ion, NaS, de Flujo, Na-ion, Metal-Aire, Li-S, Fe-Cr...



### Estado de la tecnología

- Esta tecnología opera a altas temperaturas (300-350°C) para mantener los electrodos en estado líquido porque si se solidifican reducen la vida de la batería. En este sentido se está trabajando en:
  - la búsqueda de electrodos con puntos de solidificación inferiores
  - o la utilización de electrodos sólidos.
- Los cátodos de polisulfuro fundido son extremadamente corrosivos y pueden degradar el electrolito.
  - Electrodos menos corrosivos permitirían electrolitos más delgados reduciendo así el coste de las baterías.
- La utilización de tubos más pequeños y monodispersados en la producción de membranas mejoraría el rendimiento y permitiría producir membranas más finas y baratas.

### Elementos básicos

- Las principales partes de las baterías NaS son las siguientes:
  - Un electrolito sólido de BASE (sodium beta-alumina) por donde circulan los iones de sodio desde el ánodo hasta el cátodo durante la descarga, y viceversa.
  - Un cátodo líquido de azufre.
  - Un ánodo líquido de sodio.
- Al contrario que en la mayoría de las baterías, los electrodos son líquidos y el electrolito sólido. Para asegurar una mayor conductividad de los iones de sodio, este tipo de baterías operan a altas temperaturas (300-350°C)

### Mercado

- Es una tecnología madura que fue desarrollada por NGK Insulators Ltd. y Tokyo Electric Power Co. (TEPCO) hace más de 25 años y que cuenta con una capacidad de almacenamiento instalada a nivel mundial de 324 MW.
- Gracias a su eficiencia (80%) y su gran capacidad de almacenamiento (la mayor instalación tiene una capacidad de 34MW y está en Japón), es adecuada para las siguientes aplicaciones:
  - Mantenimiento de la calidad de la energía.
  - Integración de renovables.
  - Sistemas estacionarios de soporte T&D.
  - Almacenamiento para líneas eléctricas no conectadas a la red (islas eléctricas).

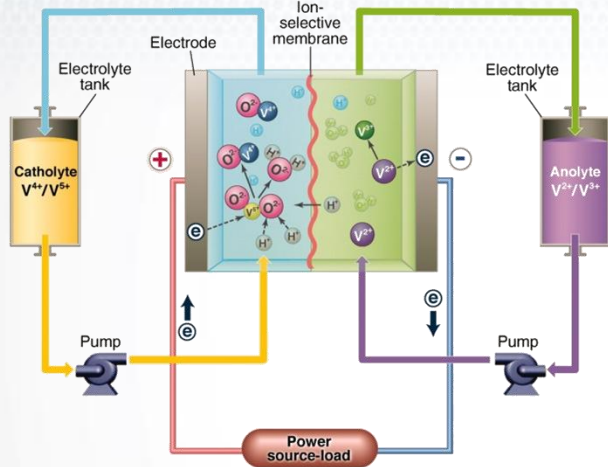
# Baterías: fundamentos y estado actual

## Baterías de flujo

Electroquímico

Baterías

Almacenamiento electroquímico de energía eléctrica. Se emplea un proceso químico reversible de reducción-oxidación para obtener la corriente eléctrica. Existen diversas alternativas: Plomo ácido, Ni-Cd, Li-ion, NaS, de Flujo, Na-ion, Metal-Aire, Li-S, Fe-Cr...



### Estado de la tecnología

- Actualmente se está trabajando, sobre todo, en la mejora de la membrana, en sistemas de monitorización, en el diseño de la celda y en nuevos materiales con la intención de reducir costes, pérdidas de eficiencia, contaminación (en el caso de baterías con distintos electrolitos) y la inestabilidad térmica y química.
- Algunos ejemplos de demostraciones:
  - Una batería de vanadio de 15kW/120kWh operando durante tres años en una smart grid en Dinamarca (RISO).
  - Una batería de vanadio de 250kW/2MWh en Utah (Estados Unidos) operando durante seis años (PacifiCorp).
  - Baterías de Zn/Br de 5kW/2kWh para un proyecto como alternativa a la instalación de nuevas líneas de potencia en la Australia rural.

### Elementos básicos

- Las principales partes de una batería de flujo son las siguientes:
  - Dos electrolitos (almacenados en diferentes tanques) que contienen los iones cargados negativamente (catolito) y positivamente (anolito).
  - Una celda electroquímica donde se produce la reacción química reversible que genera electricidad. Dentro de la celda se encuentran:
    - Dos electrodos (cátodo y ánodo).
    - Una membrana que separa los electrolitos en la celda y posibilita la circulación de los iones.
  - Dos bombas que bombean a la celda los electrolitos almacenados en los dos tanques cuando se requiere electricidad, y viceversa.
- Las baterías de flujo varían según la sustancia de los electrolitos. Las principales alternativas son las de vanadio, Zn/Br, Fe/Cr y Zn/Aire.

### Mercado

- Es una tecnología cuyas alternativas están en diferentes grados de madurez:
  - Las baterías de vanadio son la alternativa más madura. Este tipo de baterías utilizan dos electrolitos de la misma sustancia ( $H_2SO_4$ ).
  - Las baterías zinc/bromo (Zn/Br) todavía están en una fase temprana de desarrollo y demostración. Tienen una eficiencia de 65-70%, una capacidad de 5-500kW y un tiempo de descarga de 2-6 horas.
  - Las baterías hierro/cromo (Fe/Cr) y zinc/aire (Zn/Aire) todavía están en fase de laboratorio.
- Debido a su capacidad de almacenar grandes cantidades de energía, su alta eficiencia y su ciclo de vida largo, la hacen adecuada para su uso en la red eléctrica.
- La capacidad de almacenamiento instalada es de 108MW.

# Baterías: fundamentos y estado actual

## Baterías emergentes: Na-ion, Metal-Aire y Li-S

Electroquímico

Baterías

Almacenamiento electroquímico de energía eléctrica. Se emplea un proceso químico reversible de reducción-oxidación para obtener la corriente eléctrica. Existen diversas alternativas: Plomo ácido, Ni-Cd, Li-ion, NaS, de Flujo, Na-ion, Metal-Aire, Li-S, Fe-Cr...

### Na-ion

#### Elementos básicos

- Principales partes:
  - Un ánodo donde se almacenan los iones de sodio cuando la batería está cargada y se desplazan al cátodo al descargarse
  - Un cátodo donde se almacenan los iones de sodio al descargarse la batería
  - Un electrolito que procura los iones necesarios para la reacción electroquímica
- El principio de funcionamiento de la tecnología es parecida a la de baterías de Li-ion y al contrario que en las NaS, no opera a altas temperaturas (aproximadamente a 25°C)

#### Mercado y estado de la tecnología

- Es una tecnología en fase de desarrollo aunque ya existen prototipos (ej. Arquion Energy)
- Este tipo de baterías duran más y son más baratas que las de Li-ion debido a la abundancia del sodio respecto al litio; pero también son más pesadas (los iones de sodio son tres veces más pesados)
- Se baraja que en un futuro sustituirá a las baterías de Li-ion en aquellas aplicaciones donde el peso no sea un factor determinante. Por ello, se duda de su uso en el vehículo eléctrico

### Metal-Aire

#### Elementos básicos

- Principales partes:
  - Un ánodo de metal que se oxida para producir electricidad con el oxígeno del aire
  - Un cátodo que continuamente provee de oxígeno del aire (el material activo no se encuentra en la batería)
  - Un electrolito que produce la corrosión del ánodo
- Existen alternativas según el metal del ánodo: Zn-Aire, Al-Aire, Li-Aire, Fe-Aire, Ti-Aire...
- Su funcionamiento es parecido al de las pilas de combustible

#### Mercado y estado de la tecnología

- Aunque la primera comercialización data de 1932 (Zn-Aire), en general, están en fase de investigación, aunque su desarrollo es muy acelerado
  - En el caso de Li-Aire, no se esperan desarrollos comerciales a corto plazo
- Se plantea su aplicación en la automoción y en la generación distribuida de energía aunque la aplicación dependerá de la alternativa
- Actualmente se está trabajando en baterías que puedan ser recargados sin necesidad de cambiar el ánodo mecánicamente

### Li-S

#### Elementos básicos

- Principales partes:
  - Un ánodo que almacena litio cuando la batería está cargada e incorpora polisulfuros al descargarse
  - Un cátodo de azufre donde se reducen los polisulfuros cuando se produce la descarga
  - Un electrolito donde se produce la reacción química
- La principal diferencia en su funcionamiento con el de las baterías de Li-ion es que los iones de litio no se intercalan entre el ánodo y el cátodo

#### Mercado y estado de la tecnología

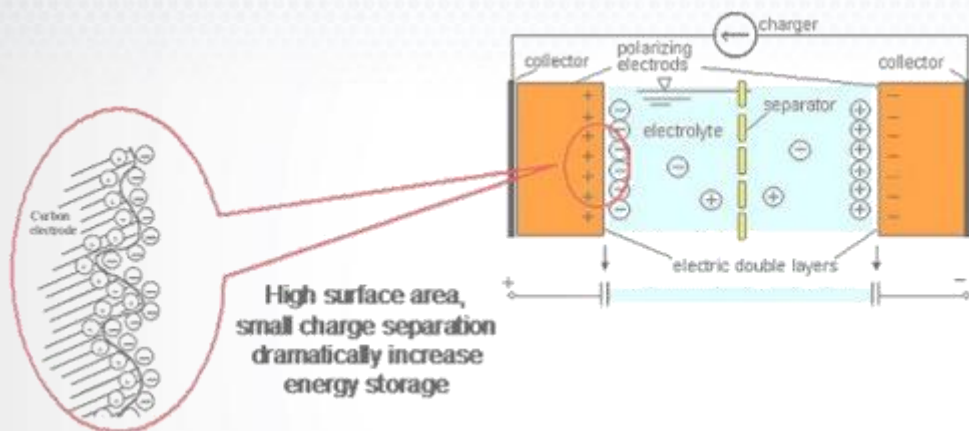
- Es una tecnología que está en fase de investigación
- Las baterías de litio-azufre tienen el potencial de sustituir a las Li-ion debido a una mayor densidad energética y una energía específica entre 2 y 4 veces mayor; al bajo precio del azufre y a su capacidad de funcionar en entornos muy fríos
- Por ello, se plantea su aplicación, por ejemplo, en automoción, electrónica de consumo y en la integración de las renovables

# Supercondensadores: fundamentos y estado actual

Electroquímico

Supercondensadores

Almacenamiento electroquímico en el campo eléctrico existente entre dos conductores separados por un dieléctrico. La carga hace que los iones del electrolito de carga opuesta se almacenen en la superficie porosa de los electrolitos. La descarga se produce cuando los electrones circulan en un circuito externo y los iones dejan de estar atraídos por los electrodos.



## Elementos básicos

- Los supercondensadores\* son condensadores electroquímicos con una densidad energética muy superior y se componen de los siguientes elementos clave:
  - Dos electrodos metálicos con un recubrimiento poroso de carbono activado donde se almacenan los iones de carga opuesta (negativas en el cátodo y positivas en el ánodo). La corriente eléctrica se produce por el movimiento de los electrones hasta equilibrar el campo eléctrico. En dicho proceso los iones dejan de estar atraídos por el electrodo opuesto y se mezclan con el electrolito.
  - Un separador dieléctrico que impide que los iones se puedan mover entre los dos electrodos (al contrario que en las baterías).
  - El electrolito, principalmente de hidróxido de potasio o de ácido sulfúrico, que contiene los iones positivos y negativos.

## Estado de la tecnología

- Se está trabajando en el control del tamaño de los poros de los electrodos y en el de la distribución de los poros a lo largo de su superficie:
  - Algunas investigaciones sugieren que el tamaño óptimo de los poros es justamente menor que el tamaño del ión movilizado. Cuanto menor sea el tamaño, la carga es más eficiente, pero también es necesario un tamaño suficiente para que los iones puedan desplazarse a lo largo de la superficie.
- La búsqueda de nuevos electrolitos con mayores voltajes de ruptura es también otra importante área de trabajo.

(\* Los supercondensadores también son conocidos como condensadores electroquímicos de doble capa (EDCL), supercapacitores, ultracondensadores o ultracapacitores.

## Mercado

- El primer supercondensador data de 1971, pero todavía es una tecnología en constante evolución.
- Sus tiempos de respuesta son muy cortos y soportan muchos ciclos, pero su capacidad de almacenamiento es baja (2 kW - 250 kW).
- Aparte de su uso en dispositivos electrónicos, actualmente se está trabajando para su uso complementario a las baterías para alargar la vida de éstas:
  - Transporte público (autobuses y ferrocarril): Existen prototipos en funcionamiento (Shanghái, Núremberg, París..), sobre todo, para almacenar la energía en sistemas de frenado regenerativo.
  - Vehículo eléctrico: Existen prototipos que combinan una batería y un supercapacitador.
  - Sistemas de alimentación ininterrumpidos: Evitan la utilización de baterías durante breves cortes de suministro.

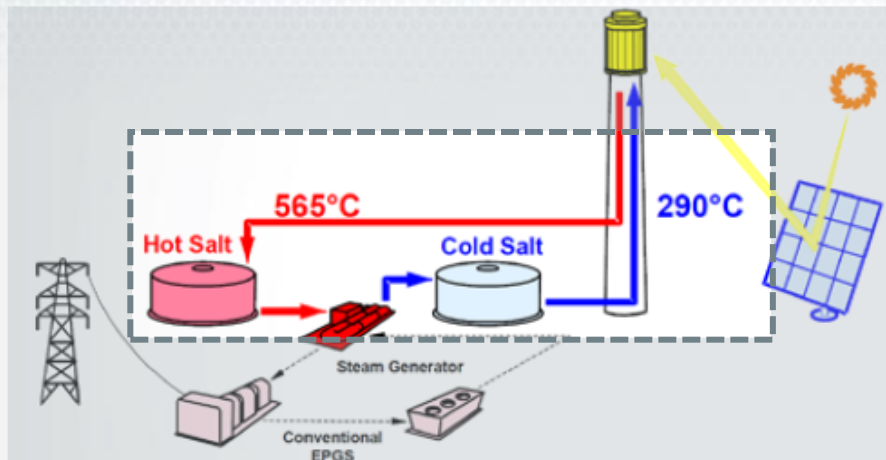
# Almacenamiento térmico: fundamentos y estado actual

## Sales fundidas (calor sensible)

Térmico

Almacenamiento térmico

Almacenamiento de energía térmica. La energía térmica se puede almacenar mediante un cambio en la energía interna de un material. Existen diferentes alternativas para ello: el calor sensible (sales fundidas...), el calor latente (materiales de cambio de fase), las reacciones termoquímicas o una combinación de varias de dichas alternativas.



### Estado de la tecnología

- La principales líneas de desarrollo tecnológico de este sistema de almacenamiento se centran en dos áreas de trabajo:
  - Desarrollar nuevas mezclas de sal más eficientes y cuyo punto de fusión sea a temperaturas más bajas y su estabilidad térmica mayor.
  - Desarrollar recubrimientos de los tanque y los tubos del sistema de cambio de fase ya que soportan condiciones extremas debido a las altas temperaturas y la corrosión que las sales fundidas producen.
- Ejemplos de nuevos desarrollos tecnológicos:
  - Búsqueda de mezclas de sales inorgánicas con nuevas aleaciones metálicas (NREL).
  - Creación de un composite para el almacenamiento térmico mediante la incorporación de nanopartículas en sales fundidas (Texas A&M).

### Elementos básicos

- Cualquier sistema (directo o indirecto) de almacenamiento de energía térmica mediante sales fundidas se compone de los siguientes elementos:
  - Las sales fundidas encargadas de almacenar la energía térmica (nitrato de sodio en un 60% y nitrato de potasio en un 40% al que se suele añadir nitrato de calcio).
    - La energía se almacena elevando o descendiendo la temperatura de las sales fundidas. La cantidad de calor almacenado depende del calor específico medio, el cambio de temperatura y de las sales fundidas
  - Un tanque de almacenamiento de sales calientes (400<sup>o</sup>-565<sup>o</sup>C).
  - Un tanque de almacenamiento de sales frías (290<sup>o</sup>C).

### Mercado

- Es un sistema de almacenamiento maduro con una capacidad instalada de 150 MW.
- Las sales fundidas son muy utilizadas en las centrales termosolares donde España y Estados Unidos gozan de una posición destacable.
- También se utilizan en centrales de cogeneración.
- Sus principales aplicaciones son las siguientes:
  - Arbitraje energético: almacenamiento de la energía cuando ésta es abundante y generación de electricidad cuando es cara.
  - Generación adicional de energía para la producción de electricidad de noche o en días nublados en centrales termosolares.
  - Almacenamiento para resolver picos de demanda.



# Almacenamiento térmico: fundamentos y estado actual

## Materiales de cambio de fase (calor latente) y reacciones termoquímicas

Térmico

Almacenamiento térmico

Almacenamiento de energía térmica. La energía térmica se puede almacenar mediante un cambio en la energía interna de un material. Existen diferentes alternativas para ello: el calor sensible (sales fundidas...), el calor latente (materiales de cambio de fase), las reacciones termoquímicas o una combinación de varias de dichas alternativas.

