memoria 2013-14

energía en movimiento

CIC energi GUNE

energy cooperative research centre

memoria
2013-14
energía en movimiento

1. **Presentación** 4

2. **Energía en movimiento** 5

3. **Área de almacenamiento de energía eléctrica** 18

4. **Área de almacenamiento de energía térmica** 31

5. **Infraestructura** 38

6. **Conectados con el entorno** 41

anexo. **Balance económico** 46

1. PRESENTACIÓN

Jesús María Goiri
Director General CIC Energigune

Durante los dos últimos años de intensa actividad, CIC Energigune se ha posicionado como uno de los grandes laboratorios en Europa en su especialidad de almacenamiento de energía en sus dos facetas, la electroquímica y la térmica.

Desde la publicación de la última Memoria se han consolidado las líneas de investigación para lo próximos años y aumentado nuestra presencia tanto desde el punto de vista de las publicaciones, pasando de contar con veintiséis a finales de 2012, a más de cien a finales de 2014, como en el número de patentes solicitadas, con ocho en proceso a finales de 2014. Otro aspecto relevante se encuentra en la contratación y relación con el mundo de la industria que ha supuesto explorar prometedoras oportunidades para el Centro, tanto con empresas locales, y también con grandes multinacionales que consideran el almacenamiento de energía como una oportunidad fundamental para su futuro.

Respecto al proceso de financiación externo, es necesario mencionar la convocatoria del programa H2020 de la Unión Europea que ha significado un gigantesco esfuerzo para el laboratorio, al presentarse diecisiete propuestas a diferentes convocatorias que nos atañen, cuatro a la parte térmica y trece al área de la electroquímica.

Las limitaciones de crecimiento impuestas por la realidad económica no han impedido cierto crecimiento del personal tanto investigador como de apoyo a la gestión del centro, hasta las 68 personas, gracias a una mayor diversificación de las fuentes de financiación. Asimismo, fue posible aprobar la inversión en la línea de prototipado de baterías que deberá acercar CIC Energigune hacia la industria y consolidar su propiedad intelectual cara al posible desarrollo de proyectos empresariales ligados al almacenamiento Electroquímico.

Como conclusión de esta etapa 2013-2014 afirmar que el proyecto CIC Energigune está cercano a alcanzar una fase de gran creatividad durante los próximos años que deberá servir para contar con una red de investigación en un campo de enorme crecimiento económico en el mundo durante los años venideros, el del almacenamiento de energía.

Finalmente, no nos podemos olvidar del continuo apoyo del Gobierno Vasco, Departamento de Promoción Económica y Competitividad, posibilitando una investigación con gran proyección a través del CIC Energigune.

2. Energía en movimiento

2.1. VISIÓN GENERAL

¿qué está pasando?

TECH TIMES
California governor enacts new laws to boost use of electric cars, bikes

LA VANGUARDIA
El bus eléctrico del grupo vasco Irizar ya circula en pruebas por Barcelona

entrelíneas
Empresas españolas construirán en Marruecos una de las mayores plantas solares de África

diario_responsable
Iberdrola y BMW lanzan el primer servicio de car sharing eléctrico corporativo en España

The Washington Post
The gamble on Tesla's gigafactory in the Nevada desert

El vehículo eléctrico liderará el transporte urbano en 10 años

energíadiario.com
Arabia Saudí finaliza su mayor planta solar que ahorrará al año 33.320 toneladas de CO2

vozpópuli
CAF entra en Montenegro con el suministro de trenes eléctricos

AFR WEEKEND
Paris conference the key for climate change

CIC energi GUNE
energy cooperative research centre

ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA
Una clave de futuro

nuestro marco

Plan estratégico Energibasque
desarollado por el departamento de Desarrollo Económico y Competitividad del Gob.Vasco

Establecer planes
desarrollados por la Comisión Europea

Las políticas de especialización inteligente
definidas por el Gobierno Vasco, siendo la Energía uno de los tres pilares fundamentales identificado.

nuestra trayectoria

2007
Fundación formal de CIC Energigune y estrategia inicial 2008-2012

2008
Lanzamiento del proyecto e identificación de las líneas estratégicas de investigación

2009
Definición del modelo operativo y búsqueda de talento

2010
Refuerzo de la búsqueda de talento y puesta en marcha del edificio del CIC

2011
Inauguración del CIC Energigune e inicio de las actividades de investigación

2012
Incremento de la investigación, lanzamiento de nuevas líneas de investigación y puesta en marcha del CIC extendido

¿qué estamos haciendo?