### Materiales de cambio de fase (calor latente)

#### Elementos básicos

- El elemento más importante es el propio material (PCM) que gracias a su calor latente almacena energía mediante su cambio de fase de sólido a líquido (calor de fusión), de líquido a gaseoso (calor de vaporización) o de sólido a gaseoso (calor de sublimación). En cambio, el material libera energía mediante su cambio de fase inverso (de líquido a sólido – solidificación, de gaseoso a líquido – condensación o de gaseoso a sólido – sublimación inversa)
- Existen diferentes tipos de materiales de cambio de fase que se pueden clasificar de la siguiente manera:
  - Orgánicos: compuestos parafínicos y compuestos no parafínicos
  - Inorgánicos: hidruros salinos y metálicos
  - Eutécticos: orgánicos-orgánicos, inorgánicos-inorgánicos e inorgánicos-orgánicos

#### Mercado y estado de la tecnología

- Es una tecnología en fase de investigación
- Esta tecnología representa varias ventajas sobre el resto de tecnologías e almacenamiento térmico por calor sensible:
  - Ofrece una mayor densidad energética (absorbe o libera entre 5 y 14 veces más energía por unidad de volumen que los materiales de calor sensible como agua o piedra)
  - Almacena energía a una temperatura constante correspondiente al del cambio de fase del material
- Tiene aplicaciones en sistemas de almacenamiento eléctrico, en ACS, en solar termoeléctrica, en la edificación y en sistemas de recuperación de calor

### Reacciones termoquímicas

#### Elementos básicos

- El elemento más importante es el propio material que mediante reacciones termoquímicas complejas y reversibles que rompen o recomponen cadenas moleculares libera o absorbe energía, respectivamente. Éste es el principio:
$$AB + \text{calor} \rightleftharpoons A+B$$
  - El calor almacenado depende de la cantidad de material, del calor endotérmico de la reacción y del alcance de la conversión
- Existen diferentes reacciones termoquímicas que dependen del material:
  - La disociación del amoníaco
  - El reformado de metano mediante el vapor y el carbono dióxido
  - Ciclos de deshidratación/hidratación
  - Reacciones de reducción-oxidación

#### Mercado y estado de la tecnología

- Es una tecnología en fase de investigación (la más lejana a la transferencia tecnológica entre las alternativas de almacenamiento térmico)
- Esta tecnología es la que mayor capacidad de almacenamiento tiene en comparación con otras de almacenamiento térmico (incluso algunos materiales alcanzan densidades de almacenamiento equiparables a la de la biomasa).
  - En el caso del gel de sílice, tiene una capacidad de almacenamiento 4 veces mayor que el agua
- Tiene aplicaciones en la integración de la energía solar, el almacenamiento para picos de demanda en centrales de cogeneración, *district heating*... aunque varía dependiendo del material

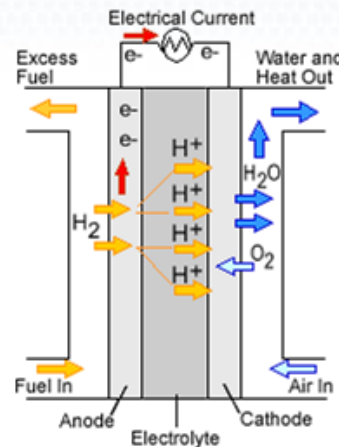
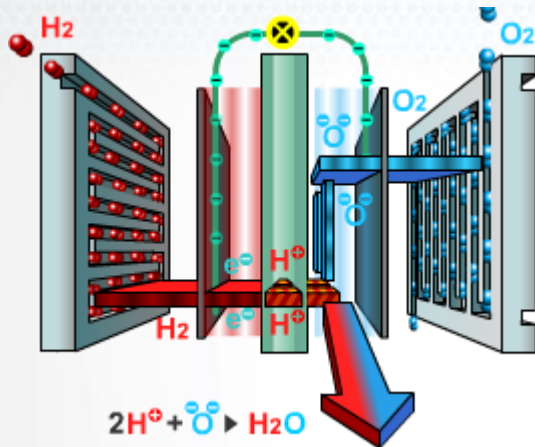
# Pilas de combustible: fundamentos y estado actual

## PEMFC (*Proton Exchange Membrane Fuel Cell*)

Electroquímico

Pilas de combustible

Almacenamiento electroquímico de energía. Produce electricidad mediante una reacción química entre un combustible (hidrógeno) y el oxígeno u otro agente oxidante. A diferencia de las baterías, permiten el reabastecimiento continuo y los electrodos son catalíticos. Existen diversas alternativas dependiendo del electrolito: SOFC, PEMFC, AFC, DMFC, MCFC, PAFC...



### Elementos básicos

- Una pila de combustible tipo PEMFC o PEM (*Polymer Electrolyte Membrane*) se compone de diferentes celdas con los siguientes elementos básicos:
  - Un ánodo donde se libera el hidrógeno y donde catalíticamente (gracias al platino) se divide en protones y electrones (oxidación del hidrógeno).
  - Un circuito externo donde circulan los electrones desde el ánodo hasta el cátodo generando una corriente eléctrica.
  - Un cátodo de platino donde entra el aire y donde el oxígeno del aire reacciona con los protones provenientes del ánodo y con los electrones provenientes del circuito externo produciendo agua (reacción de reducción-oxidación o redox).
  - Una membrana electrolítica de base polimérica que permite el paso de los iones de hidrógeno (protones) desde el ánodo al cátodo.

### Estado de la tecnología

- La tecnología todavía está en un proceso de mejora constante para impulsar su comercialización en los diferentes potenciales mercados.
- Para ello se está trabajando en las siguientes líneas de investigación:
  - Reducción del uso de platino (o sustitución) como material catalizador para el abaratamiento de la producción de las PEMFC.
  - Aumento de la temperatura de operación y/o mejora de la efectividad de los sistemas de recuperación del calor perdido para su uso en sistemas de cogeneración.
  - Aumento de la durabilidad y reducción del peso para que la tecnología sea competitiva en el transporte.

### Mercado

- Una de las principales características de esta pila de combustible es que opera a bajas temperaturas (80°C). Gracias a ello, no necesita mucho tiempo para el arranque por lo que es adecuada para su uso en el transporte.
- Sus principales aplicaciones son los sistemas que requieren bajas temperaturas en su operación y una gran velocidad de arranque:
  - Transporte: Existen prototipos de vehículos y autobuses que funcionan con este sistema, pero no se espera su comercialización hasta dentro de 5-10 años.
  - Generación distribuida.
  - Dispositivos electrónicos.

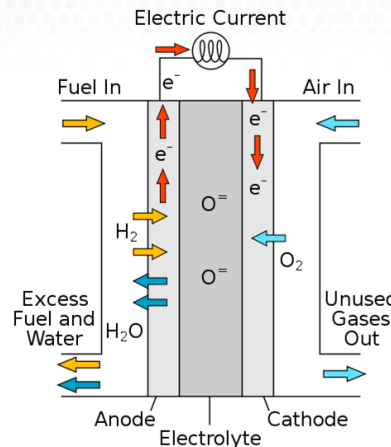
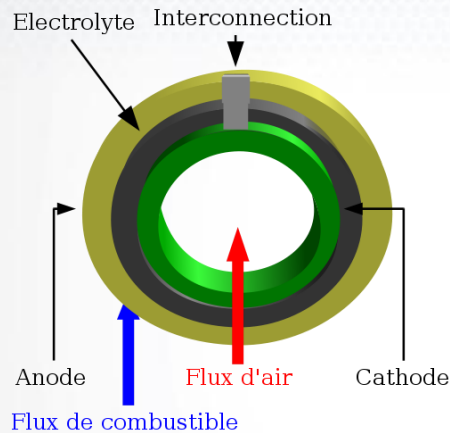
# Pilas de combustible: fundamentos y estado actual

## SOFC (*Solid Oxide Fuel Cell*)

Electroquímico

Pilas de combustible

Almacenamiento electroquímico de energía. Produce electricidad mediante una reacción química entre un combustible (hidrógeno) y el oxígeno u otro agente oxidante. A diferencia de las baterías, permiten el reabastecimiento continuo y los electrodos son catalíticos. Existen diversas alternativas dependiendo del electrolito: SOFC, PEMFC, AFC, DMFC, MCFC, PAFC...



### Elementos básicos

- Una pila de combustible SOFC se compone de celdas de cuatro capas conectadas en serie por un interconector. Los elementos básicos son éstos:
  - Un ánodo cerámico poroso donde se produce la oxidación del hidrógeno gracias a los iones de oxígeno provenientes del electrolito produciendo agua, calor y electricidad. En caso de utilizar un hidrocarburo ligero (ej. metano), funciona como catalizador liberando el hidrógeno del combustible.
  - Un circuito externo donde circulan los electrones desde el ánodo hasta el cátodo generando una corriente eléctrica.
  - Un cátodo poroso donde entra el aire y se produce la reducción-oxidación o redox.
  - Una membrana electrolítica cerámica que permite el paso de los iones de oxígeno desde el cátodo al ánodo.

### Estado de la tecnología

- La tecnología todavía está en un proceso de mejora constante para impulsar su comercialización en los diferentes mercados potenciales.
- Para ello se está trabajando en las siguientes líneas de investigación:
  - Reducción de la temperatura de operación para la disminución de los tiempos de arranque y aumento de la resistencia a más ciclos térmicos.
  - Mejora del procesamiento del combustible y su comportamiento más sostenible medioambientalmente.

### Mercado

- Una de las principales características de esta pila de combustible es que opera a altas temperaturas ( $750-1.000^{\circ}C$ ). Debido a ello, su tiempo de arranque es superior a la de otras pilas que funcionan a temperaturas más bajas (ej. PEMFC).
- Una pila SOFC produce más de 100kW y es adecuada para usos que requieren energía para un largo periodo y que no necesitan rapidez en el arranque:
  - Generación de energía a gran escala y distribuida.
  - Centrales de cogeneración medianas (100kW-3MW).
  - Microcogeneración (1-10kW).
  - Transporte ferroviario y naval: sería una unidad auxiliar de energía (APU).

#### 4. Tecnologías de almacenamiento de energía

Estas tecnologías de almacenamiento de energía tienen diferentes campos de aplicación actual y potencial...

- Aplicación actual
- ◐ Aplicación precomercial
- Aplicación potencial

#### Tecnologías de almacenamiento

#### Aplicaciones

|                           |  | Bombeo hidráulico | Aire comprimido (CAES) | Volantes de inercia | Baterías | Supercondensadores | Almacen. térmico | Pilas de combustible |
|---------------------------|--|-------------------|------------------------|---------------------|----------|--------------------|------------------|----------------------|
| Generación                | Almacenamiento masivo  | ●                 | ◐                      | ○                   | ● ◐ ○    |                    | ● ○              |                      |
|                           | Equilibrio generación-demanda                                  | ●                 | ◐                      | ◐                   | ● ◐ ○    |                    | ● ○              | ○                    |
|                           | Sistemas black- start  |                   | ◐                      |                     | ◐        |                    |                  |                      |
| Transporte y Distribución | Sistemas estacionarios de soporte T&D                          |                   | ◐                      |                     | ● ◐ ○    |                    |                  |                      |
|                           | Sistemas portátiles de soporte T&D                             |                   |                        |                     | ● ◐ ○    |                    |                  | ○                    |
|                           | Distributed energy storage (DES)                               |                   |                        |                     | ● ◐ ○    |                    |                  |                      |
| Consumo                   | Grandes clientes: industria y servicios                        |                   |                        |                     | ● ◐ ○    |                    |                  |                      |
|                           | Residencial  |                   |                        |                     | ◐ ○      | ◐                  |                  | ◐                    |
|                           | Medios de transporte   |                   |                        |                     | ● ◐      | ●                  | ○                | ◐                    |
|                           | Vehículo eléctrico (moto, coche, autobús, vehículo industrial) |                   |                        |                     | ● ◐      | ●                  | ○                | ◐                    |
|                           | Ferrovionario  |                   |                        | ◐                   | ● ○      | ●                  | ○                | ○                    |
|                           | Naval  |                   |                        |                     | ◐ ○      | ◐                  |                  | ○                    |

... siendo necesario un desglose específico de las baterías, ...

- Aplicación actual
- Aplicación precomercial
- Aplicación potencial

Tecnologías de almacenamiento

Aplicaciones

|   |  | Baterías    |        |     |       |                                       |
|---|--|-------------|--------|-----|-------|---------------------------------------|
|   |  | Plomo ácido | Li-ion | NaS | Flujo | Emergentes (Na-ion, Metal-Aire, Li-S) |
| Generación                              | Almacenamiento masivo  | ● ●         | ●      | ●   | ○     | ○                                     |
|   | Equilibrio generación-demanda                                  | ●           | ●      | ●   | ○     | ○                                     |
|   | Sistemas black- start  | ●           |        |     |       |                                       |
| Transporte y Distribución               | Sistemas estacionarios de soporte T&D                          |             | ●      | ●   | ○     | ○                                     |
|   | Sistemas portátiles de soporte T&D                             |             | ●      | ●   | ○     | ○                                     |
|   | Distributed energy storage (DES)                               | ●           | ●      | ●   | ●     | ○                                     |
| Grandes clientes: industria y servicios | Calidad de la energía  | ●           | ●      | ●   | ●     | ○                                     |
|   | Fiabilidad del suministro                                      | ●           | ●      | ●   | ●     | ○                                     |
|   | Gestión de la energía  |             | ●      | ●   | ●     | ○                                     |
| Residencial                             | Fiabilidad del suministro                                      | ●           | ●      |     |       | ○                                     |
|   | Gestión de la energía  | ●           | ●      |     |       | ○                                     |
| Medios de transporte                    | Vehículo eléctrico (moto, coche, autobús, vehículo industrial) | ●           | ● ●    |     |       | ●                                     |
|   | Ferrovionario  |             | ●      |     |       | ○                                     |
|   | Naval  |             | ●      |     |       | ○                                     |

# ... de las tecnologías de almacenamiento térmico y de las pilas de combustible por su diversidad

- Aplicación actual
- Aplicación precomercial
- Aplicación potencial

## Tecnologías de almacenamiento

### Aplicaciones

| Almacenamiento térmico          |  |                          | Pilas de combustible |      |
|---------------------------------|--|--------------------------|----------------------|------|
| Sales fundidas (calor sensible) | Materiales de cambio de fase (calor latente) | Reacciones termoquímicas | PEMFC                | SOFC |

### Generación

|                               |   |   |   |   |
|-------------------------------|---|---|---|---|
| Almacenamiento masivo         | ● | ○ | ○ |   |
| Equilibrio generación-demanda | ● | ○ | ○ | ○ |

### Transporte y Distribución

|                                       |  |  |  |   |
|---------------------------------------|--|--|--|---|
| Sistemas black- start                 |  |  |  |   |
| Sistemas estacionarios de soporte T&D |  |  |  |   |
| Sistemas portátiles de soporte T&D    |  |  |  | ○ |
| Distributed energy storage (DES)      |  |  |  |   |

### Grandes clientes: industria y servicios

|                           |   |   |   |   |
|---------------------------|---|---|---|---|
| Calidad de la energía     |   |   |   |   |
| Fiabilidad del suministro |   |   | ● | ● |
| Gestión de la energía     | ● | ○ | ○ |   |

### Residencial

|                           |   |   |   |   |
|---------------------------|---|---|---|---|
| Fiabilidad del suministro |   |   | ● | ● |
| Gestión de la energía     | ● | ● | ● |   |

### Medios de transporte

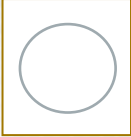
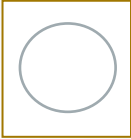

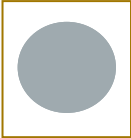
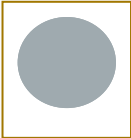


|  |   |   |   |   |
|--|---|---|---|---|
| Vehículo eléctrico (moto, coche, autobús, vehículo industrial) | ○ | ○ | ○ | ● |
| Ferrovionario  | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Naval  |   |   |   | ○ |



1. Introducción
  2. Metodología
  3. Aplicaciones del almacenamiento de energía
  4. Tecnologías de almacenamiento de energía
  - 5. Aplicaciones micro/nano en almacenamiento**
  6. Posicionamiento de agentes vascos
  7. Retos y oportunidades a impulsar
- Anexos

# La contribución de la micro y nano en cada una de las tecnologías de almacenamiento es dispar

## Nivel contribución micro/nano

|                        |  |   |
|------------------------|--|---|
| Bombeo hidráulico      | Posibilidad de pequeñas contribuciones indirectas.   |    |
| Aire comprimido (CAES) | Posibilidad de pequeñas contribuciones indirectas.   |    |
| Volantes de inercia    | Posibilidad de que su contribución pueda hacer esta tecnología de almacenamiento viable en nuevas aplicaciones: integración con renovables.  |    |
| Baterías               | Clave para el desarrollo de esta tecnología de almacenamiento y conseguir avances cualitativos como el alargamiento de su vida útil, el aumento de su capacidad, su aligeramiento de peso y una mayor duración, aunque la contribución varía según el tipo de batería. |    |
| Supercondensadores     | Clave para el desarrollo de esta tecnología de almacenamiento y conseguir avances cualitativos como el aumento de su capacidad de almacenamiento a un coste más competitivo y la mejora de su densidad energética.   |   |
| Almacenamiento térmico | Contribuciones en forma de mejora de la conductividad térmica y del calor específico que mejoran la densidad energética.   |  |
| Pilas de combustible   | Clave para el desarrollo de esta tecnología para que sea viable en automoción gracias, sobre todo, al abaratamiento de su coste y su aligeramiento de peso.  |  |



# El análisis de las aplicaciones micro/nano para cada una de las tecnologías de almacenamiento sigue una estructura común

## Tecnologías de almacenamiento

1. Una ficha para cada una de las tecnologías o alternativas de almacenamiento
2. Para las baterías, las tecnologías de almacenamiento térmico y pilas de combustible se realizan fichas específicas para cada una de las variantes principales



## Descripción realizada para cada tecnología de almacenamiento

|                                |   |  |
|--------------------------------|---|--|
| <i>Ámbito de aplicación</i>    | <b>Aplicaciones específicas / grado de madurez</b>  |  |
|                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Relación con la capa de aplicaciones/mercado:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificación de las <b>aplicaciones específicas</b> en las se ha identificado potencial contribución de la micro/nano</li> </ul> </li> <li>• Grado de madurez de cada aplicación específica basada en esta tecnología                             <div style="background-color: #FFF9C4; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="radio"/> Aplicación actual</li> <li><input type="radio"/> Aplicación precomercial</li> <li><input type="radio"/> Aplicación potencial</li> </ul> </div> </li> </ul> |  |
| <i>Contribución micro/nano</i> | <b>Necesidades / retos de la tecnología de almacenamiento</b>   |  |
|                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Descripción de las <b>necesidades/retos</b> que las aplicaciones específicas anteriores demandan a la tecnología de almacenamiento (centrándonos en las que se detecta potencial aportación de la micro/nano)</li> </ul>   |  |
|                                | <b>Líneas de desarrollo micro/nano</b>  | <b>Enfoque micro/nano</b>  |
|                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificación de las diferentes líneas de desarrollo dentro de la micro y nanotecnología que pueden contribuir al desarrollo de las tecnologías de almacenamiento (identificando su relación con las aplicaciones específicas y las necesidades/retos de las mismas)</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li style="margin-bottom: 10px;"><span style="background-color: #4F81BD; color: white; border-radius: 50%; padding: 10px; display: inline-block; text-align: center; width: 30px; height: 30px; line-height: 30px;">n</span> Aplicaciones nano</li> <li><span style="background-color: #4F81BD; color: white; border-radius: 50%; padding: 10px; display: inline-block; text-align: center; width: 30px; height: 30px; line-height: 30px;">μ</span> Aplicaciones micro</li> </ul> |

# Volantes de inercia

## Ámbito de aplicación

Aplicaciones específicas /  
Grado de madurez

Necesidades/retos de la tecnología

## Contribución micro/nano

Líneas de desarrollo en micro/nanotecnologías

Generación

Almacenamiento masivo

Equilibrio generación-demanda

Reducción del coste de producción

Aligeramiento de peso

Aumento de la densidad energética

Aumento de la capacidad de almacenamiento de energía

Aumento del tiempo de descarga

- Desarrollo de volantes de inercia de micro/nano composites ligeros con superior respuesta mecánica (alta relación resistencia/peso) y térmica para posibilitar grandes capacidades de almacenamiento y costes competitivos (ej. composites reforzados con nanotubos o nanofibras de carbono):
  - Reducción del peso y aumento de la resistencia a la tracción mejorando así su rendimiento y su capacidad.
  - El uso de nanotubos de carbono junto a materiales superconductores mejorados, abarata la producción de volantes de inercia con gran capacidad debido a una utilización de material proporcionalmente menor.
  - Los volantes de inercia de composites reforzados con nanotubos o nanofibras de carbono requieren una gran cantidad de estos nanomateriales. Además, la producción de partes muy complejas mediante composites todavía está por desarrollar. Todo esto supone un reto para su producción a un coste competitivo.
- Incorporación de nanotubos o nanofibras de carbono en volantes de inercia metálicos:
  - El uso de nanotubos de carbono junto a materiales superconductores mejorados aumenta el rendimiento de los volantes de inercia disminuyendo sus ineficiencias de autodescarga.
  - La autodescarga se debe, sobre todo, al calentamiento por fricción y a las pérdidas de hierro a lo largo de las anillas magnéticas y del motor de generación.