Visión

Convertirse en uno de los 5 principales centros de investigación de Europa en las áreas de focalización de CIC y en el líder del esfuerzo colectivo de I+D en almacenamiento de energía en el País Vasco, generando un impacto medible en la industria.

+

Misión

Desempeñar un papel de liderazgo en el escenario científico internacional de la investigación básica de materiales relacionados con la energía destinados al desarrollo de aplicaciones de almacenamiento, contribuyendo así a fomentar la competitividad industrial de las empresas vascas a través de:

- la innovación y la excelencia en la investigación;
- la transferencia de tecnología y conocimientos a la industria local;
- la coordinación de los esfuerzos en materia de tecnología e investigación realizados en el País

CIC energi GUNE =

Equipo — **Background** — **Instalaciones** — **Networking** — **Gestión**

Conocimiento → → **Propuesta de valor para el sector industrial**

2013

- Lanzamiento de Graphene Flagship
- Primeras colaboraciones industriales a nivel nacional e internacional
- 1st Symposium on Na batteries (1.º Simposio sobre baterías de sodio)
- Laboratorio start-up de testeo de baterías con más de 300 canales de ciclado de baterías
- Incorporación de Bruno D'Aguanno a CIC Energigune como Director Científico de Almacenamiento Térmico

2014

- Aumento relevante del número de patentes pendientes (6)
- 2.º Foro Power our Future 2014
- Aprobación de la línea de prototipado fase I
- Beca Mineco al proyecto Linabatt
- Publicación del dosier "BATTERIES & SUPERCAPS POST-MORTEM ANALYSIS PLATFORM"

nuestros indicadores

Inversión 34M€ dic. 2014

Proyectos financiados por la UE 10 dic. 2014

Patentes 8 dic. 2014

Proyectos con la industria 7 dic. 2014

Publicaciones de alto impacto 41 dic. 2014

Participación en conferencias 85 dic. 2014

Auto-financiación 20% dic. 2014

Investigadores 61* dic. 2014

Eventos organizados 26 dic. 2014

* Incluidos Investigadores Ikerbasque

2.2. HITOS RELEVANTES

LÍNEA DE PROTOTIPADO

- Proceso de Compra de la Línea de Prototipado Fase I, conjugando el desarrollo de las tecnologías de CIC Energigune con la relevancia de la fabricación avanzada.
- La lína de prototipado permitirá seguir avanzando en nuestro trabajo para revolucionar desde los materiales o sistemas a una escala mayor y más cercana a la realidad industrial y reducir con ello el riesgo tecnológico y facilitar la puesta en el mercado de forma más ágil.
- Esta infraestructura tendrá una incidencia especial en las investigaciones de baterías Na-ion y Li /Low Temperature Na–S y a su vez cubre un gap en la RVCTI en la medida que siendo una Plataforma abierta estará accesible a todos los agentes de la red.

INCORPORACIÓN
DIRECTOR CIENTÍFICO ÁREA ALMACENAMIENTO TÉRMICO

Bruno D'Aguanno se incorpora a CIC Energigune en noviembre 2013. El investigador italiano dirigía el Departamento de Procesos Químicos del CRS4 en Cagliari (Italia), obtuvo su doctorado en Física con la tésis: "Freezing of ionic liquids in correlation to hot-solid structure". Con amplia experiencia en la preparación de proyectos europeos, cuenta con más de 50 publicaciones en el Área de Almacenamiento Térmico.

ORGANIZACIÓN CONGRESOS

Octubre 2013. "1st Symposium on Na batteries". Palacio Villasuso de Vitoria-Gasteiz. Primer simposio mundial sobre baterías de sodio. 109 congresistas, 17 universidades, 11 ponentes principales, 18 presentaciones de diferentes investigaciones y 30 paneles expuestos.

Abril 2014. II Forum Power our Future. Palacio Villasuso de Vitoria-Gasteiz. 30 expertos mundiales como ponentes. 150 asistentes. 40 paneles informativos

Julio 2014. CIC Energigune es designado en Nara (Japón) **organizador del ABAA8 Congress,** 8th International Conference on Advanced Lithium Batteries for Automobile Applications Congress 2015.

ARRANQUE CICLO #OPENLABS

Durante el 2014 se ha diseñado y lanzado el nuevo ciclo #Openlabs con el objetivo de acercar la ciencia de CIC Energigune a toda la sociedad. En esta primera fase, el público objetivo prioritario han sido los colegios y las universidades de nuestro entorno.

PATENTES

Entre 2013 y 2014 se ha concedido una patente:

HYBRID ELECTROLYTE

(PCT/EP2013/051023)

Autores: Teófilo Rojo, Irune Villaluenga y Michel Armand

Además, tenemos otras **6 patentes pendientes de concesión**, 2 de ellas con informe positivo de investigación internacional:

ELECTROCHEMICAL ENERGY STORAGE DEVICE
(P201490064)

Autores: Ander Laresgoiti, Hisashi Tsukamoto, Laida Otaegui, Liya Wang y Lide M. Rodríguez

PROCESS FOR THE PREPARATION OF HIERARCHICALLY MESO AND MACROPOROUS STRUCTURED MATERIALS
(PCT/EP2013/071705)

Autores: Mani Karthik, Abdessamad Faik y Stefania Doppiu

NEW HIGH CAPACITY MATERIALS BASED ON TRANSITION METALS OF OXINITRIDES
(PCT/EP2014/062412)

Autores: Montserrat Casas - Cabanas, Begoña Acebedo, Michel Armand y Montse Galceran Mestres

PROCESS FOR THE PREPARATION OF FLEXIBLE MESO AND MACROPOROUS CARBON FOAMS
(EP14382098.3)

Autores: Mani Karthik

HINDERED GLYMES FOR ELECTROLYTE COMPOSITIONS
(EP14382149.4)

Autores: Devaraj Shanmukaraj y Michel Armand

A SODIUM CERAMIC ELECTROLYTE BATTERY
(EP14382393.8)

Autores: Michel Armand, Teófilo Rojo, Gurpreet Singh, Laida Otaegui y Frederic Aguesse

PREMIOS/RECONOCIMIENTOS

Michel Armand

2013 PREMIO "CATALAN SABATIER" DE LA RSEQ

Teófilo Rojo

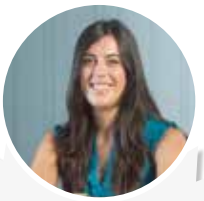
2013 PREMIO A LA INVESTIGACIÓN EN EL ÁREA DE QUÍMICA INORGÁNICA DE LA RSEQ

Marine Reynaud

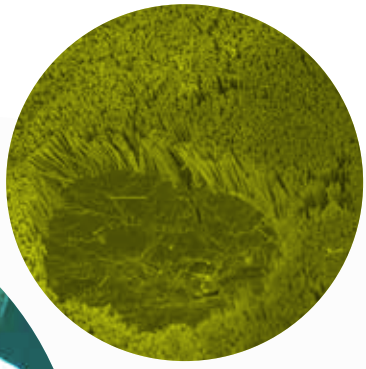
2014 MEJOR TÉSIS DOCTORAL UPJV-11TH EDITION

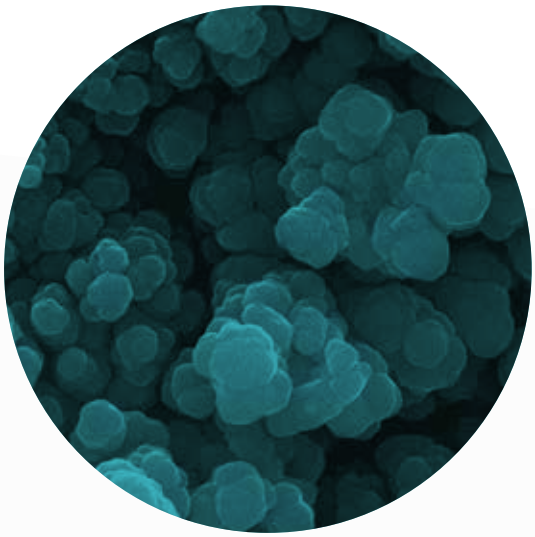
Reconocimientos a los mejores posters
presentados en algunos de los Congresos
a los que se ha asistido