**Fuentes:**

- Nanotech Plus, Universidad de Stamford. *Critical National Need: Advanced Composites for Flywheels*
- Rufan Zhang , Qian Wen , Weizhong Qian , Dang Sheng Su , Qiang Zhang y Fei Wei. *Superstrong Ultralong Carbon Nanotubes for Mechanical Energy Storage*
- Universidad de Texas. *Low-Cost Flywheel Energy Storage for Mitigating the Variability of Renewable Power Generation*

μ n

n

El uso masivo de nanotubos de carbono es uno de los grandes retos para posibilitar la utilización de los volantes de inercia en la integración de las renovables

# Baterías de plomo y ácido

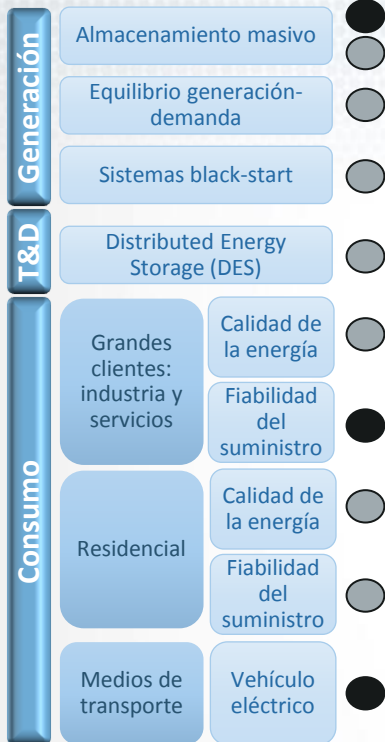
## Ámbito de aplicación

Aplicaciones específicas /  
Grado de madurez

Necesidades/retos de la tecnología

## Contribución micro/nano

Líneas de desarrollo en micro/nanotecnologías



Alargamiento de la vida útil (ej. resistencia a la corrosión...)

Aumento de la potencia eléctrica y mayor duración de la batería

Aumento de la capacidad de almacenamiento

- Recubrimiento de los electrodos para mejorar el rendimiento de las baterías (ej. nanotubos de carbono o grafeno):
  - La adición de nanotubos de carbono (CNT) sobre el cátodo permite una conductividad superior y una resistencia eléctrica inferior.
  - La incorporación de nanotubos de carbono sobre el ánodo alarga la vida útil de la batería ya que permite que resista más ciclos al reducir la desintegración mecánica que sufre.
- Desarrollo de nuevos electrodos nanoestructurados que mejoran ostensiblemente las características de la batería:
  - Ánodos nanoestructurados de PbO que mejoran el rendimiento electroquímico de estas baterías.
  - Electrodos de nanotubos de carbono para la recarga rápida y el aumento de la capacidad de almacenamiento reduciendo la resistencia interna o la impedancia.
    - Este desarrollo de Next Alternative en las baterías de coche da como resultado la creación de una nueva batería: las baterías de nanotubos de carbono.

**Fuentes:**

- Huiqi Wang. *Electrochemical Performance and Synthesis of Nanostructured Lead Oxide*
- Morinobu Endo, Takuya Hayashi y Yoong-Ahm Kim. *Large-scale production of carbon nanotubes and their applications*
- M. F. Mousavi a, Gh. Darabizad , M. S. Rahmanifar. *Preparation of different morphologies of nano structured lead dioxide and their application as cathode material in lead acid battery*
- NanoWerk

Las baterías con electrodos de CNT permiten una capacidad de almacenamiento ocho veces superior a las tradicionales, una densidad tres veces mayor que las de Li-ión y un tiempo de recarga de 5-10 min

# Baterías de Li-ion

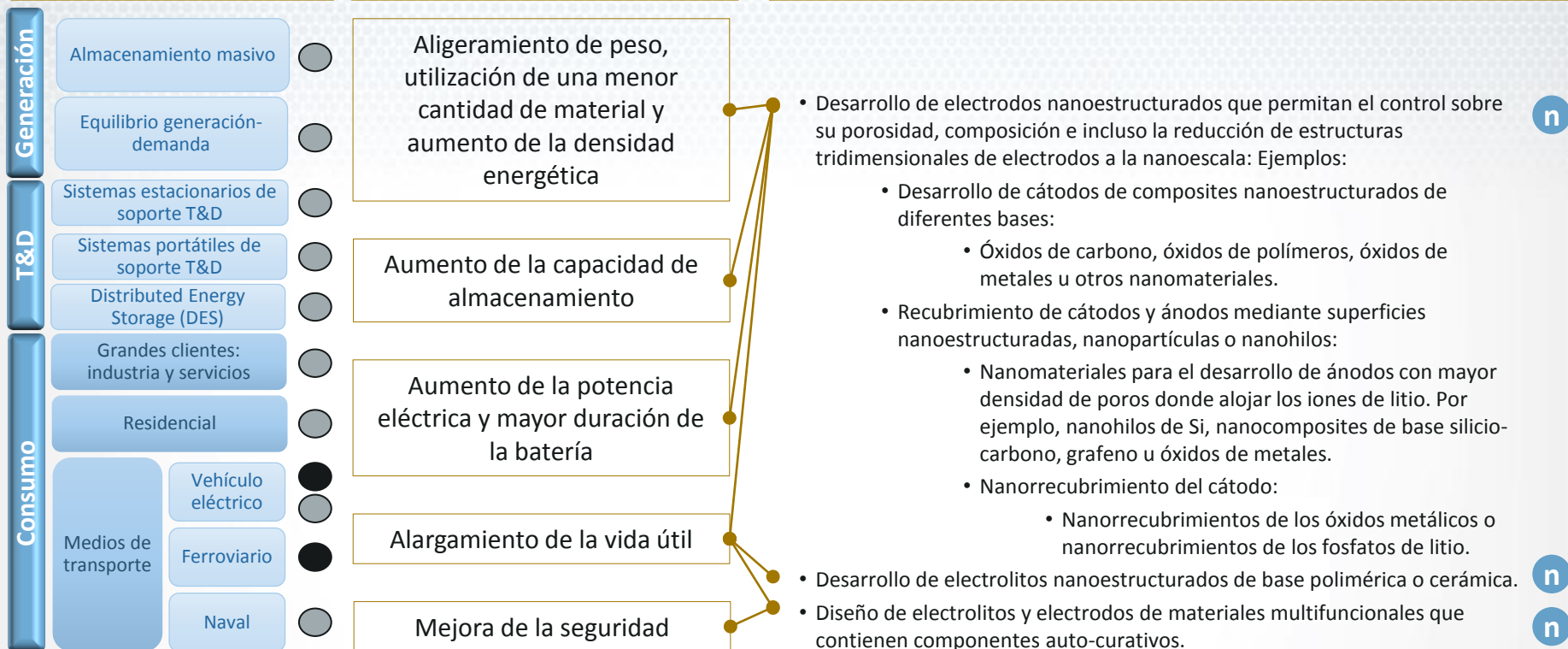
## Ámbito de aplicación

## Contribución micro/nano

### Aplicaciones específicas / Grado de madurez

### Necesidades/retos de la tecnología

### Líneas de desarrollo en micro/nanotecnologías



**Fuentes:**

- Gobierno de Hessen. *Application of nanotechnologies in the energy sector*
- Chuan Cai y Ying Wang. *Novel Nanocomposite Materials for Advanced Li-Ion Rechargeable Batteries*
- Departamento de Energía de los Estados Unidos de América (DoE). *Basic Research Needs for Electrical Energy Storage* (2007)

La nanotecnología puede contribuir a la viabilidad de los vehículos eléctricos con baterías de ión de litio gracias a una mayor duración, aumento de la potencia eléctrica y de la rapidez de carga/descarga

# Baterías de Flujo

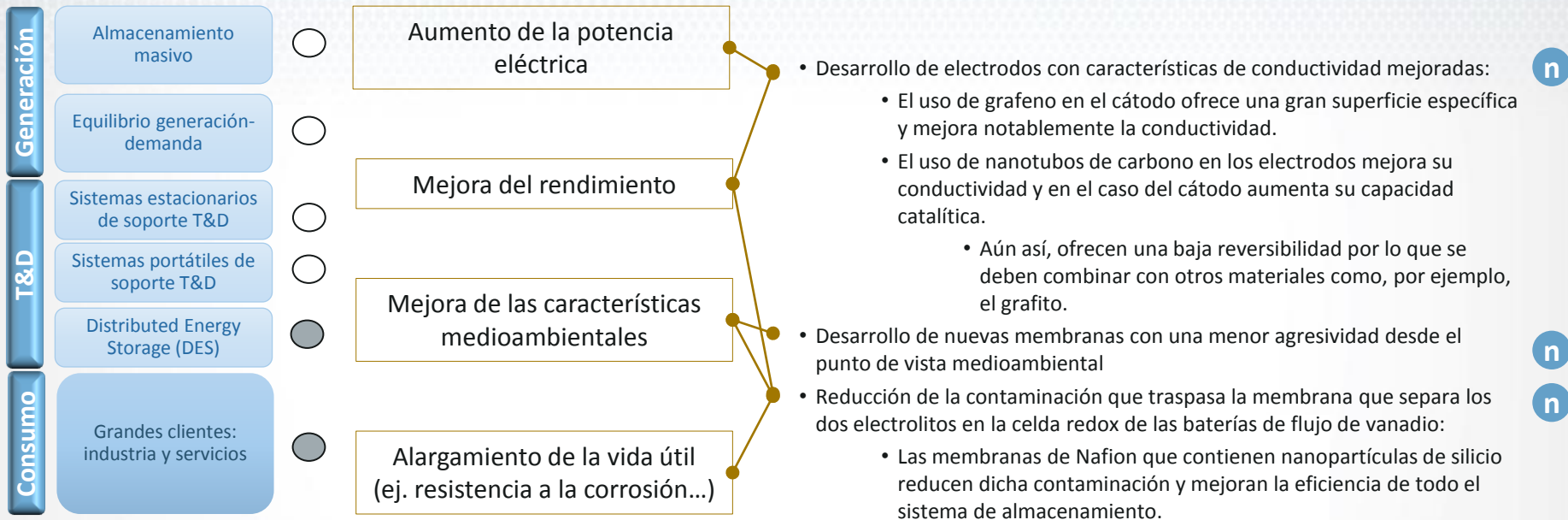
## Ámbito de aplicación

Aplicaciones específicas /  
Grado de madurez

Necesidades/retos de la tecnología

## Contribución micro/nano

Líneas de desarrollo en micro/nanotecnologías



**Fuentes:**

- *Some lessons learned from 20 years in RedOx Flow Battery R&D.* Applied Intellectual Capital
- *Trends in NanoApplications 2011: Energy*
- Bui Thi Hanga, Minato Eashirab, Izumi Watanabeb, Shigeto Okadab, Jun-Ichi Yamakib, Seong-Ho Yoonb, Isao Mochidab. *The effect of carbon species on the properties of Fe/C composite for metal-air battery anode*
- Department of Chemistry, George Washington University. *Multi-walled carbon nanotubes used as an electrode reaction catalyst for VO<sub>2</sub><sup>+</sup>/VO<sup>2+</sup> for a vanadium redox flow battery*

La mejora de los electrodos y de las membranas son dos campos con importantes contribuciones de la micro/nanotecnologías

# Baterías emergentes: Na-ion, Metal-Aire y Li-S

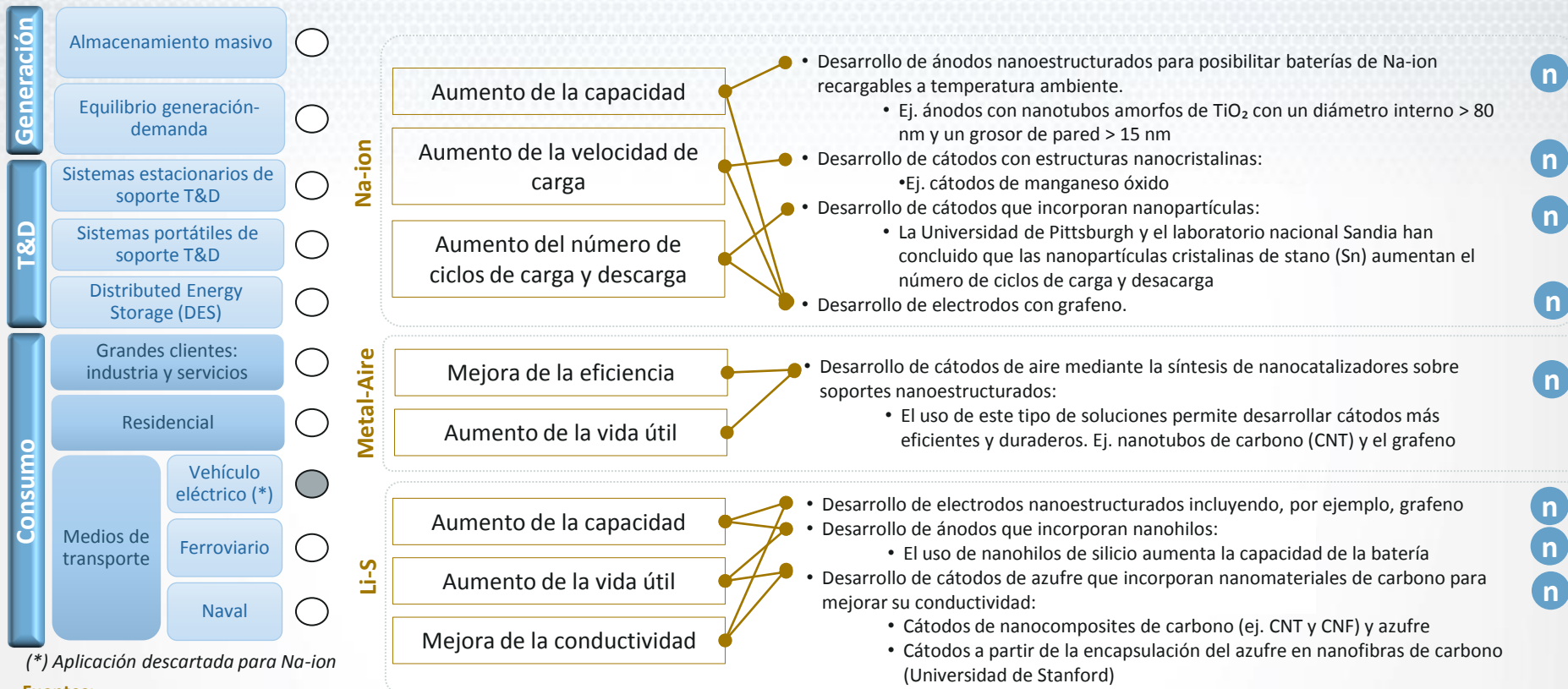
## Ámbito de aplicación

## Contribución micro/nano

### Aplicaciones específicas / Grado de madurez

### Necesidades/retos de la tecnología

### Líneas de desarrollo en micro/nanotecnologías



(\*) Aplicación descartada para Na-ion

### Fuentes:

- Brian L. Ellis, Linda F. Nazar. *Current Opinion in Solid State and Materials Science*. Elsevier (2012)
- Richland, Wash. *The heat is on for rechargeable batteries*. Pacific Northwest National Laboratory (2011)
- Alexander Kraysberg. *The impact of nano-scaled materials on advanced metal-air battery systems*. Elsevier (2012)
- Jie Xiao, Donghai Mei, Xiaolin Li, Wu Xu, Deyu Wang, Gordon L. Graff, Wendy D. Bennett, Zimin Nie, Laxmikant V. Saraf, Ilhan A. Aksay, Jun Liu, Ji-Guang Zhang. *Hierarchically Porous Graphene as a Lithium Air Battery Electrode*. NANO Letters (2011)
- Jin Woo Park, Byung Wook Kim, Ho Suk Ryu, Ki Won Kim, Jou Hyeon Ahn, Jin Soo Park, Guo Xiu Wang, Jae Pyoung Ahn, Hyo Jun Ahn. *Sulfur/carbon nano-composite cathode for lithium/sulfur battery*.
- Sarah Jane Keller. *Sulfur in hollow nanofibers overcomes challenges of lithium-ion battery design*. Stanford news (2011)

# Supercondensadores

## Ámbito de aplicación

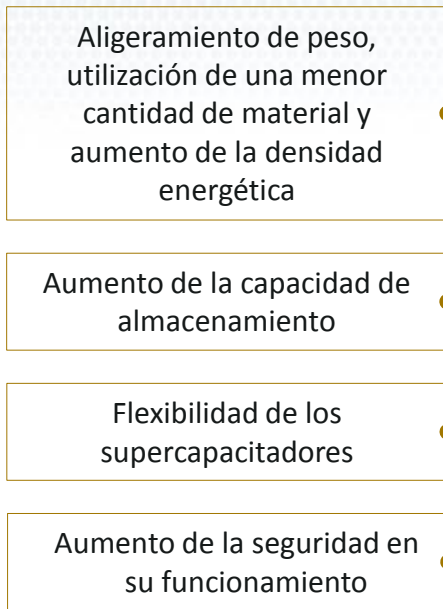
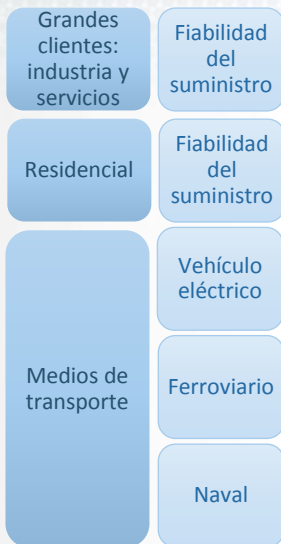
Aplicaciones específicas /  
Grado de madurez

Necesidades/retos de la tecnología

## Contribución micro/nano

Líneas de desarrollo en micro/nanotecnologías

Consumo



- Desarrollo de electrodos nanoestructurados que permitan el control sobre su porosidad, composición e incluso la reducción de estructuras tridimensionales de electrodos a la nanoescala: Ejemplos:
  - Electrodos con nanotubos de carbono o  $\text{SnO}_2$  y  $\text{Co}_3\text{O}_4$
  - Aerogeles nanoporosos producidos mediante la nanofabricación sol-gel. Gracias a su gran porosidad, su superficie activa es mayor que el de otras soluciones.
  - Nanocristales de nitruro de vanadio. La estructura nanocristalina del electrodo aumenta la susceptibilidad para la oxidación.
  - Laser Scribed Graphene (LSG). Tiene la capacidad de mantener una alta densidad y estabilidad de ciclo.
  - Desarrollo de electrodos de composites nanoestructurados para aumentar la capacidad de almacenamiento y resolver el problema de la baja conductividad de los metales oxidados (composites con nanotubos de carbono o grafeno).
- Desarrollo de electrodos flexibles y ultraligeros:
  - Electrodos basados en *bucky papers* (capas finas de nanotubos de carbono) o la combinación de nanotubos de carbono con nanohilos de  $\text{MnO}_2$  y  $\text{In}_2\text{O}_3$  en combinación con electrolitos líquidos.
  - Electrodos de composites de polianilina (PANI) y CNT con electrolitos de geles poliméricos.
- Desarrollo de electrolitos sólidos para condiciones de seguridad en temperaturas extremas (mejores que los líquidos o gelatinosos):
  - Nanorreclucimientos sobre materiales oxidados dieléctricos sólidos.

### Fuentes:

- Pai Lu, Dongfeng Xue, Hong Yang y Yinong Liu. *Supercapacitor and nanoscale research towards electrochemical energy storage*
- *Counterintuitive discovery boosts supercapacitor energy storage*. R&D Magazine
- *Researchers develop graphene supercapacitor holding promise for portable electronics*. Science

La micro/nanotecnología puede contribuir a superar una de las mayores desventajas de los supercapacitadores que es su baja densidad energética

# Sales fundidas (calor sensible)

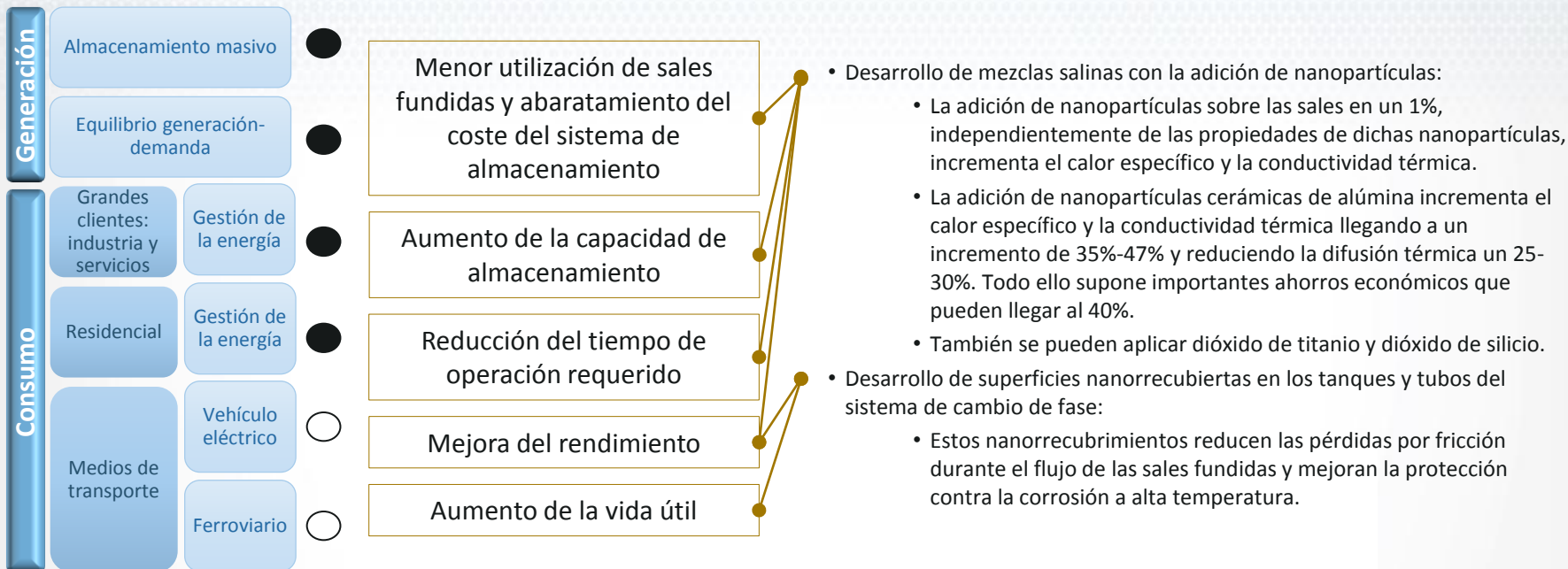
## Ámbito de aplicación

## Contribución micro/nano

Aplicaciones específicas /  
Grado de madurez

Necesidades/retos de la tecnología

Líneas de desarrollo en micro/nanotecnologías



### Fuentes:

- Michael Schuller, Frank Little, Darren Malik, Matt Betts, Qian Shao, Jun Luo, Wan Zhong, Sandhya Shankar, Ashwin Padmanaban. *Molten Salt-Carbon Nanotube Thermal Energy Storage for Concentrating Solar Power Systems*
- European Solar Thermal Technology Platform. *Solar Heating and Cooling for a Sustainable Energy Future in Europe*

La adición de nanopartículas en las sales fundidas permite aumentar el calor específico y la conductividad térmica



# Materiales de cambio de fase (calor latente) y reacciones termoquímicas

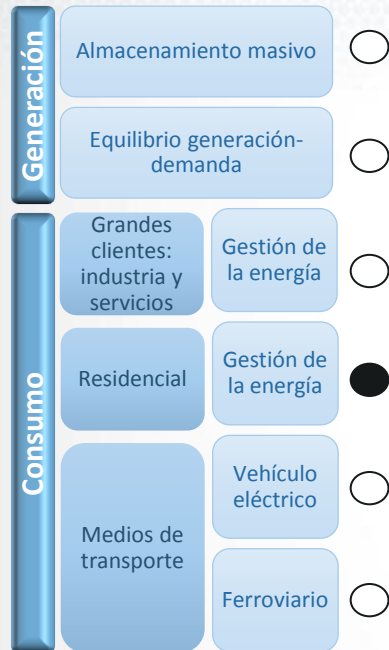
## Ámbito de aplicación

Aplicaciones específicas /  
Grado de madurez

Necesidades/retos de la tecnología

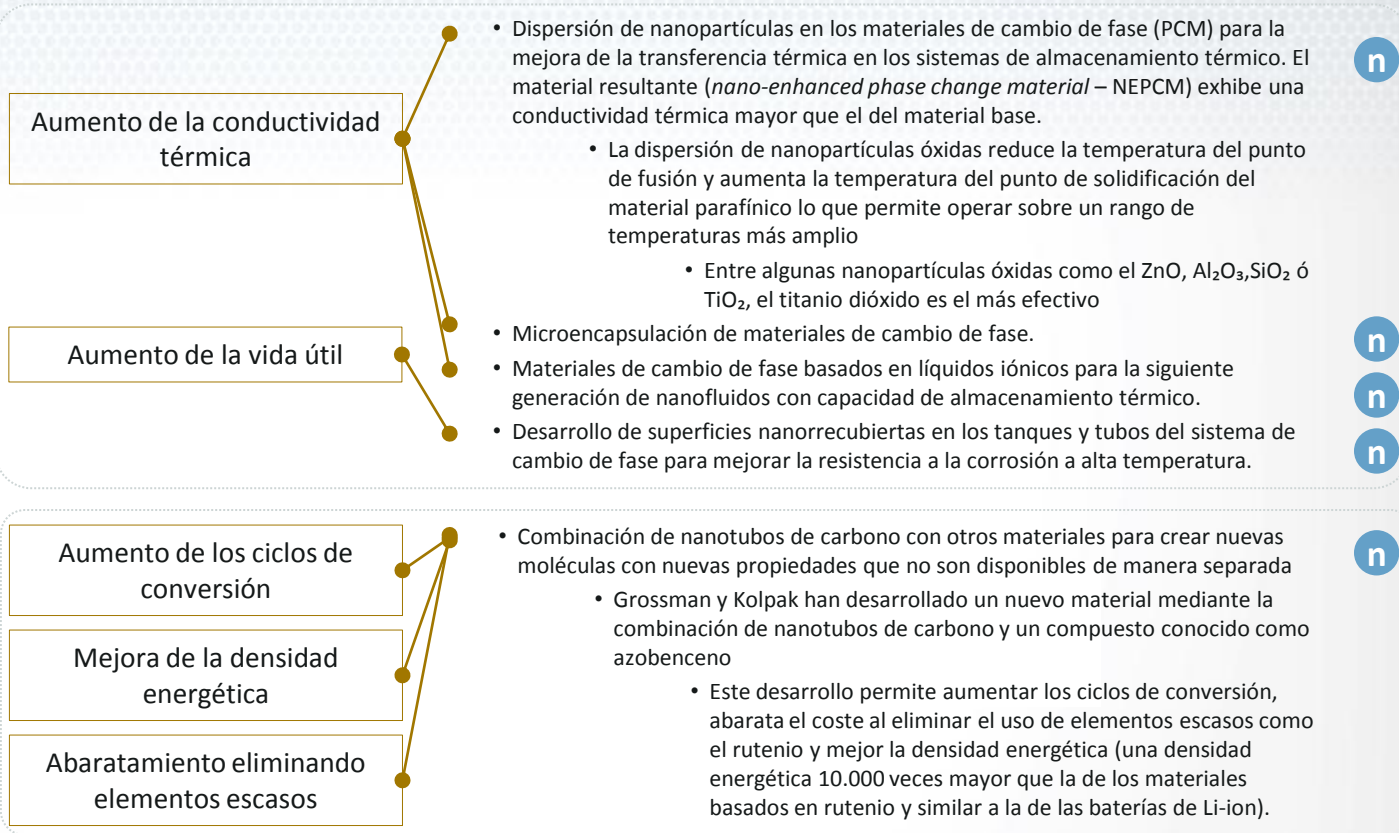
## Contribución micro/nano

Líneas de desarrollo en micro/nanotecnologías



Materiales de cambio de fase

Reacciones termoquímicas



- Dispersión de nanopartículas en los materiales de cambio de fase (PCM) para la mejora de la transferencia térmica en los sistemas de almacenamiento térmico. El material resultante (*nano-enhanced phase change material* – NEPCM) exhibe una conductividad térmica mayor que el del material base.
    - La dispersión de nanopartículas óxidas reduce la temperatura del punto de fusión y aumenta la temperatura del punto de solidificación del material parafínico lo que permite operar sobre un rango de temperaturas más amplio
      - Entre algunas nanopartículas óxidas como el ZnO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> ó TiO<sub>2</sub>, el titanio dióxido es el más efectivo
  - Microencapsulación de materiales de cambio de fase.
  - Materiales de cambio de fase basados en líquidos iónicos para la siguiente generación de nanofluidos con capacidad de almacenamiento térmico.
  - Desarrollo de superficies nanorrecubiertas en los tanques y tubos del sistema de cambio de fase para mejorar la resistencia a la corrosión a alta temperatura.
- 
- Combinación de nanotubos de carbono con otros materiales para crear nuevas moléculas con nuevas propiedades que no son disponibles de manera separada
    - Grossman y Kolpak han desarrollado un nuevo material mediante la combinación de nanotubos de carbono y un compuesto conocido como azobenceno
      - Este desarrollo permite aumentar los ciclos de conversión, abarata el coste al eliminar el uso de elementos escasos como el rutenio y mejor la densidad energética (una densidad energética 10.000 veces mayor que la de los materiales basados en rutenio y similar a la de las baterías de Li-ion).

### Fuentes:

- Tun-Ping Teng y Chao-Chieh Yu. *Characteristics of phase-change materials containing oxide nano-additives for thermal storage*. Nanoscale Research Letters (2012)
- Sina Kashani, Morteza Ghanbarpour, Mohammad Mahdi Abdollahzadeh, Mohammad Mastiani y Mohammad Bagher Nasrollahnejad. *Numerical analysis of melting of nano-enhanced phase change material in latent heat thermal energy storage system*. Thermal Science (2011)
- Khodadadi, J., Hosseinizadeh, S. F., *Nanoparticle-Enhanced Phase Change Materials (NEPCM) with Great Potential for Improved Thermal Energy Storage* (2007)
- David L. Chandler. *Modified carbon nanotubes can store solar energy indefinitely, then be recharged by exposure to the sun*. MIT news (2011)

# Pilas de combustible PEMFC (*Proton Exchange Membrane Fuel Cell*)

## Ámbito de aplicación

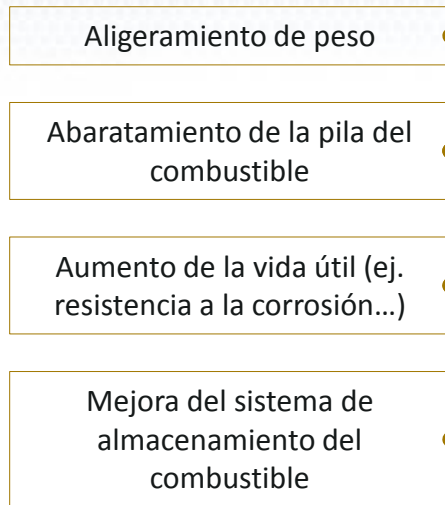
Aplicaciones específicas /  
Grado de madurez

Necesidades/retos de la tecnología

## Contribución micro/nano

Líneas de desarrollo en micro/nanotecnologías

Consumo



- Desarrollo de electrodos más ligeros:
  - El uso de SWCNT (Single Walled Carbon Nanotubes) en los electrodos puede llegar a posibilitar la reducción de su peso 10 veces
- Utilización de nanopartículas como catalizador eliminando el uso de metales nobles (ej. platino):
  - Eliminación del platino mediante una combinación de nanopartículas de plata y nanotubos de carbono.
  - Reducción en el uso de platino gracias a nanopartículas de platino junto a nanotubos de carbono.
  - Síntesis de catalizadores nanoestructurados tipo *core-shell*, donde el material activo (ej. Pt) se concentra en la superficie de la nanopartícula catalítica.
- Desarrollo de membranas de mayor duración y más baratas para pilas de combustible PEMFC:
  - Membranas nanoestructuradas que permiten reducir la cantidad de Nafion posibilitando un mayor número de ciclos.
  - Membranas de composites con nanopartículas y nanocristales de circonio para la sustitución de membranas de Nafion.
- Recubrimientos metálicos micro/nano estructurados de elevada resistencia a la corrosión para su aplicación en placas bipolares.
- Desarrollo de sistemas de almacenamiento de combustible:
  - Adición de nanopartículas catalizadoras (hierro o paladio) o el uso de aleaciones nanocristalinas para mejorar las características del magnesio como material que alberga el combustible en estado sólido

### Fuentes:

- *Nanotechnology for fuel cells*. ObservatoryNANO
- *Small things may make a big impact on energy*. Nanotechnology Public Engagement Programme – South Africa
- *Cooling Down Solid-Oxide Fuel Cells*. Technology review published by MIT
- *Report on energy*. ObservatoryNANO

El almacenamiento de hidrógeno en estado sólido (para evitar un uso intensivo de energía para mantenerlo en estado líquido) sin necesidad de tanques pesados es clave para impulsar su uso en la automoción

# Pilas de combustible SOFC (*Solid Oxide Fuel Cell*)

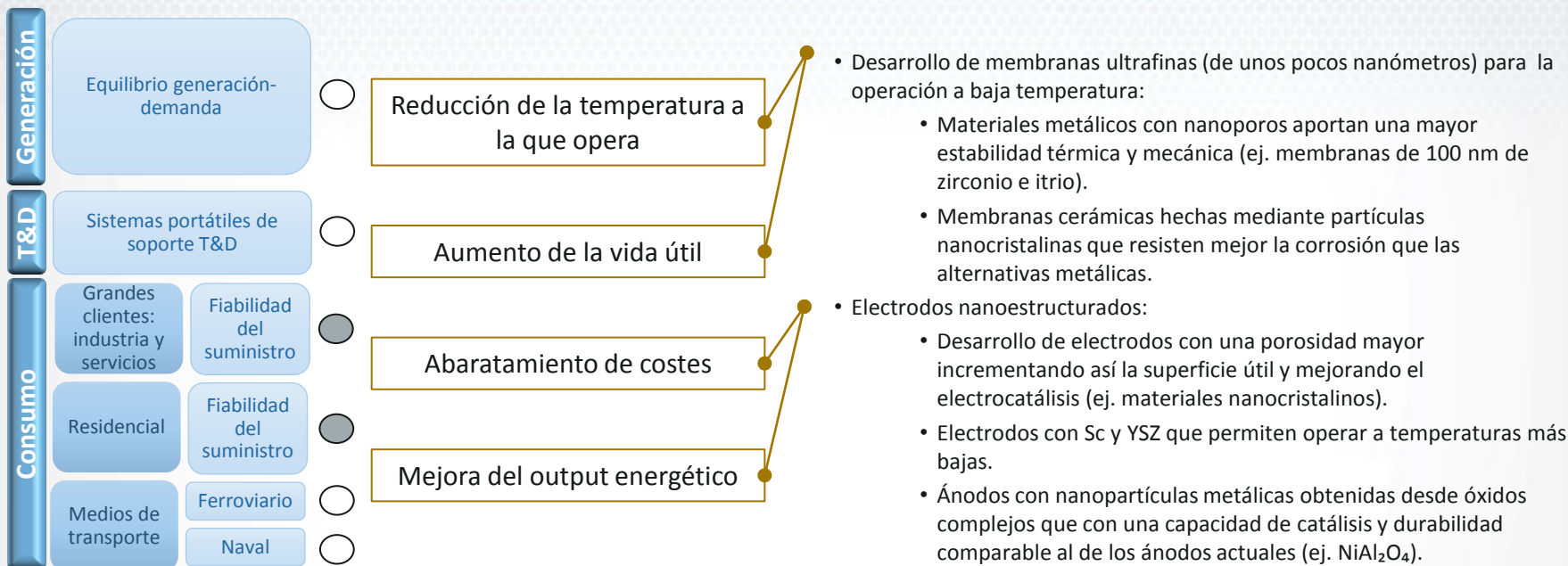
## Ámbito de aplicación

## Contribución micro/nano

Aplicaciones específicas /  
Grado de madurez

Necesidades/retos de la tecnología

Líneas de desarrollo en micro/nanotecnologías



### Fuentes:

- B. Zhua, X.T. Yangc, J. Xua, Z.G. Zhuc, S.J. Jie, M.T. Sune, J.C. Sun. *Innovative low temperature SOFCs and advanced materials*
- Rizwan Raza. *Nanostructured anode for low temperature SOFC*
- Norikazu Osada, Takayuki Fukasawa y Masahiko Yamada. *High Performance SOFC Anode with Metal Nano-Particles Produced by Partial Reduction Reaction*

La mayoría de los esfuerzos en esta área están centrados en la reducción de la temperatura de operación lo que permitiría reducir los tiempos de arranque y aumentar la resistencia a más ciclos térmicos



1. Introducción
  2. Metodología
  3. Aplicaciones del almacenamiento de energía
  4. Tecnologías de almacenamiento de energía
  5. Aplicaciones micro/nano en almacenamiento
  - 6. Posicionamiento de agentes vascos**
  7. Retos y oportunidades a impulsar
- Anexos

# El objetivo del capítulo es identificar la capacidad y experiencia disponible dentro de los diversos agentes de la oferta vasca de ciencia y tecnología

## Estructura del análisis del posicionamiento de la oferta C-T vasca en almacenamiento de energía desde el ámbito micro/nano



Identificación de los agentes de la oferta científico-tecnológica vasca con capacidades para contribuir al desarrollo de conocimiento y tecnología en el ámbito de la micro/nano con potencial aplicación en las problemáticas y retos para la industria del almacenamiento de energía



Caracterización general de los diferentes agentes, en cuanto al tipo de actividad de I+D desarrollada, áreas de especialización, etc.