Euromar 2013
Juan Miguel López del Amo



STFC Batteries 2014
María José Piernas





PROYECTOS EUROPEOS

SIRBATT

Convocatoria:
FP7-ENERGY.2013.7.3.3

Título: Stable Interfaces for Rechargeable Batteries

Objetivo: Desarrollo de microsensores para controlar la temperatura y la presión interna de las celda de litio con el fin de mantener las condiciones óptimas de operación, esto permitiría una mayor duración de las baterías y su uso a gran escala en redes.

Los resultados provenientes de este proyecto se podrían usar para desarrollar electrodos con un ciclo de vida y estabilidad optimizados.

Iberdrola por su parte lidera la tarea de definición de aplicaciones a gran escala.

Presupuesto CIC: 260k €

Presupuesto Total: 3,2M €

MAT4BAT

Convocatoria:
FP7-2013-GC-Materials

Título: Advanced Materials for Batteries

Objetivo: Desarrollo de materiales avanzados para baterías de ion-litio más seguras y resistentes. El proyecto abordará los mecanismos de envejecimiento críticos asociados a la tecnología de Li-ion que tengan repercusión directa en la vida útil del producto y en la seguridad desde dos aspectos fundamentales: el funcionamiento actual de la batería y las tecnologías de baterías. El proyecto parte de una tecnología novel de NMC / electrolito de carbonato líquido / grafito que se comercializa y se está integrando al vehículo eléctrico.

Presupuesto CIC: 442k €

Presupuesto Total: 8,2M €

GRAPHENE Flagship

Convocatoria:
FP7-ICT-2013-FET-F

Título: Graphene-Based Revolutions in ICT and Beyond

Objetivo: El objetivo del proyecto es realizar investigaciones con el grafeno para obtener productos que revolucionen múltiples industrias, desde la electrónica a nuevas aplicaciones energéticas y nuevos compuestos funcionales.

El principal objetivo científico y tecnológico es desarrollar tecnologías de materiales para ICT e identifica nuevos dispositivos con tecnología de grafeno y materiales en capas de grafeno e integrarlos a los sistemas que ofrecen nuevas funcionalidades y áreas de aplicación.

Presupuesto CIC: 500k €

Presupuesto Total: 54M €

Becas Marie Curie

FP7-PEOPLE-2012-IOF
CIC Energigune y MIT.
Dr. Nagore Ortiz.
Septiembre 2013

FP7-PEOPLE-2011-CIG
Dr. Javier Carrasco.
Septiembre 2013

2.3. ORGANIZACIÓN

EES
Baterías y Supercondensadores

Comité Científico

Dr. Petr Novak
PSI

Dr. Ander Laresgoiti
Ex-director Científico de Ikerlan

Dr. John Miller
JME, Inc.

Prof. John Owen
Universidad de Southampton

Dr. Imre Gyuk
DOE

Dr. Steve Visco
Polyplus Battery Company

Director científico

Prof. Teófilo Rojo

Grupos de investigación

- Análisis de estructuras y superficies
- Electrolitos sólidos
- Estudios computacionales
- Baterías basadas en Na
- Baterías basadas en Li
- Condensadores
- Prototipado y desarrollo industrial

Comité Científico

Dr. Rainer Tamme
DLR

Dr. Gregory Glatzmaier
NREL

Dr. Eduardo Zarza
PSA

Prof. Manuel Tello
UPV

Prof. Elena Palomo
CNRS

Dr. Michael Epstein
Weizmann Institute of Science

Director científico

Dr. Bruno D`Aguanno

¿EN QUÉ INVESTIGAMOS?