**Detalle de su posicionamiento en cuanto a capacidades y experiencia en las distintas tecnologías de almacenamiento desde el ámbito micro/nano**

Esta identificación permite contribuir, desde el ámbito micro/nano, a resolver las problemáticas identificadas para el desarrollo de los sistemas de almacenamiento de energía

# Identificación de agentes con capacidades micro/nano en la CAPV (1 de 3)

## BERCs



- El Centro de Física de Materiales es un centro de investigación conjunto entre el CSIS y la UPV/EHU
- Investigación en las propiedades químico-físicas de materiales complejos, propiedades electrónicas en la nano-escala, fotónica y polímeros y materia condensada blanda

### Datos básicos 2012

Año fundación: 2000\*

Ubicación: Donostia/San Sebastián

Investigadores EJC: 83

Director: Ricardo Díez Muiño



- Centro vasco de investigación en materiales, aplicaciones y nanoestructuras
- Investigación de propiedades eléctricas, magnéticas, ópticas de materiales funcionales desde aspectos básicos hasta aplicaciones, sobre todo, en materiales de capa fina y técnicas de caracterización

### Datos básicos 2012

Año fundación: 2012

Ubicación: Derio\*\*

Investigadores EJC: 15

Director: José Manuel Barandiarán



- Agrupa a dos organizaciones complementarias: el Instituto de Materiales Poliméricos y el Centro Vasco para el Diseño y la Ingeniería Macromolecular (BERC)
- Investigación en el control de la funcionalidad y la arquitectura de los polímeros, su interacción con materiales inorgánicos y biológicos, y la comprensión de su ensamblado tridimensional (aplicación en energía, electrónica, transporte, construcción y biomedicina)

### Datos básicos 2012 (BERC + Instituto)

Año fundación BERC: 2012

Año fundación Inst.: 1999

Ubicación: Donostia/San Sebastián

Investigadores EJC: 26

Director BERC: José M<sup>a</sup> Asua  
Director Instituto: José Ramón Leizaola

Fuentes: CFM, BCMaterials y POLYMAT

(\*) Consideración de BERC en 2008

(\*\*) Ubicación provisional; ubicación final en el futuro Parque Científico de Leioa (Campus de EHU/UPV)

# Identificación de agentes con capacidades micro/nano en la CAPV (2 de 3)

## CICs



- Centro de I+D para la coordinación, desarrollo y gestión de la actividad investigadora en nanociencia y nanotecnología en Euskadi.
- Investigación en nanoestructuras, en nanomateriales y materiales nanoestructurados, en el desarrollo de nanodispositivos (electrónica, espintrónica, nanomagnetismo y nanofotónica), y en nanopartículas biofuncionales y nanobioteología

### Datos básicos 2012 (CIC físico)

Año fundación: 2006

Ubicación: Donostia/San Sebastián

Investigadores: 56

Director: José M<sup>a</sup> Pitarke



- Centro para la investigación y el desarrollo tecnológico en micro/nanotecnologías
- Investigación en torno a la detección electroquímica e inmunomagnética de especies biológicas, micro y nanoestructuración de metales y polímeros, materiales nanoestructurados para la detección de gases, microfluídica, microoptoelectrónica orgánica e integración de micro/nanosistemas

### Datos básicos 2012 (todo el CIC – físico y virtual)

Año fundación: 2004

Ubicación: Arrasate/Mondragón\*

Investigadores EJC: 76

Director: Nuria Gisbert



- Es el Centro de Investigación Cooperativa especializado en energía en Euskadi
- Investigación en almacenamiento energético en baterías y supercondensadores, y el almacenamiento térmico de energía

### Datos básicos 2012 (CIC físico)

Año fundación: 2008

Ubicación: Miñano

Investigadores EJC: 32

Director: Jesús M<sup>a</sup> Goiri

Fuentes: CIC nanoGUNE, CIC microGUNE y CIC energiGUNE

(\*) Ubicación del CIC físico

# Identificación de agentes con capacidades micro/nano en la CAPV (3 de 3)

## Corporaciones tecnológicas



• Es una alianza estratégica entre Azti, Neiker y Tecnalia Research & Innovation



Centro tecnológico experto en investigación marina y alimentaria



Instituto público de investigación y desarrollo tecnológico en el sector agroalimentario y medio ambiente



Centro privado de investigación aplicada resultado de la fusión en 2010 entre 8 centros tecnológicos

### Divisiones de Negocio



### Datos básicos 2012

Año fundación: 2001

Ubicación: Donostia/San Sebastián\*

Investigadores EJC: 1.382

Director: Joseba Jauregizar



Research Alliance

• Alianza tecnológica integrada por 9 centros tecnológicos



Materiales, mecánica aplicada, electrónica y comunicaciones



Plásticos, composites, medio ambiente, valorización, biotecnología



Energía, tratamientos superficiales, nuevos materiales



Máquina herramienta y tecnología de fabricación



Mecánica, electrónica, TIC, microsistemas y pilas de combustible



Tecnologías de unión



Mecatrónica, tecnologías de fabricación y microtecnologías

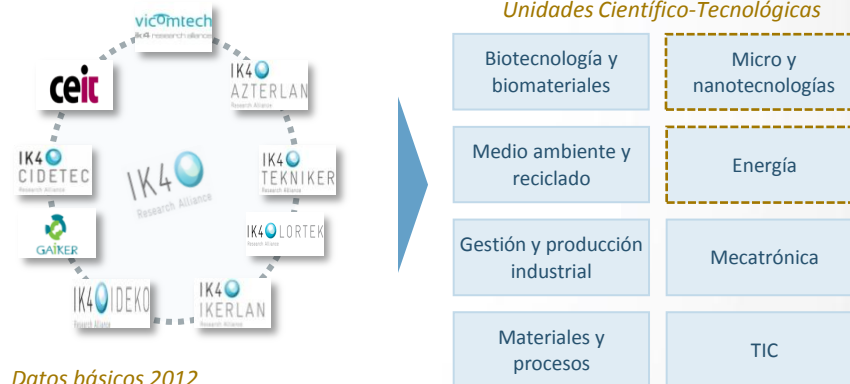


Metalurgia y materiales metálicos



Tecnología multimedia

### Unidades Científico-Tecnológicas



### Datos básicos 2012

Año fundación: 2005

Ubicación: Eibar\*\*

Investigadores EJC: 1.200

Director: José Miguel Erdozain





Estos agentes actúan por su propia naturaleza en diferentes fases del ciclo de la innovación,...

Tipo de actividad desarrollada

| Tipología de agente | Agentes oferta micro/nano | Investigación básica                | Investigación aplicada              | Desarrollo Tecnológico              |
|---------------------|---------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>BERC</b>         | CFM                       | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     |                                     |
|                     | BCMaterials               | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     |
|                     | POLYMAT                   | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     |
| <b>CIC</b>          | CIC nanoGUNE              | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     |
|                     | CIC microGUNE             | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     |
|                     | CIC energiGUNE            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     |
| <b>Corp. Tecn.</b>  | Tecnalia                  |                                     | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
|                     | IK4                       |                                     | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |



Mercados /Aplicaciones

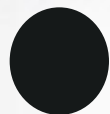


... tienen diferentes perfiles de especialización

| Agentes oferta<br>micro/nano | Especialización tecnológica |      | Especialización sectorial |
|------------------------------|-----------------------------|------|---------------------------|
|                              | Micro                       | Nano | Energía                   |
| CFM                          |                             | ●    |                           |
| BCMaterials                  | ◐                           | ●    | ◐                         |
| POLYMAT                      | ◐                           | ◐    | ◐                         |
| CIC nanoGUNE                 |                             | ●    |                           |
| CIC microGUNE                | ●                           | ◐    |                           |
| CIC energigUNE               |                             | ◐    | ●                         |
| Tecnalia                     |                             | ◐    | ◐                         |
| IK4                          | ◐                           | ◐    | ◐                         |

... y tienen una capacidad y experiencia diversa en el ámbito micro/nano para participar en el desarrollo de las tecnologías de almacenamiento que clasificamos a tres niveles

### Criterios para clasificar el nivel de capacidades y conocimientos micro/nano para tecnologías de almacenamiento de energía



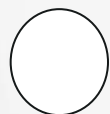
***Experiencia y capacidad como parte del núcleo de la actividad del centro***

- Dispone de capacidades y conocimientos micro/nano (infraestructura, equipos, etc.) relacionados con la tecnología de almacenamiento y tiene experiencia en proyectos o líneas de trabajo en los que se abordan directa o indirectamente las necesidades y retos de la tecnología
- Además, la tecnología de almacenamiento responde o forma parte de una línea de actividad prioritaria/de núcleo para el centro, en la que concentra recursos significativos y mantiene una actitud proactiva



***Experiencia y capacidad dentro de áreas no nucleares del centro***

- Dispone de capacidades y conocimientos micro/nano (infraestructura, equipos, etc.) relacionados con la tecnología de almacenamiento y tiene experiencia en proyectos o líneas de trabajo en los que se abordan directa o indirectamente las necesidades y retos de la tecnología
- La tecnología de almacenamiento no se encuentran entre las prioridades o actividades de núcleo del centro, manteniendo una postura más reactiva en su participación en la tecnología



***Capacidad de apoyo potencial, sin experiencia contrastada en la aplicación***

- Dispone de capacidades y conocimientos micro/nano que podrían contribuir en el desarrollo de la tecnología de almacenamiento, aunque no tiene experiencia específica en proyectos relacionados

... y tienen una capacidad y experiencia diversa en el ámbito micro/nano para participar en el desarrollo de las tecnologías de almacenamiento

### Análisis del posicionamiento de los agentes C-T vascos

| Tecnologías de almacenamiento analizadas       | CFM | BCMaterials | POLYMAT | CIC nanoGUNE | CIC microGUNE | CIC energíGUNE | Tecnalia | IK4 |
|--|-----|-------------|---------|--------------|---------------|----------------|----------|-----|
| Bombeo hidráulico                              |     |             |         |              |               |                |          | ●   |
| Aire comprimido (CAES)                         |     |             |         |              |               |                |          | ●   |
| Volantes de inercia                            |     |             |         |              |               |                | ○        | ●   |
| Baterías de plomo ácido                        |     |             |         |              |               |                | ○        | ○   |
| Baterías de Li-ion                             |     | ●           |         | ○            |               | ●              | ●        | ●   |
| Baterías de NaS                                |     |             |         |              | ●             | ○              |          | ○   |
| Baterías de Flujo                              |     |             | ●       |              |               | ○              | ●        | ●   |
| Baterías emergentes (Na-ion, Metal-Aire, Li-S) |     | ●           |         |              |               | ●              | ●        |     |
| Supercondensadores                             | ○   | ●           |         | ○            |               | ●              | ○        | ○   |
| Sales fundidas (calor sensible)                |     |             |         | ●            |               | ●              | ○        | ●   |
| Materiales de cambio de fase (calor latente)   |     |             |         |              |               | ●              | ●        | ●   |
| Reacciones termoquímicas                       |     |             |         |              |               | ●              |          |     |
| Pilas de combustible PEMFC                     |     | ○           | ●       | ○            | ●             |                | ●        | ●   |
| Pilas de combustible SOFC                      |     | ●           |         | ○            | ●             |                | ●        | ○   |

- Experiencia y capacidad como parte del núcleo de la actividad del centro
- Experiencia y capacidad dentro de áreas no nucleares del centro
- Capacidad de apoyo potencial, sin experiencia contrastada en la aplicación

Las capacidades de CFM son transversales por tratarse de un centro de investigación muy básica; estas capacidades están relacionadas con la simulación y caracterización de nanocompuestos

# Principales capacidades, desde caracterización hasta desarrollo de componentes, en baterías Li-ion y Li-S, y pilas de combustible SOFC



## Análisis del posicionamiento de BCMaterials

| Tecnologías de almacenamiento analizadas       | Nivel de capacidades | Capacidades disponibles  | Actividades y proyectos micro/nano relacionados   |
|--|----------------------|--|---|
| Bombeo hidráulico                              |                      |  |   |
| Aire comprimido (CAES)                         |                      |  |   |
| Volantes de inercia                            |                      |  |   |
| Baterías de plomo ácido                        |                      |  |   |
| Baterías de Li-ion                             | ●                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Síntesis química</li> <li>Caracterización eléctrica y electroquímica</li> <li>Película delgada</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Entendimiento de la base para el diseño y síntesis de nuevos ánodos y cátodos</li> <li>Caracterización de propiedades físicas, químicas y dinámicas-electroquímicas con control de superficies de electrodos e interfaces electrodo-electrolito</li> <li>Preparación de materiales en capas ultrafinas</li> </ul>  |
| Baterías de NaS                                |                      |  |   |
| Baterías de Flujo                              |                      |  |   |
| Baterías emergentes (Na-ion, Metal-Aire, Li-S) | Li-S<br>●            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Síntesis química</li> <li>Caracterización eléctrica y electroquímica</li> <li>Película delgada</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Entendimiento de la base para el diseño y síntesis de nuevos ánodos y cátodos</li> <li>Caracterización de propiedades físicas, químicas y dinámicas-electroquímicas con control de superficies de electrodos e interfaces electrodo-electrolito</li> <li>Preparación de materiales en capas ultrafinas</li> <li>Desarrollo de nuevos componentes materiales</li> </ul> |
| Supercondensadores                             | ○                    | Caracterización eléctrica y electroquímica   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollo de nuevos componentes materiales</li> </ul>   |
| Sales fundidas (calor sensible)                |                      |  |   |
| Materiales de cambio de fase (calor latente)   |                      |  |   |
| Reacciones termoquímicas                       |                      |  |   |
| Pilas de combustible PEMFC                     | ○                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollo de membranas poliméricas</li> </ul>  |   |
| Pilas de combustible SOFC                      | ●                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Síntesis química</li> <li>Caracterización eléctrica y electroquímica</li> </ul>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Caracterización de propiedades físicas, químicas y dinámicas-electroquímicas con control de superficies de electrodos e interfaces electrodo-electrolito</li> <li>Entendimiento de composiciones químicas para celdas de combustible</li> <li>Desarrollo de electrolitos nanoestructurados y materiales de electrodos</li> </ul>                                       |

# Tiene actividades y proyectos micro/nano relacionados con baterías, supercondensadores y pilas de combustible

## Análisis del posicionamiento de POLYMAT

| Tecnologías de almacenamiento analizadas       | Nivel de capacidades | Capacidades disponibles  | Actividades y proyectos micro/nano relacionados   |
|--|----------------------|--|---|
| Bombeo hidráulico                              |                      |  |   |
| Aire comprimido (CAES)                         |                      |  |   |
| Volantes de inercia                            |                      |  |   |
| Baterías de plomo ácido                        |                      |  |   |
| Baterías de Li-ion                             | ●                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Síntesis y caracterización de polímeros para almacenamiento electroquímico de energía</li> <li>Preparación, caracterización y optimización de las propiedades (mecánicas, eléctricas, térmicas) de nanocompuestos de polímeros termoplásticos y nanotubos de carbono</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li><i>Innovative polyelectrolytes for Energy &amp; Environment – FP7 Initial Training Network ITN (Renaissance)</i></li> <li><i>Innovative polymers for Energy Storage – FP7 IDEAS ERC (iPES)</i></li> <li><i>Nanomateriales macromoleculares híbridos de propiedades específicas orientadas a aplicaciones industriales – Proyecto Estatal de investigación científica</i></li> <li><i>Nanocompuestos poliméricos de ingeniería con propiedades optimizadas – Programa vasco de capacitación C-T (Saiotek - NANOPROP)</i></li> </ul> |
| Baterías de NaS                                |                      |  |   |
| Baterías de Flujo                              |                      |  |   |
| Baterías emergentes (Na-ion, Metal-Aire, Li-S) |                      |  |   |
| Supercondensadores                             |                      |  |   |
| Sales fundidas (calor sensible)                |                      |  |   |
| Materiales de cambio de fase (calor latente)   |                      |  |   |
| Reacciones termoquímicas                       |                      |  |   |
| Pilas de combustible PEMFC                     | ●                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Síntesis y caracterización de una serie de polinaftaliimidias sulfonadas, copolímeros de las mismas con metacrilato de metilo y copolímeros de este último monómero con sulfometacrilato de metilo para pilas de combustible.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Proyecto Estatal de investigación científica</li> </ul>  |
| Pilas de combustible SOFC                      |                      |  |   |

- Experiencia y capacidad como parte del núcleo de la actividad del centro
- Experiencia y capacidad dentro de áreas no nucleares del centro
- Capacidad de apoyo potencial, sin experiencia contrastada en la aplicación

# CIC nanoGUNE tiene conocimiento básico en algunas tecnologías de almacenamiento



## Análisis del posicionamiento de CIC nanoGUNE

| Tecnologías de almacenamiento analizadas       | Nivel de capacidades | Capacidades disponibles  | Actividades y proyectos micro/nano relacionados                      |
|--|----------------------|--|--|
| Bombeo hidráulico                              |                      |  |  |
| Aire comprimido (CAES)                         |                      |  |  |
| Volantes de inercia                            |                      |  |  |
| Baterías de plomo ácido                        |                      |  |  |
| Baterías de Li-ion                             | ○                    | • Conocimiento básico de cátodos basados en carbono  |  |
| Baterías de NaS                                |                      |  |  |
| Baterías de Flujo                              |                      |  |  |
| Baterías emergentes (Na-ion, Metal-Aire, Li-S) |                      |  |  |
| Supercondensadores                             | ○                    | • Electroodos basados en carbono: procedimientos de envejecimiento, análisis detallado multimétodo |  |
| Sales fundidas (calor sensible)                | ●                    | • Conocimiento básico: nanoanálisis  | • Programa Estatal de investigación industrial (Innpacto – ENERGRAP) |
| Materiales de cambio de fase (calor latente)   |                      |  |  |
| Reacciones termoquímicas                       |                      |  |  |
| Pilas de combustible PEMFC                     | ○                    | • Posibilidad de investigaciones básicas   |  |
| Pilas de combustible SOFC                      |                      | • Posibilidad de investigaciones básicas   |  |

- Experiencia y capacidad como parte del núcleo de la actividad del centro
- Experiencia y capacidad dentro de áreas no nucleares del centro
- Capacidad de apoyo potencial, sin experiencia contrastada en la aplicación

# CIC microGUNE dispone de capacidades para la estructuración y el recubrimientos de electrodos

## Análisis del posicionamiento de CIC microGUNE

| Tecnologías de almacenamiento analizadas       | Nivel de capacidades | Capacidades disponibles                         | Actividades y proyectos micro/nano relacionados   |
|--|----------------------|---|---|
| Bombeo hidráulico                              |                      |   |   |
| Aire comprimido (CAES)                         |                      |   |   |
| Volantes de inercia                            |                      |   |   |
| Baterías de plomo ácido                        |                      |   |   |
| Baterías de Li-ion                             |                      |   |   |
| Baterías de NaS                                | ●                    | • Estructuración y recubrimientos de electrodos | • Nueva generación de sensores electroquímicos basados en <i>electrolito sólido</i> – Programa vasco de apoyo a proyectos de lanzamiento de empresas de base C-T (Programa NETs – Ref 5191) |
| Baterías de Flujo                              |                      |   |   |
| Baterías emergentes (Na-ion, Metal-Aire, Li-S) |                      |   |   |
| Supercondensadores                             |                      |   |   |
| Sales fundidas (calor sensible)                |                      |   |   |
| Materiales de cambio de fase (calor latente)   |                      |   |   |
| Reacciones termoquímicas                       |                      |   |   |
| Pilas de combustible PEMFC                     | ●                    | • Estructuración y recubrimientos de electrodos | • Nueva generación de sensores electroquímicos basados en <i>electrolito sólido</i> – Programa vasco de apoyo a proyectos de lanzamiento de empresas de base C-T (Programa NETs – Ref 5191) |
| Pilas de combustible SOFC                      |                      |   |   |

- Experiencia y capacidad como parte del núcleo de la actividad del centro
- Experiencia y capacidad dentro de áreas no nucleares del centro
- Capacidad de apoyo potencial, sin experiencia contrastada en la aplicación



# Las principales capacidades de CIC energiGUNE se concentran en las baterías de Li-ion y las emergentes,...

## Análisis del posicionamiento de CIC energiGUNE (1 de 2)

| Tecnologías de almacenamiento analizadas         |         | Nivel de capacidades | Capacidades disponibles   | Actividades y proyectos micro/nano relacionados  |
|--|---------|----------------------|---|--|
| Bombeo hidráulico                                |         |                      |   |  |
| CAES   |         |                      |   |  |
| Volantes de inercia                              |         |                      |   |  |
| Baterías polomo ácido                            |         |                      |   |  |
| Baterías de Li-ion                               |         | ●                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prototipado de baterías de Li-ion</li> <li>• Síntesis, ensamblado y análisis post-mortem de baterías de Li-ion</li> <li>• Caracterización y síntesis de nanomateriales para electrodos y electrolitos</li> <li>• Caracterización y síntesis materiales nanoestructurados (líquidos / sólidos)</li> <li>• Caracterización y síntesis de nanomateriales activos</li> </ul> | • N/D  |
| Baterías de NaS                                  |         | ○                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Caracterización y síntesis de nanomateriales para electrodos y electrolitos</li> <li>• Caracterización y síntesis materiales nanoestructurados (líquidos / sólidos)</li> <li>• Caracterización y síntesis de nanomateriales activos</li> </ul>   |  |
| Baterías de Flujo                                |         | ○                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Caracterización y síntesis de nanomateriales para electrodos y electrolitos</li> <li>• Caracterización y síntesis materiales nanoestructurados (líquidos / sólidos)</li> <li>• Caracterización y síntesis de nanomateriales activos</li> </ul>   |  |
| Baterías emergentes<br>Na-ion, Metal-Aire, Li-S) | Na-ion  | ●                    |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Nanoestructuración de materiales activos en ánodos y cátodos para mejorar el rendimiento electroquímico – Programa vasco de investigación científica (Eortek)</i></li> </ul>   |
|  | Li-aire | ●                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Caracterización y síntesis de nanomateriales para electrodos y electrolitos</li> <li>• Caracterización y síntesis materiales nanoestructurados (líquidos / sólidos)</li> <li>• Caracterización y síntesis de nanomateriales activos</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Materiales de cátodos nanoestructurados incluyendo cátodos carbonosos (CNT) – Programa vasco de investigación científica (Eortek)</i></li> </ul>   |
|  | LiS     | ●                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Caracterización y síntesis de nanomateriales activos</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Nanoestructuras inteligentes (nanohilos de carbono, grafeno...) para cátodos</i></li> <li>• <i>Nuevos electrolitos nanohíbridos para la preparación de nuevos electrolitos poliméricos para la sustitución de electrolitos líquidos para minimizar/eliminar la disolución de polisulfuros</i></li> </ul> |

...en supercondensadores y en almacenamiento térmico, aunque en este caso sus líneas micro/nano son incipientes

### Análisis del posicionamiento de CIC energiGUNE (2 de 2)

| Tecnologías de almacenamiento analizadas     | Nivel de capacidades | Capacidades disponibles   | Actividades y proyectos micro/nano relacionados   |
|--|----------------------|---|---|
| Supercondensadores                           | ●                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Caracterización y síntesis de nanomateriales para electrodos y electrolitos</li> <li>• Caracterización y síntesis materiales nanoestructurados (líquidos / sólidos)</li> <li>• Caracterización y síntesis de nanomateriales activos</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Síntesis optimizado de carbonos nanoporosos de diferentes precursores</i></li> <li>• <i>Explotación de materiales pseudocapacitivos basados en óxidos / nitruros de metales de transición</i></li> <li>• Programa vasco de investigación científica (Eortek)</li> </ul> |
| Sales fundidas (calor sensible)              | ○                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Caracterización y síntesis de nanomateriales</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Reutilización de residuos siderúrgicos para almacenamiento térmico</i></li> </ul>   |
| Materiales de cambio de fase (calor latente) | ●                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Caracterización y síntesis de nanomateriales</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Desarrollo de matriz de carbonos meso/microestructurados para su activación con alcoholes de cambio de fase – FP7-ENERGY (SAM.SSA)</i></li> <li>• Programa vasco de investigación científica (Eortek)</li> </ul>  |
| Reacciones termoquímicas                     | ○                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Caracterización, síntesis y testeo (test-loop) de nanomateriales</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• N/D</li> </ul>   |
| Pilas de combustible PEMFC                   |                      |   |   |
| Pilas de combustible SOFC                    |                      |   |   |

- Experiencia y capacidad como parte del núcleo de la actividad del centro
- Experiencia y capacidad dentro de áreas no nucleares del centro
- Capacidad de apoyo potencial, sin experiencia contrastada en la aplicación

# Capacidades micro/nano relacionadas con materiales que incorporan compuestos carbonáceos y nanoestructurados

## Análisis del posicionamiento de Tecnalia

| Tecnologías de almacenamiento analizadas       |            | Nivel de capacidades | Capacidades disponibles  | Actividades y proyectos micro/nano relacionados   |
|--|------------|----------------------|--|---|
| Bombeo hidráulico                              |            |                      |  |   |
| Aire comprimido (CAES)                         |            |                      |  |   |
| Volantes de inercia                            |            | ○                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Composites poliméricos con cargas de compuestos carbonáceos nanoestructurados</li> </ul>  |   |
| Baterías de plomo ácido                        |            | ○                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Nanofibras, CNT y grafeno incluida su funcionalización superficial</li> </ul>   |   |
| Baterías de Li-ion                             |            | ●                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>CNT, grafeno y óxidos metálicos nanométricos para electrodos</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>N/D</li> </ul>   |
| Baterías de NaS                                |            |                      |  |   |
| Baterías de Flujo                              |            | ●                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicación de nanofibras, CNT y grafeno, incluida su funcionalización superficial</li> <li>Membranas conductoras iónicas con nanocargas de óxidos metálicos</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Programa vasco de investigación científica (Eortek-CICENERGIGUNE12)</li> <li>Programa Estatal de investigación industrial (Innpacto – REDOX2015)</li> </ul>  |
| Baterías emergentes (Na-ion, Metal-Aire, Li-S) | Metal-aire | ●                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Nanocatalizadores para electrodos de aire: uso de grafeno y CNT como soporte del catalizador</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>New Concept of Metal-Air Battery for Automotive Application based on Advanced Nanomaterials – FP7-NMP (NECOBAUT)</li> <li>Programa vasco de investigación científica (Eortek-CICENERGIGUNE12)</li> </ul> |
| Supercondensadores                             |            | ○                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Electrodos con nanofibras, CNT y grafeno, incluida su funcionalización superficial</li> </ul>   |   |
| Sales fundidas (calor sensible)                |            | ○                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Micro/nano materiales para mejora de propiedades de sales fundidas</li> </ul>   |   |
| Materiales de cambio de fase (calor latente)   |            | ●                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Nano y micro encapsulados de materiales de cambio de fase.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Thermal Energy Storage for Concentrating Solar Power Plants – EIT: KIC INNOENERGY (TESCONSOL)</li> </ul>   |
| Reacciones termoquímicas                       |            |                      |  |   |
| Pilas de combustible PEMFC                     |            | ●                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Nanocatálisis (Pt y aleaciones de Pt) y equipamiento de caracterización</li> <li>Capas nanoestructuradas para placas bipolares</li> <li>Membranas conductoras iónicas con nanocargas de óxidos metálicos</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>PEM with Innovative low cost Core for Automotive application – FP7 JTI (PEMICAN)</li> <li>Development of advanced catalysts for PEMFC automotive applications – FP7 JTI (NANO-CAT)</li> </ul>            |
| Pilas de combustible SOFC                      |            | ●                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Capas con compuestos nanoestructurados (para SOFC de media T<sup>3</sup>) aplicadas por proyección térmica</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Innovative fabrication routes and materials for METal and anode supported PROton conducting fuel CELLS – FP7 JTI (METPROCELL)</li> </ul>   |

# IK4 cuenta con capacidades y experiencia en micro/nano en casi todas las tecnologías identificadas...

## Análisis del posicionamiento de IK4 (1 de 3)

| Tecnologías de almacenamiento analizadas | Nivel de capacidades | Capacidades disponibles  | Actividades y proyectos micro/nano relacionados   |
|--|----------------------|--|---|
| Bombeo hidráulico                        | ●                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño, formulación y procesado de composites y recubrimientos orgánicos con micro/nanoaditivos para la ampliación su vida útil mediante mejoras en la respuesta mecánica y al envejecimiento</li> <li>• Control de la microestructura de los materiales y del recubrimiento, mejorando y monitorizando su resistencia frente al desgaste y la corrosión</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Línea y proyectos de investigación en la óptima dispersión de micro/nano cargas en sistemas poliméricos</i></li> <li>• <i>Proyecto en la mejora de la resistencia frente a la corrosión y tribocorrosión de las cadenas – Programa Estatal de investigación industrial (Innpacto)</i></li> </ul>  |
| Aire comprimido (CAES)                   | ●                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensayo de materiales frente a la microtribocorrosión</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Desarrollo de un ensayo de fatiga térmica – Proyectos privados</i></li> </ul>   |
| Volantes de inercia                      | ●                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño, formulación y fabricación de micro/nanocomposites ligeros con superior respuesta mecánica (alta relación resistencia/peso) y térmica</li> <li>• Desarrollo de materiales ligeros (i.e. composites con baja desorción) nanorreforzados</li> <li>• Capacidad de ensayo</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Línea y proyectos para la evaluación de diferentes tecnologías de procesado de composites poliméricos ligeros y metodologías de incorporación de micro/nanoaditivos para optimizar la respuesta mecánica</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa vasco de investigación científica (<i>Etortek-ACTIMAT</i>)</li> <li>• Programa vasco de capacitación C-T (<i>Emaitek</i>)</li> </ul> </li> <li>• <i>Proyectos de transferencia industrial para el diseño y la fabricación de volantes de inercia – Programa vasco de desarrollo de producto (Gaitek - FLYWHEEL)</i></li> </ul> |

- Experiencia y capacidad como parte del núcleo de la actividad del centro
- Experiencia y capacidad dentro de áreas no nucleares del centro
- Capacidad de apoyo potencial, sin experiencia contrastada en la aplicación

### Análisis del posicionamiento de IK4 (2 de 3)

| Tecnologías de almacenamiento analizadas       | Nivel de capacidades | Capacidades disponibles   | Actividades y proyectos micro/nano relacionados  |
|--|----------------------|---|--|
| Baterías de plomo ácido                        | ○                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Ensayo de materiales frente a la tribocorrosión</li> </ul>   |  |
| Baterías de Li-ion                             | ●                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Conocimiento y equipamiento necesario para integrar y validar cualquier micro/nanomaterial en electrodos y celdas de litio ión bajo criterios ; desde electroquímicos hasta preindustriales</li> <li>Ensayo de materiales frente a la microtribocorrosión</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>FP7-NMP (<i>GREENLION</i> y <i>ORION</i> – coordinados por IK4-CIDETEC –; <i>POLYZION</i>)</li> <li>FP6-NMP (<i>ILLIBATT</i>)</li> <li>Programa vasco de investigación científica (<i>Etortek-CICENERGIGUNE</i>)</li> <li><i>Desarrollo de tecnologías de celdas de Li-ion</i> - Proyectos de transferencia</li> </ul>  |
| Baterías de NaS                                | ○                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Ensayo de materiales frente a la microtribocorrosión</li> </ul>  |  |
| Baterías de Flujo                              | ●                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Conocimiento y equipamiento necesario para integrar y validar cualquier micro/nanomaterial en electrodos y celdas de flujo redox a nivel electroquímico de laboratorio</li> <li>Simulación y ensayo mejorando las baterías de vanadio</li> <li>Ensayo de materiales frente a la microtribocorrosión</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li><i>Diseño y fabricación de un prototipo mejorando las alternativas de vanadio, aumentando la capacidad de almacenamiento e incluyendo electrolitos acuosos</i></li> <li>Programa Estatal de investigación industrial (Innpacto)</li> <li>Programa vasco de investigación científica (<i>Etortek - CICENERGIGUNE</i>)</li> <li>Programa vasco de desarrollo de producto (<i>Gaitek</i>)</li> </ul> |
| Baterías emergentes (Na-ion, Metal-Aire, Li-S) |                      |   |  |
| Supercondensadores                             | ○                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Conocimiento y equipamiento sobre baterías Li-ion aplicables a los supercondensadores</li> <li>Ensayo de materiales frente a la tribocorrosión</li> </ul>  |  |

- Experiencia y capacidad como parte del núcleo de la actividad del centro
- Experiencia y capacidad dentro de áreas no nucleares del centro
- Capacidad de apoyo potencial, sin experiencia contrastada en la aplicación

# ... y pilas de combustible PEMFC ya que cuenta, entre otros, con desarrollos concretos y coordina Proyectos Europeos

## Análisis del posicionamiento de IK4 (3 de 3)

| Tecnologías de almacenamiento analizadas     | Nivel de capacidades | Capacidades disponibles  | Actividades y proyectos micro/nano relacionados   |
|--|----------------------|--|---|
| Salas fundidas (calor sensible)              | ●                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Caracterización, estudio de la vida útil y mejora de sus prestaciones</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Proyectos para el diseño y fabricación de materiales poliméricos conductores</li> <li>Programa vasco de investigación científica (Eortek)</li> </ul>   |
| Materiales de cambio de fase (calor latente) | ●                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Microencapsulación de materiales de cambio de fase</li> <li>Ensayos para aislamiento térmico</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li><i>Evaluación de la incorporación y efectividad de los materiales de cambio de fase como acumuladores reversibles de energía</i> – Proyectos de transferencia</li> <li><i>Microencapsulación de materiales activos</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>Programa Estatal de investigación industrial</li> <li>Programa vasco de desarrollo de producto (Gaitek)</li> <li>Programa de mejora de la innovación y competitividad de la Diputación Foral de Bizkaia (Ekinberri-ENCAPTEC)</li> </ul> </li> </ul>  |
| Reacciones termoquímicas                     |                      |  |   |
| Pilas de combustible PEMFC                   | ●                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollo de recubrimientos metálicos micro/nano estructurados de elevada resistencia a la corrosión para su aplicación en placas bipolares.</li> <li>Conocimiento y equipamiento necesario para desarrollar, integrar y validar cualquier micro/nanomaterial en electrodos bajo criterios; desde electroquímicos hasta preindustriales</li> <li>Recubrimientos PVD (con tecnología HIPIMS)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>FP7-JTI (SHEL – coordinado por IK4-CIDETEC–; EURECA; ARTEMIS, DEMSTACK)</li> <li>Programa vasco de investigación científica (Eortek-GENEDIS)</li> <li>Tecnologías para la producción de dispersiones acuosas de polímeros con morfologías complejas – <i>Programa Estatal de investigación científica (Consolider)</i></li> <li><i>Nanorrecubrimientos funcionales</i> – Programa de investigación científica (Consolider - FUNCOAT); Programa vasco para la capacitación C-T (Emaitek)</li> <li><i>Desarrollo de tecnología PEMFC</i> - Proyecto de transferencia industrial</li> </ul> |
| Pilas de combustible SOFC                    | ○                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Ensayo de materiales frente a la microtribocorrosión.</li> <li>Recubrimientos PVD (con tecnología HIPIMS)</li> <li>Equipamiento para la medida de todos los rangos de conductividad eléctrica en materiales</li> </ul>  |   |

- Experiencia y capacidad como parte del núcleo de la actividad del centro
- Experiencia y capacidad dentro de áreas no nucleares del centro
- Capacidad de apoyo potencial, sin experiencia contrastada en la aplicación

En resumen, las principales capacidades micro/nano de los agentes C-T están orientadas hacia las baterías de Li-ion, de flujo y emergentes, hacia las sales fundidas y materiales de cambio de fase, y las pilas de combustibles

**Análisis del nivel de capacidades micro/nano de la oferta C-T vasca por tecnología de almacenamiento de energía (\*)**

| Tecnologías de almacenamiento analizadas       | OM | BCMaterial | POLMAT | OC nanoGUNE | OC INNOVUNE | OC energyGUNE | Techula | IRA |
|--|----|------------|--------|-------------|-------------|---------------|---------|-----|
| Bombeo hidráulico                              |    |            |        |             |             |               |         | ○   |
| Aire comprimido (CAES)                         |    |            |        |             |             |               |         | ○   |
| Volantes de inercia                            |    |            |        |             |             |               |         | ○   |
| Baterías de plomo ácido                        |    |            |        |             |             |               |         | ○   |
| Baterías de Li-ion                             |    | ●          |        | ○           |             | ●             | ●       | ●   |
| Baterías de NaS                                |    |            |        |             | ○           |               |         | ○   |
| Baterías de flujo                              |    |            | ●      |             |             | ○             | ●       | ●   |
| Baterías emergentes (Na-ion, Metal-Aire, Li-S) |    | ●          |        |             |             | ●             | ●       | ●   |
| Supercondensadores                             |    | ○          |        | ○           |             |               | ○       | ○   |
| Sales fundidas (calor sensible)                | ○  |            |        |             |             | ●             | ●       | ●   |
| Materiales de cambio de fase (calor latente)   |    |            |        |             |             | ●             | ●       | ●   |
| Reacciones termoquímicas                       |    |            |        |             |             | ○             |         | ○   |
| Pilas de combustible PEMFC                     |    | ○          |        | ○           |             |               | ●       | ●   |
| Pilas de combustible SOFC                      |    | ●          | ●      |             | ○           |               | ●       | ●   |

Nivel de capacidades en micro/nano

- Alto
- Medio
- Bajo/nulo

| Tecnologías de almacenamiento de energía       | Nivel de capacidades micro/nano de la oferta C-T vasca |
|--|--|
| Bombeo hidráulico                              | ○  |
| CAES   | ○  |
| Volantes de inercia                            | ○  |
| Baterías de plomo ácido                        | ○  |
| Baterías de Li-ion                             | ●  |
| Baterías NaS                                   | ○  |
| Baterías de flujo                              | ●  |
| Baterías emergentes (Na-ion, metal-aire, Li-S) | ●  |
| Supercondensadores                             | ○  |
| Sales fundidas (calor sensible)                | ●  |
| Materiales de cambio de fase (calor latente)   | ●  |
| Reacciones termoquímicas                       | ○  |
| Pilas de combustible PEMFC                     | ●  |
| Pilas de combustible SOFC                      | ●  |