EES
Baterías y supercondensadores

TES
Almacenamiento de energía térmica

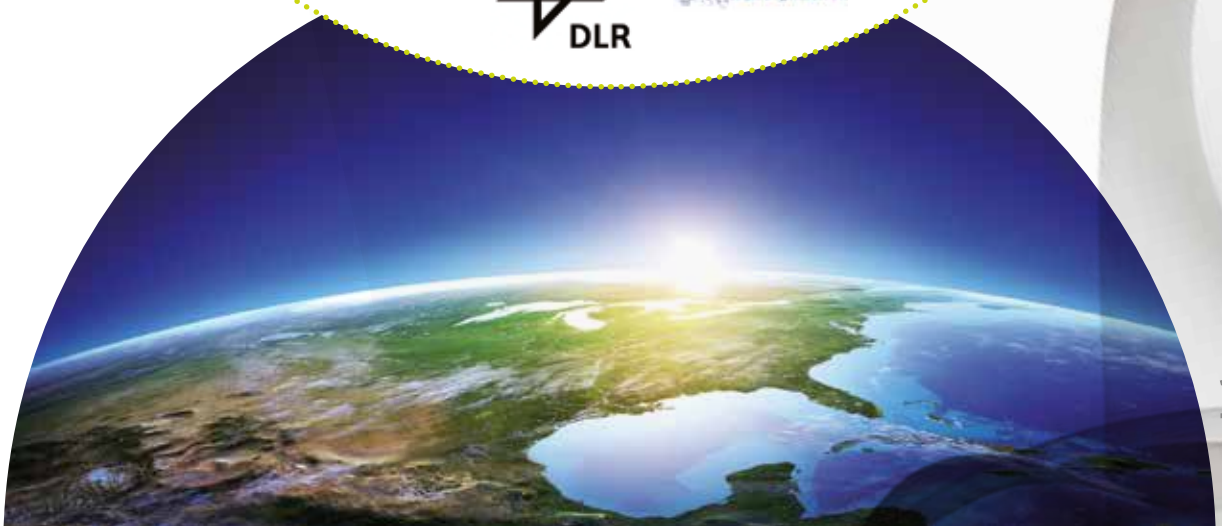
¿CÓMO INVESTIGAMOS?

Enfoque multidisciplinario → Orientación al sistema → Industria y transferencia de tecnología

¿DÓNDE LO APLICAMOS?

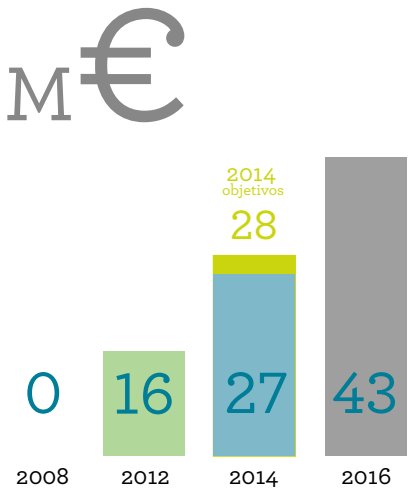
- Elevación
- Movilidad
- Aplicaciones estacionarias
- Plantas solares de concentración
- Eficiencia energética para procesos industriales
- Procesos industriales a altas temperaturas

2.4. COLABORADORES



2.5. CIFRAS DEL CENTRO

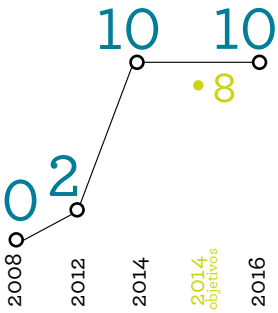
INVERSIÓN



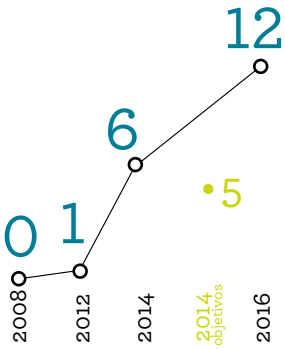
PUBLICACIONES
de alto impacto

PROYECTOS

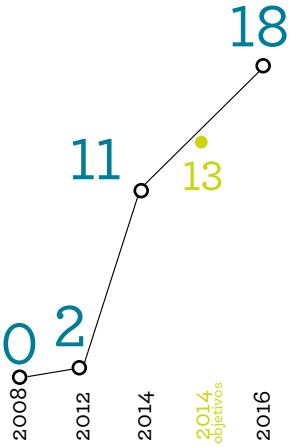
Con la industria



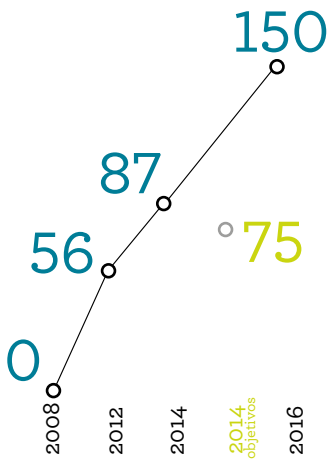
Europeos



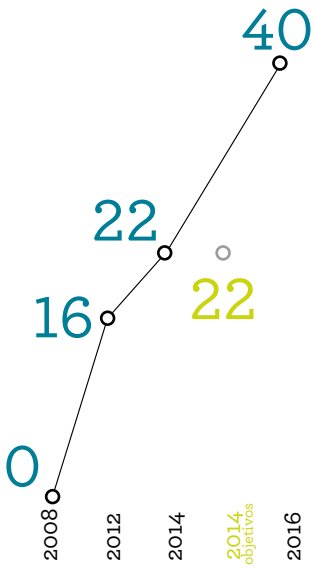
De investigación competitivos



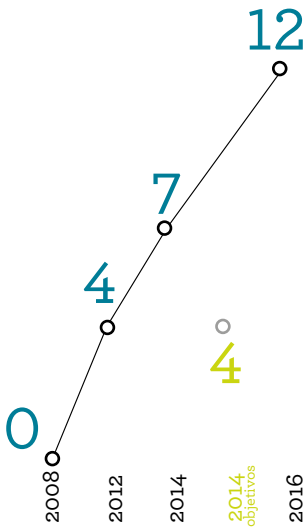
PARTICIPACIÓN en conferencias



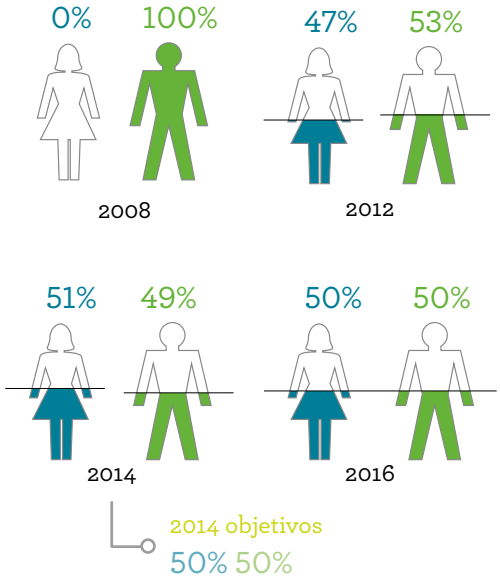
EVENTOS organizados



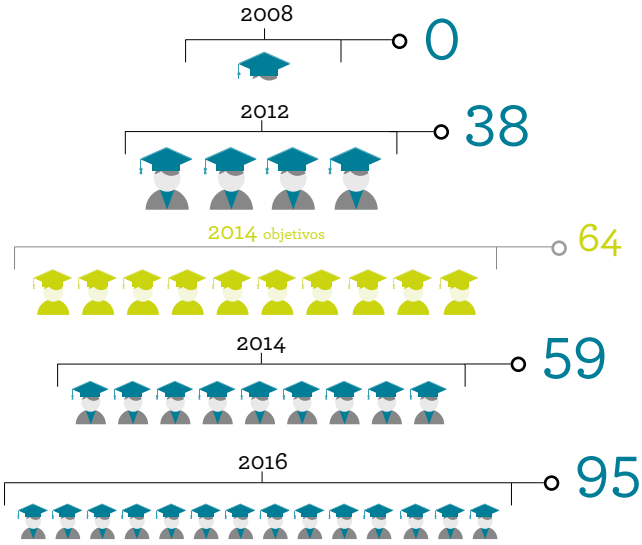
PATENTES



% MUJERES % HOMBRES



INVESTIGADORES en plantilla



3. Área de almacenamiento de energía eléctrica

3.1. EQUIPO HUMANO

Prof. Teófilo Rojo.
Director Científico EES

"En vista de la urgencia por cambiar los combustibles fósiles por fuentes de energía más sostenibles y de la elevada demanda de sistemas de almacenamiento de energía, la necesidad de soluciones para el almacenamiento de energía electroquímica a gran escala es inmediata".