Capacidades micro/nano de la oferta C-T concentrada en un único agente

Capacidades micro/nano de la oferta C-T concentrada en pocos agentes

(\*) Análisis de las capacidades micro/nano; no corresponde con la totalidad de las capacidades C-T en cada una de las tecnologías de almacenamiento analizadas

La oferta C-T vasca en micro/nano cuenta con menores capacidades en las tecnologías más maduras como el de las batería de plomo-ácido y las que necesitan grandes infraestructuras como el bombeo hidráulico y CAES



1. Introducción
  2. Metodología
  3. Aplicaciones del almacenamiento de energía
  4. Tecnologías de almacenamiento de energía
  5. Aplicaciones micro/nano en almacenamiento
  6. Posicionamiento de agentes vascos
  - 7. Retos y oportunidades a impulsar**
- Anexos



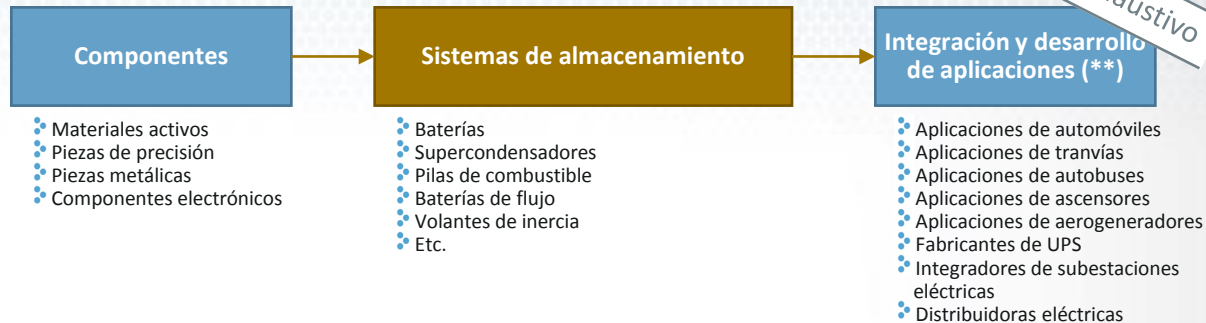
El tejido industrial vasco relacionado con el almacenamiento de energía agrupa, sobre todo, a empresas que integran estas soluciones en sus productos, existiendo un reducido número de fabricantes que las desarrollen

**El tejido empresarial vasco en la cadena de valor de las tecnologías de almacenamiento de energía**

- La **mayoría** de las empresas vascas son **usuarias** de estas tecnologías concentrándose, por tanto, en el último eslabón de la cadena de valor. Se trata de:
  - Fabricantes de **bienes de equipo eléctrico**
  - **Utilities**
  - Otras empresas industriales de los sectores de **movilidad y transporte, y renovables**

- En cuanto a los fabricantes de sistemas de almacenamiento, es decir, las empresas con **producto propio de almacenamiento**, Euskadi cuenta con un **reducido número** de ellas, siendo dos las más relevantes:
  - **Cegasa**
  - **Zigor**

*Cadena de valor de las tecnologías de almacenamiento de energía (\*)*



No exhaustivo

*Principales componentes de una batería de ión litio para un vehículo eléctrico*



Ilustrativo

(\*) A modo ilustrativo, dada la diversidad de sistemas de almacenamiento existente






(\*\*) En muchos casos, el usuario final lleva a cabo la integración de los sistemas de almacenamiento directamente

Fuente: Cegasa, análisis Europraxis

En el caso de los proveedores, no existe un tejido productivo vasco de micro/nanotecnologías, salvo casos particulares como el de Graphenea

Las soluciones de los fabricantes de sistemas de almacenamiento de energía están orientadas, principalmente, al mercado de T&D y al de consumo de grandes clientes industriales y de servicios...

**Grado de interés de los fabricantes de sistemas de almacenamiento de energía vascos sobre las diferentes aplicaciones (\*)**

| Aplicaciones de las tecnologías de almacenamiento   |   | Grado de interés de la aplicación para las empresas |   |
|---|---|---|---|
|  <b>Generación</b>  | Almacenamiento masivo                       | ○   |   |
|   | Equilibrio generación-demanda               | ●   |   |
|   | Sistemas <i>black-start</i>                 | ●   |   |
|  <b>Transporte y distribución</b>   | Sistemas estacionarios de soporte T&D       | ●   |   |
|   | Sistemas portátiles de soporte T&D          | ●   |   |
|   | Almacenamiento distribuido de energía (DES) | ●   |   |
|    <b>Consumo</b> | Grandes clientes:<br>industria y servicios  | Calidad de la energía                               | ● |
|   |   | Fiabilidad del suministro                           | ● |
|   |   | Gestión de la energía                               | ● |
|   | Residencial                                 | Fiabilidad del suministro                           | ● |
|   |   | Gestión de la energía                               | ● |
|   | Medios de transporte                        | Vehículo eléctrico                                  | ● |
|   |   | Ferroviario   | ● |
|   |   | Naval   | ○ |

*Grado de interés*

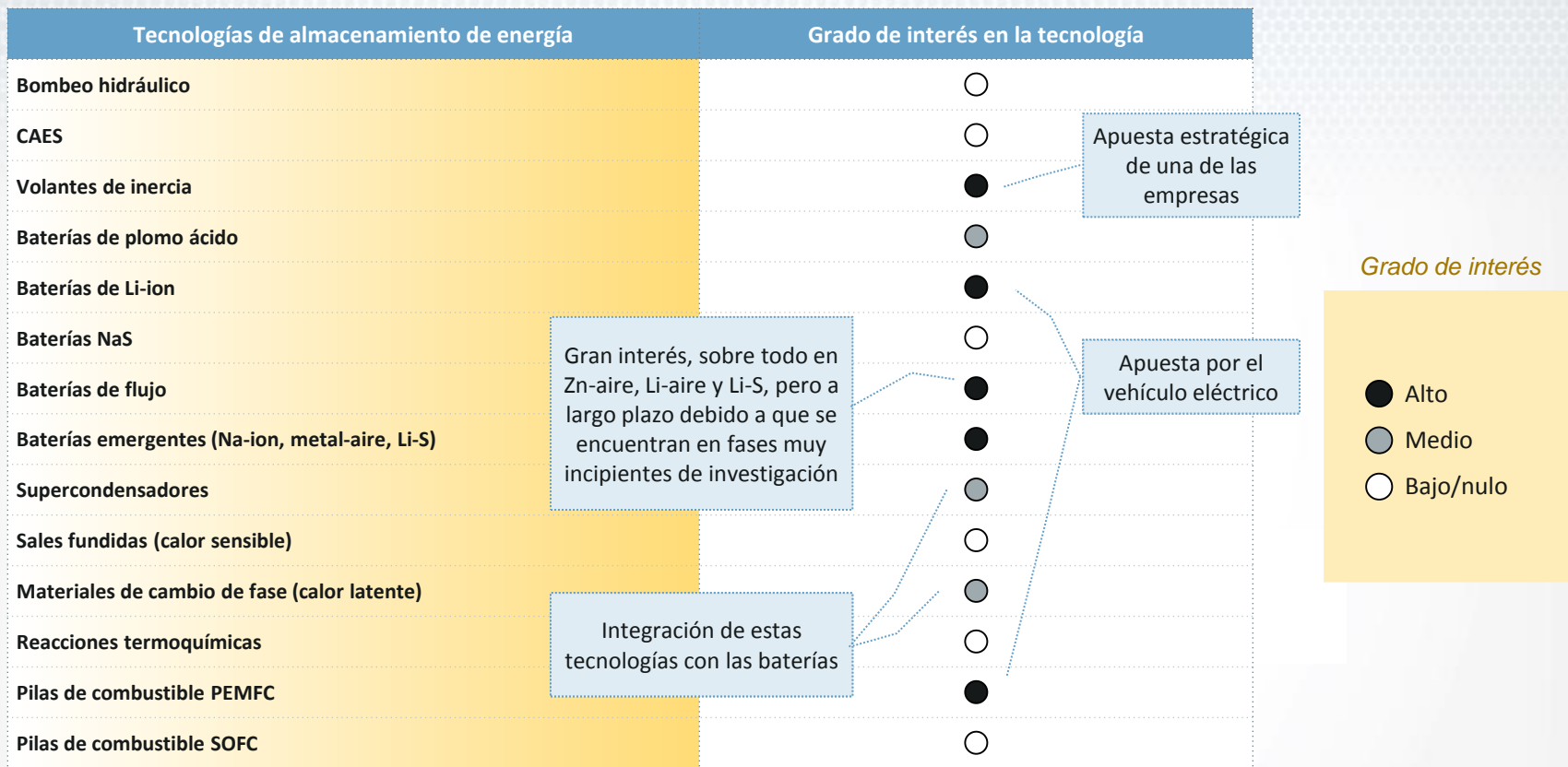
- Alto
- Medio
- Bajo/nulo

(\*) A partir del contraste con las dos principales empresas fabricantes de sistemas de almacenamiento: Cegasa y Zigor

Destaca también la apuesta de las empresas vascas en el desarrollo de soluciones encaminadas a la electrificación del vehículo y a la integración de las renovables en la red eléctrica (equilibrio generación-demanda)

... siendo las baterías de Li-ion, las de flujo y las emergentes, junto a los volantes de inercia y las pilas de combustible PEMFC las soluciones de mayor interés

**Grado de interés de los fabricantes de sistemas de almacenamiento de energía vascos sobre las diferentes tecnologías (\*)**



(\*) A partir del contraste con las dos principales empresas fabricantes de sistemas de almacenamiento: Cegasa y Zigor

La mayoría de las tecnologías en las que están interesados los fabricantes de sistemas de almacenamiento están todavía en fase de desarrollo

# La oferta C-T vasca en micro/nano cubre adecuadamente la demanda de los fabricantes de sistemas de almacenamiento

## Análisis de la cobertura de las necesidades empresariales desde las capacidades C-T en micro/nano en Euskadi (\*)

| Tecnologías de almacenamiento de energía       | Grado de interés en la tecnología | Nivel de capacidades micro/nano de la oferta C-T vasca |
|--|-----------------------------------|--|
| Bombeo hidráulico                              | ○                                 | ○  |
| CAES   | ○                                 | ○  |
| Volantes de inercia                            | ●                                 | ●  |
| Baterías de plomo ácido                        | ●                                 | ○  |
| Baterías de Li-ion                             | ●                                 | ●  |
| Baterías NaS                                   | ○                                 | ○  |
| Baterías de flujo                              | ●                                 | ●  |
| Baterías emergentes (Na-ion, metal-aire, Li-S) | ●                                 | ●  |
| Supercondensadores                             | ●                                 | ●  |
| Sales fundidas (calor sensible)                | ○                                 | ●  |
| Materiales de cambio de fase (calor latente)   | ●                                 | ●  |
| Reacciones termoquímicas                       | ○                                 | ○  |
| Pilas de combustible PEMFC                     | ●                                 | ●  |
| Pilas de combustible SOFC                      | ○                                 | ●  |

*Nivel de capacidades C-T en micro/nano menores que el grado de interés*

Se trata de una solución muy madura con escaso desarrollo y fabricada por una empresa

Capacidades de la oferta C-T concentrada en un único agente con una empresa interesada en la tecnología

*Grado de interés*  
*Nivel de capacidades micro/nano*

- Alto
- Medio
- Bajo/nulo

(\*) A partir del contraste con las dos principales empresas fabricantes de sistemas de almacenamiento: Cegasa y Zigor

Existen capacidades científico-tecnológicas en micro/nano a la vanguardia de las necesidades empresariales pudiendo ejercer un efecto tractor sobre éstas

Para avanzar en la incorporación de soluciones micro/nano entre los fabricantes de tecnologías de almacenamiento de energía hay que considerar diversos aspectos condicionantes...

### Condicionantes para la integración de micro/nanotecnologías en la industria de fabricación de tecnologías de almacenamiento

#### Cadena de valor de almacenamiento de energía

Reducido número de empresas dedicadas a la fabricación de soluciones de almacenamiento de energía en Euskadi. El tejido industrial vasco relacionado con el almacenamiento agrupa, sobre todo, a empresas que integran estas soluciones en sus productos con una involucración limitada en el desarrollo de estas tecnologías

Ausencia de proveedores de micro/nanotecnologías, salvo casos particulares como el de Graphenea

#### Aplicaciones micro/nano en almacenamiento de energía

Las micro/nanotecnologías, sobre todo, en el ámbito de los materiales y la estructuración son un aspecto clave para avances cualitativos en el almacenamiento de energía y las empresas son conscientes de ello

Las principales contribuciones de la micro/nanotecnologías están en el desarrollo de baterías y pilas de combustible

#### Capacidades micro/nano de la oferta C-T vasca

Oferta C-T con capacidades en micro/nano que cubren las necesidades de la industria fabricante de tecnologías de almacenamiento

Potencial de aprovechamiento de las capacidades horizontales y equipos avanzados micro/nano disponibles en los centros con enfoque más científico como CFM

Efecto tractor sobre tecnologías de almacenamiento en los que la oferta científico-tecnológica se encuentra a la vanguardia de las necesidades empresariales

#### Consideraciones sobre el análisis realizado

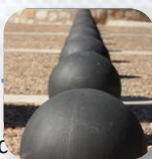
El análisis de las necesidades empresariales se ha realizado según las demandas, de un reducido nicho; el de las principales empresas desarrolladoras de tecnologías de almacenamiento energético en Euskadi (Cegasa y Zigor)

El análisis de la oferta C-T vasca se ha realizado desde las capacidades micro/nano de los agentes, es decir, no se considera la totalidad de las capacidades en cada tecnología de almacenamiento

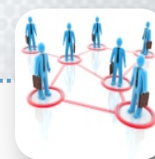
Se debe tener en cuenta que las empresas, como potenciales usuarias, no demandan a priori soluciones micro/nano sino respuestas viables a sus problemas con los medios o tecnologías que resulten más adecuados

## ... lo cual marca ciertas directrices para el papel a desarrollar por la Agencia nanoBasque

### Papel de la Agencia nanoBasque



Facilitar una **óptima alineación** de las capacidades micro/nano con la demanda de las empresas priorizando la orientación de las investigaciones hacia las soluciones de almacenamiento de energía que apuesten los fabricantes, a saber, baterías de Li-ion, las de flujo y las emergentes, junto a los volantes de inercia y las pilas de combustible PEMFC



Impulsar la creación en el País Vasco de un **tejido de empresas especializadas en micro/nano** (nuevos negocios de suministro de material), que aproveche las oportunidades de este tipo de actividades dentro del mercado de almacenamiento de energía



Fomentar la **colaboración** entre agentes de la oferta C-T vasca para optimizar su capacidad de apoyo al sector empresarial



Impulsar el lanzamiento y desarrollo de proyectos de **I+D**

El hecho de que la mayoría de las tecnologías de almacenamiento energético por las que apuestan las empresas estén en fase de desarrollo es un factor que puede facilitar la incorporación de las micro/nanotecnologías

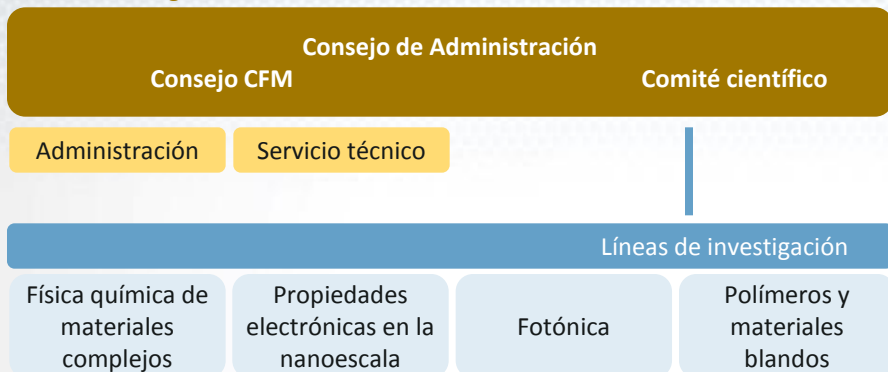
nanoBasque  |

**Anexos: Agentes vascos**

# El Centro de Física de Materiales es un Centro de investigación conjunto entre el CSIS y la UPV/EHU

## Información básica

### Estructura organizativa



- Consejo de Administración: director, director adjunto y secretario general
- Consejo CFM: Consejo de Administración, el coordinador de cada líneas de investigación y representantes de la administración y los servicios técnicos
- Comité científico: personal científico (CSIC y UPV/EHU)



### Datos básicos 2012

|                        |                                   |                           |
|------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| Año fundación: 2000*   | Ubicación: Donostia/San Sebastián | Publicaciones index.: 186 |
| Investigadores EJC: 83 | Director: Ricardo Díez Muiño      | Nº conferencias: 113      |
| Presupuesto I+D: 4M€** | Nº patentes concedidas: 1         | Nº tesis doctorales: 7    |

Fuentes: CFM

(\*) Consideración de BERC en 2008  
 (\*\*) Presupuesto ejecutado

## Actividad científico-tecnológica

### Líneas investigación

|   |   |
|---|---|
| Física química de materiales complejos    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Línea teórica y experimental de propiedades estructurales y electrónicas de materiales complejos nanoestructurados. Se pretende comprender las propiedades y la formación de superficies autoensambladas nanoestructuradas y de otros tipos de nanoestructuras.</li> <li>• Sublíneas:                     <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelización y simulación</li> <li>• Espectroscopia y microscopia en la nanoescala</li> <li>• Interfaces gas/sólido</li> </ul> </li> </ul>  |
| Propiedades electrónicas en la nanoescala | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Línea totalmente teórica centrada en las propiedades electrónicas de sólidos, superficies y de sistemas de baja dimensionalidad</li> <li>• Sublíneas:                     <ul style="list-style-type: none"> <li>• Excitación electrónica en superficies y nanoestructuras</li> <li>• Nano-bio espectroscopia y ETSF</li> <li>• Sistemas de átomos y electrones correlacionados, superconductores y superfluidica</li> </ul> </li> </ul>   |
| Fotónica                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudio de la interacción de la radiación y la materia:                     <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interacción de la luz con nanoestructuras metálicas y semiconductores para confinar campos electromagnéticos en la nanoescala</li> <li>• Propiedades ópticas de nuevos materiales y elementos y el diseño de nuevas estructuras fotónicas que proveen confinamiento láser para <i>bioimaging</i></li> </ul> </li> <li>• Sublíneas                     <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nanofotónica</li> <li>• Física láser y fotónica de materiales</li> </ul> </li> </ul> |
| Polímeros y materiales blandos            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigación que combina esfuerzos teóricos, experimentales y de simulación para conseguir un entendimiento fundamental de la interacción entre estructuras y dinámicas en diferentes escalas de dimensión y tiempo (micro, nano, meso, macro) en sistemas de creciente complejidad basados en polímeros y materiales blandos, en particular, los multicomponentes y los materiales nanoestructurados y biopoliméricos</li> </ul>   |