3.2. HOJA DE RUTA

2018

	Na-ion	Li-ion	Li-S	Electrolitos poliméricos	Electrolitos cerámicos
OBJETIVOS	Coste (€/kWh) < 215	Coste (€/kWh) 200	Coste (€/kWh(producción en masa) < 250	Densidad 1,2 g/ cm^3	Densidad > 93 %
	Energía específica de la celda (Wh/kg) 130	Energía específica de la celda (Wh/kg) 270	Energía específica de la celda (Wh/kg) 500	Conductividad > 0,1 mS/cm	Conductividad > 0,1 mS/cm
	Densidad de energía de la celda (Wh/l) 260	Densidad de energía de la celda (Wh/l) 650	Densidad de energía de la celda (Wh/l) 500	Estabilidad electroquímica Alta	Estabilidad electroquímica Moderada
	Capacidad del ánodo (mAh/g) 300	Capacidad del ánodo (mAh/g) 1000	Capacidad del ánodo (mAh/g) 3860	Rango de temperaturas de funcionamiento 60 a 70 °C	Rango de temperaturas de funcionamiento -10 a 500 °C
	Capacidad del cátodo (mAh/g) 180	Capacidad del cátodo (mAh/g) 250	Capacidad del cátodo (mAh/g) 650	Tasa de carga 1C	
	Ciclos > 200	Ciclos > 1000	Ciclos > 600		
	Rango de temperaturas de funcionamiento TA	Rango de temperaturas de funcionamiento TA	Rango de temperaturas de funcionamiento TA a 70 °C		
ESTRATEGIAS	**Ánodo** Capacidad irreversible del primer ciclo Interacciones entre electrodo y electrolito Impedimento de reacciones de desplazamiento **Cátodo** Selección de materiales en base a: bajo coste / seguridad / impedimento de descomposición del electrolito Métodos de síntesis alternativos **Electrolito** Electrolitos poliméricos Sistemas acuosos **Otro** Prototipos de celdas botón Pouch cells grandes Mecanismos de reacción	**Ánodo** $Li_4Ti_5O_{12}$ Grafito Compuesto Sn/Si-rGo **Cátodo** Alto contenido de Li $Li_{1,2}Mn_{0,6}Ni_{0,2}O_2$ **Electrolito** LiPF6 en disolvente orgánico con aditivos Líquidos iónicos Polímero **Otro** Fabricación de celdas acuosas Interfaz robusta Revestimientos de C, ZrO_2 y Al_2O_3	**Ánodo** Mejores ánodos SoA para concepto de celda G1 (materiales desarrollados) Alternativas para el ánodo Deposición de películas delgadas de Li Metal de Li con capas protectoras **Cátodo** Mejor cátodo SoA para desarrollo de concepto Evaluación de cátodo organosulfurado C/S, otras arquitecturas Optimización de aditivos y formulación **Electrolito** Electrolito elegido para el concepto de celda G1 Polimérico / Cerámico / Compuesto	Desarrollo de polímeros sintéticos novedosos y preparación de membranas poliméricas autoportantes Control del espesor de las membranas poliméricas elaboradas por prensado en caliente (de 15 a 500 µm) Integración de las películas delgadas desarrolladas en baterías de estado sólido de Li o Na	Estudio del comportamiento del electrolito y los materiales seleccionados para el electrodo en celda completa Búsqueda de materiales de 2.ª generación partiendo de los conocimientos adquiridos de las experiencias pasadas

2025

Na-ion

Coste (€/kWh) (nivel de la celda) <100

Energía específica de la celda (Wh/kg) 160

Densidad de energía de la celda (Wh/l) 350

Capacidad del ánodo (mAh/g) 500

Capacidad del cátodo (mAh/g) 210

Ciclos > 3000

Rango de temperaturas de funcionamiento TA

Estudio del comportamiento del electrolito y los materiales seleccionados para el electrodo en celda completa.