# Centro de materiales, aplicaciones y nanoestructuras que investiga propiedades eléctricas, magnéticas, ópticas de materiales funcionales



## Información básica

### Estructura societaria



## BC Materials espera obtener resultados en aceleradores, biomedicina o energía en 2016

El nuevo centro de investigación básica de los materiales, uno de los tres últimos BERC impulsados por Ikerbasque, contará con dos millones de euros/año y hasta 90 expertos

Fuente: Empresa XXI (17/05/2012)

### Datos básicos 2012

|                        |                                   |                         |
|------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| Año fundación: 2012    | Ubicación: Derio*                 | Publicaciones index.: 5 |
| Investigadores EJC: 15 | Director: José Manuel Barandiarán | Nº conferencias: 11     |
| Presupuesto I+D: 0,4M€ | Nº patentes concedidas: -         | Nº tesis doctorales: 4  |

Fuente: BCMaterials

(\*). Ubicación provisional; ubicación final en el futuro Parque Científico de Leioa (Campus de EHU/UPV)

## Actividad científico-tecnológica

### Líneas investigación

Materiales activos (inteligentes)

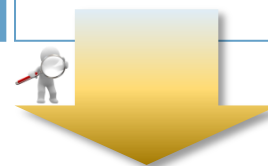
- Aleaciones con memoria ferromagnética de forma (FSMAs)
- Polímeros y composites inteligentes
- Materiales multiferroicos híbridos (magnetoeléctricos)

Nanomagnetismo

- Nanopartículas magnéticas para aplicaciones biomédicas e industriales
- Nanoestructuras magnéticas

Materiales funcionales avanzados

- Materiales para sensórica y biosensórica
- Materiales para aceleradores de partículas
- **Materiales para energía**



- Entendimiento de la base para el diseño y síntesis de nuevos ánodos y cátodos, y composiciones químicas para celdas
- Caracterización de propiedades físicas, químicas y dinámicas-electroquímicas con control de superficies de electrodos e interfaces electrodo-electrolito
- Modelización teórica de estructuras para electrodos y diseño del fenómeno electroquímico
- Desarrollo de electrolitos nanoestructurados y materiales de electrodos para pilas de combustible SOFC, y desarrollo de nuevos componentes materiales para baterías avanzadas basadas en litio y capacitadores electroquímicos
- Preparación de los materiales mencionados en capas ultrafinas

# Agrupación al Instituto de Materiales Poliméricos y al Centro Vasco para el Diseño y la Ingeniería Macromolecular (BERC)



## Información básica

### Estructura organizativa



Ambos centros se van a denominar cara al exterior POLYMAT, pero las actividades y la gestión están diferenciadas. El instituto depende exclusivamente de la UPV/EHU, mientras que el BERC es una fundación en la que UPV/EHU está también en el patronato que comparte con el Gobierno Vasco

José Ramón Leiza (director del Instituto de Materiales Poliméricos). nanoBasque (8/11/2012)

### Datos básicos 2012 (BERC + Instituto)

|                           |   |                          |
|---------------------------|---|--------------------------|
| Año fundación BERC: 2012  | Ubicación: Donostia/San Sebastián       | Publicaciones index.: 56 |
| Año fundación Inst.: 1999 | Director BERC: José M <sup>a</sup> Asua | Nº conferencias: 103     |
| Investigadores EJC: 26    | Director Instituto: José Ramón Leiza    | Nº tesis doctorales: 5   |
| Presupuesto I+D: 3M€*     | Nº patentes solicitadas: 6              |                          |

Fuente: POLYMAT

(\*) Presupuesto ejecutado

## Actividad científico-tecnológica

### Unidades de investigación del BERC

|   |   |
|---|---|
| Procesos de polimerización                | <ul style="list-style-type: none"> <li>Investigación básica para el entendimiento de los procesos de polimerización relevantes para la industria, sobre todo, la polimerización en medios dispersos</li> </ul>  |
| Nanobio-separaciones                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollo de interfaces sintonizables, versátiles y altamente selectivos</li> </ul>   |
| Materiales moleculares y supramoleculares | <ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollo de la química y del auto-ensamblado de materiales aromáticos policíclicos planos y curvos (ej. acenos, fullerenos, nanotubos de carbono y grafeno) dopado con heteroátomos</li> </ul>   |
| Polímeros para aplicaciones biomédicas    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Síntesis y caracterización de nanopartículas duras, híbridas y blandas para bioaplicaciones</li> <li>Caracterización coloidal y polimérica de bionanopartículas</li> <li>Modelizado de procesos de polimerización heterogéneos para producir nanopartículas duras, híbridas y blandas para bioaplicaciones</li> <li>Bioaplicaciones preliminares <i>in vitro</i> mediante bionanopartículas duras, híbridas y blandas</li> </ul> |

### Líneas de investigación del Instituto de Materiales Poliméricos

|                           |  |
|---------------------------|--|
| Proceso de polimerización | <ul style="list-style-type: none"> <li>Investigación básica para el entendimiento de los procesos de polimerización relevantes para la industria, sobre todo, la polimerización en medios dispersos</li> </ul>   |
| Procesado de polímeros    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Investigación en torno relación de las propiedades estructurales y de procesado en materiales poliméricos (nuevas mezclas poliméricas, mezclas <i>superthouh</i>, nuevos nanocomposites, nanocomposites basados en mezclas poliméricas y nanocomposites <i>superthouh</i>)</li> </ul> |
| Ciencia de los polímeros  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Estudio de sistemas híbridos de polímero-solvente, polímero-polímero y polímero-partículas inorgánicas</li> </ul>   |
| Reología                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Investigación básica y aplicada sobre polímeros y composites poliméricos que contiene nanopartículas en torno a la correlación de estructuras, reología y propiedades. Puntualmente, también se investiga sobre la reología de dispersiones no poliméricas</li> </ul>                 |

# Centro de I+D para la coordinación, desarrollo y gestión de la actividad investigadora en nanociencia y nanotecnología



## Información básica

### Objetivos de CIC nanoGUNE

- Liderar, apoyar y coordinar la investigación en nanociencias y nanotecnologías en Euskadi
- Promover la transferencia tecnológica y el desarrollo de industria basada en nanotecnologías
- Fomentar el desarrollo de investigadores altamente cualificados en nanociencias y nanotecnologías
- Impulsar la colaboración y alianzas entre entidades y regiones a nivel internacional
- Fortalecer el uso social de la investigación y la divulgación científica

### Estructura del CIC virtual



### Datos básicos 2012 (CIC físico)

|                      |                                       |                          |
|----------------------|---------------------------------------|--------------------------|
| Año fundación: 2006  | Ubicación: Donostia/San Sebastián     | Publicaciones index.: 58 |
| Investigadores: 56   | Director: José M <sup>a</sup> Pitarke | Nº conferencias: 47      |
| Presupuesto I+D: 3M* | Nº patentes concedidas: -             | Nº tesis doctorales: 2   |

Fuente: CIC nanoGUNE

(\*) Presupuesto ejecutado

## Actividad científico-tecnológica

### Áreas estratégicas de investigación

- Física de estructuras de pequeña dimensión, nanoestructuras y sistemas complejos de estructuras en nanoescala
- Síntesis, ensamblado y nanofabricación de nanomateriales (nanopartículas, nanotubos, capas finas, nanocomposites) y de materiales nanoestructurados
- Desarrollo de nanodispositivos y su impacto en la electrónica molecular, la espintrónica, el nanomagnetismo y la nanofotónica
- Nanopartículas biofuncionales y nanobiotecnología

### Unidades de investigación

|                         |   |
|-------------------------|---|
| Nanomagnetismo          | Desarrollo de nanodispositivos electrónicos y su impacto en el magnetismo, la espintrónica y la electrónica molecular                                     |
| Nanoóptica              | Óptica <i>near-field</i> , optoelectrónica, plasmónica, desarrollo de equipamiento óptico microscópico y de nanodispositivos y su efecto en la nanoóptica |
| Auto-ensamblado         | Síntesis y funcionalización química de nanoestructuras para su ensamblado en nanomateriales   |
| Nanobiotecnología       | Nanoestructuras biofuncionales y nanotecnología   |
| Nanodispositivos        | Nanoestructuración de sistemas mediante técnicas avanzadas de litografía y deposición de capas  |
| Teoría de nanosistemas  | Teoría y simulación de nanosistemas   |
| Nanomateriales          | Síntesis y funcionalización de nanomateriales   |
| Nanoimaging             | Pruebas locales de microscopía y espectroscopía   |
| Microscopía electrónica | Infraestructura punterasde microscopía electrónica (incluye TEM/STEM, Dual Beam FIB, y ESEM.)   |

# Centro para la investigación y el desarrollo tecnológico en micro/nanotecnologías

## Información básica

### Objetivos de CIC microGUNE

- Fortalecer la cooperación entre diferentes agentes en micro/nanotecnologías optimizando la capacidad científico-tecnológica del País Vasco
- Desarrollar investigaciones a escala internacional en áreas de las micro/nanotecnologías
- Integración en la European European Research Area (ERA)
- Promover la transferencia tecnológica y la convergencia con otras áreas (biotecnología, las TIC, nanociencias) para el desarrollo de sectores industriales emergentes sobre la base de la convergencia de esas áreas

## Actividad científico-tecnológica

### Áreas estratégicas de investigación

- Detección electroquímica e inmunomagnética de especies biológicas
- Micro y nano-estructuración de metales y polímeros
- Microactuación en polímeros
- Microoptoelectrónica orgánica
- Materiales nanoestructurados para detección de gases
- Integración de micro / nano-sistemas



### Unidades de investigación

|                        |  |
|------------------------|--|
| Microsenórica          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Especializada en película delgada y sensorización</li> <li>• Orientada a la detección electroquímica e inmunomagnética para aplicaciones de salud y litografía por interferometría láser (LIL)</li> </ul>   |
| Microfluídica          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Especializada en microcomponentes y packaging para microdispositivos fluidicos</li> <li>• Tecnologías microfluídicas para lab on a chip para aplicaciones de salud</li> <li>• Microoptoelectrónica orgánica para fotovoltaica molecular y microestructuras de emisión de luz</li> </ul> |
| Micro / nanoingeniería | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Especializada en técnicas de micromecanizado y ultraprecisión</li> <li>• Mecanizado y nanoimpresión (NIL) para su aplicación en ingeniería de tejidos, DNA stretching y protein chip</li> </ul>   |

### Datos básicos 2012 (todo el CIC – físico y virtual)

|                        |                                |                           |
|------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| Año fundación: 2004    | Ubicación: Arrasate/Mondragón* | Publicaciones index.: 176 |
| Investigadores EJC: 76 | Directora: Nuria Gisbert       | Nº conferencias: 36       |
| Presupuesto I+D: 5M€** | Nº patentes concedidas: 2      | Nº tesis doctorales: 4    |

Fuente: CIC microGUNE

(\*) Ubicación del CIC físico  
(\*\*) Presupuesto ejecutado

# Es el Centro de Investigación Cooperativa especializado en energía en Euskadi



## Información básica

### Principales objetivos de CIC energigUNE

- Conducir y coordinar la estrategia tecnológica del País Vasco en el sector energético
- Establecer prioridades y desarrollar capacitaciones científicas y una masa crítica
- Promover el trabajo interdisciplinario y contribuir al desarrollo coordinado con otras ciencias básicas (en particular, la nanotecnología, la biotecnología y las tecnologías de la comunicación) para apoyar el progreso de nuevas formas de generación eléctrica.
- Contribuir, junto con universidades y centros tecnológicos, al desarrollo de proyectos de transferencia y colaboración a través del CIC virtual energigUNE
- Desarrollar investigadores altamente cualificados e infraestructuras innovadoras
- Trabajar en común con el tejido empresarial vasco relacionado con las energías
- Promover la presencia de los socios en las redes internacionales de excelencia, así como desarrollar una red de colaboradores estratégicos de renombre internacional

### Estructura del CIC virtual



### Datos básicos 2012 (CIC físico)

|                        |                                      |                          |
|------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| Año fundación: 2008    | Ubicación: Miñano                    | Publicaciones index.: 18 |
| Investigadores EJC: 32 | Director: Jesús M <sup>a</sup> Goiri | Nº conferencias: 26      |
| Presupuesto I+D: 5M€*  | Nº patentes solicitadas: 4           | Nº tesis doctorales: 5** |

Fuente: CIC energigUNE

(\*) Presupuesto ejecutado sin incluir amortización  
 (\*\*) En curso

## Actividad científico-tecnológica

### Áreas estratégicas de investigación

- Almacenamiento de energía, baterías y supercapacitores
- Almacenamiento de energía térmica

### Unidades de investigación

|  |  |
|--|--|
| Almacenamiento de energía, baterías y supercapacitores | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Electrolitos sólidos</li> <li>• Análisis de estructuras y superficies</li> <li>• Estudios computacionales</li> <li>• Baterías basadas en sodio (Na)</li> <li>• Baterías basadas en litio (Li)</li> <li>• Prototipado y desarrollo industrial</li> <li>• Capacitores</li> <li>• Técnicos de laboratorio (EES)</li> </ul>               |
| Almacenamiento térmico de energía                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Almacenamiento de calor latente</li> <li>• Nanomateriales</li> <li>• Modelizado y simulación de materiales para el almacenamiento térmico</li> <li>• Ciclos termoquímicos para sistemas de almacenamiento térmico de alta temperatura</li> <li>• Técnicos de laboratorio (TES)</li> <li>• Almacenamiento de calor sensible</li> </ul> |
| Infraestructuras de investigación                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Unidad de análisis de superficie</li> <li>• Plataforma EM</li> </ul>  |

# La Corporación Tecnalia agrupa a Azti, Neiker y Tecnalia Research & Innovation



## Información básica



### Datos básicos 2012

|                           |                                    |                           |
|---------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| Año fundación: 2001       | Ubicación: Donostia/San Sebastián* | Publicaciones index.: 151 |
| Investigadores EJC: 1.382 | Director: Joseba Jauregizar        | Nº conferencias: ND       |
| Presupuesto I+D: 113M€**  | Nº patentes concedidas: 18         | Nº tesis en 2012: 8       |

Fuente: Tecnalia

(\*) Ubicación de la sede  
(\*\*) Presupuesto ejecutado

## Especialización científico-tecnológica

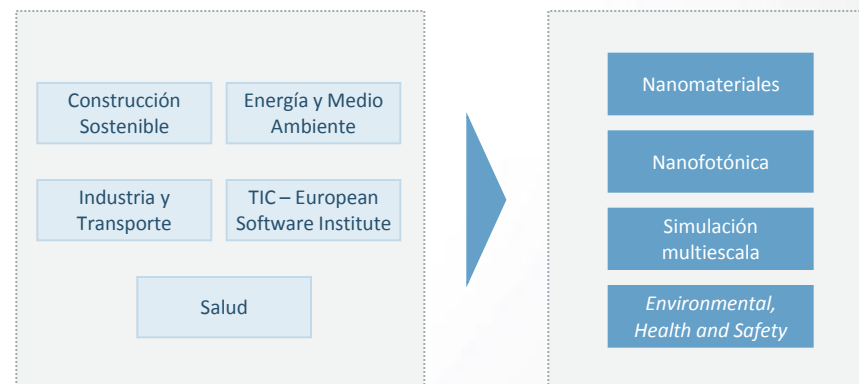
### Especialización C-T de los Centros

**azti** tecnalia Centro tecnológico experto en investigación marina y alimentaria

**neiker** tecnalia Instituto público de investigación y desarrollo tecnológico en el sector agroalimentario y medio ambiente

**tecnalia** Inspiring Business Centro privado de investigación aplicada resultado de la fusión en 2010 entre 8 centros tecnológicos

### Actividades micro/nano en las Divisiones de Negocio



# Alianza tecnológica integrada por 9 centros tecnológicos

## Información básica



### Datos básicos 2012

|                           |                                |                           |
|---------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| Año fundación: 2005       | Ubicación: Eibar*              | Publicaciones index.: 176 |
| Investigadores EJC: 1.200 | Director: José Miguel Erdozain | Nº conferencias: 36       |
| Presupuesto I+D: 96M€**   | Nº patentes concedidas: 15     | Nº tesis doctorales: 39   |

Fuente: IK4

(\*) Ubicación de la sede  
(\*\*) Presupuesto ejecutado

## Especialización científico-tecnológica

### Especialización C-T de los Centros

|   |  |
|---|--|
| <p><b>μ-n</b> <b>ceit</b> Materiales, mecánica aplicada, electrónica y comunicaciones</p> <p><b>μ-n</b> <b>GAIKER</b> Plásticos, composites, medio ambiente, valorización, biotecnología</p> <p><b>μ-n</b> <b>IK4 CIDETEC</b> Energía, tratamientos superficiales, nuevos materiales</p> <p><b>μ-n</b> <b>IK4 IDEKO</b> Máquina herramienta y tecnología de fabricación</p> | <p><b>μ-n</b> <b>IK4 IKERLAN</b> Mecánica, electrónica, TIC, microsistemas y pilas de combustible</p> <p><b>μ-n</b> <b>IK4 LORTEK</b> Tecnologías de unión</p> <p><b>μ-n</b> <b>IK4 TEKNIKER</b> Mecatrónica, tecnologías de fabricación y microtecnologías</p> <p><b>μ-n</b> <b>IK4 AZTERLAN</b> Metalurgia y materiales metálicos</p> <p><b>μ-n</b> <b>vicomtech</b> Tecnología multimedia</p> |
|---|--|

**μ-n** Actividades en micro/nanotecnologías      **E** Actividades en energía

### Unidades CientíficoTecnológicas

| Biotecnología y biomateriales   | Micro y nanotecnologías   | Energía   |
|---------------------------------|---|---|
| Medio ambiente y reciclado      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Micromecánica</li> <li>Microóptica</li> <li>Microfluídica</li> <li>Microfabricación</li> <li>Microelectrónica</li> <li>Generación de micropotencia eléctrica</li> <li>Síntesis y funcionalización de nanopartículas</li> <li>Síntesis de nanomateriales</li> <li>Nanolitografía</li> <li>Recubrimientos nanoestructurados</li> <li>Nanosensórica</li> <li>Nanoelectroquímica</li> <li>Sistemas de ultraprecisión</li> <li>Micrometrología</li> <li>Nanomedicina</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Pilas de combustible</li> <li>Almacenamiento de energía</li> <li>Generación distribuida</li> <li>Combustión y procesos térmicos</li> <li>Energía solar</li> <li>Energía eólica</li> <li>Biomasa y biocarburantes</li> <li>Baterías</li> <li>Supercondensadores</li> <li>Energy scavenging</li> <li>Producción y almacenamiento de hidrógeno</li> </ul> |
| Gestión y producción industrial |   |   |
| Mecatrónica                     |   |   |
| TIC                             |   |   |
| Materiales y procesos           |   |   |
| Micro y nanotecnologías         |   |   |
| Energía                         |   |   |

nanoBasque