Búsqueda de materiales de 2.ª generación partiendo de los conocimientos adquiridos en experiencias previas

Li-ion

Coste (€/kWh)150

Energía específica de la celda (Wh/kg) 350

Densidad de energía de la celda (Wh/l) 800

Capacidad del ánodo (mAh/g) 1400

Capacidad del cátodo (mAh/g) 300

Ciclos >3000

Rango de temperaturas de funcionamiento TA

Ánodo

Li metálico

Grafeno

Cátodo

$LiNi_xMn_{2-x}O_4$

Alto contenido de Li

Cátodo multielectrón

Electrolito

Líquidos iónicos

Polímero

Li-S

Coste (€/kWh) (producción en masa) <120

Energía específica de la celda (Wh/kg) 600

Densidad de energía de la celda (Wh/l) 600

Capacidad del ánodo (mAh/g) 3860

Capacidad del cátodo (mAh/g) 850

Ciclos >1000

Rango de temperaturas de funcionamiento TA a 70 °C

Optimización de materiales y procesamiento para obtener capacidad y ciclabilidad definidas

Testeo de prototipos en términos de reproducibilidad, rendimiento, estabilidad y viabilidad

Electrolitos poliméricos

Densidad 1,0 g/cm³

Conductividad > 1 mS/cm

Estabilidad Alta

Rango de temperaturas de funcionamiento 50 a 60 °C

Tasa de carga 2C

Ciclos >1000

Rutas sintéticas optimizadas de nuevos polímeros y Block-copolimeros

Membranas poliméricas en escala ampliada por extrusión para aplicación a nivel de las pouch cells

Integración de las películas delgadas desarrolladas en baterías

Electrolitos cerámicos

Densidad > 98 %

Conductividad > 1 mS/cm

Estabilidad Alta

Tasa de carga 1C

Ciclos >1000

Temperatura de funcionamiento

-10 a 500 °C (electrolitos cerámicos puros) TA a 70 °C (híbridos)

Optimización de electrolitos híbridos y películas delgadas

Control de espesor de las membranas del electrolito híbrido

Integración de las películas delgadas (< 1 µm) y las capas gruesas (10-30 µm) desarrolladas en baterías.

2018

OBJETIVOS

Super-condensadores

- Coste (€/Wh) <5
- Energía específica de la celda (Wh/kg) 9 (25*)
- Potencia específica de la celda (kW/kg) 15
- Capacitancia del electrodo (F/g) 350
- Ciclos >1.000.000
- Rango de temperaturas de funcionamiento TA

Prototipado

- Consecución y mejora de los valores obtenidos con los prototipos a escala de laboratorio (celda tipo moneda) con pouch cells + estabilización y operación de las instalaciones

Post-mortem

- Protocolos de desmontaje y caracterización de baterías de ion de Li
- Protocolos de desmontaje y caracterización de baterías de supercondensadores
- Diagnóstico de celdas envejecidas
- Correlación entre los parámetros de envejecimiento y la degradación de los componentes de la celda

Modelización y estudios computacionales

- Monitorización eficiente y/o caracterización de los materiales del cátodo y del ánodo Objetivo: materiales cristalinos con un máximo de 4 elementos constituyentes
- Monitorización eficiente y/o caracterización de los electrolitos Objetivo: electrolitos sólidos cristalinos con un máximo de 4 elementos constituyentes
- Adquisición de conocimientos atomísticos sobre interfaces entre el electrodo y el electrolito Objetivo: interfaces sólido/sólido

ESTRATEGIAS

Super-condensadores

Electrodos

Materiales de carbono, incluido el grafeno

Materiales inorgánicos

Compuestos de materiales de carbono/inorgánicos o carbono/carbono

Electrolito

Aplicación de electrolitos basados en materiales acuosos y orgánicos, incluidos líquidos iónicos, disponibles en el mercado

Diseño/Configuración de celdas

Celdas de carbono simétricas y asimétricas en electrolitos orgánicos e inorgánicos

Sistemas híbridos simétricos y asimétricos con 2 electrodos de CA o 1 electrodo de CA y 1 electrodo de batería

Otros

Estudios post-mortem

Prototipado

Electrodos

Toma de decisiones sobre materiales del electrodo

Equilibrado de celdas/Formulaciones

Feedback a celdas de pouch

Pronóstico de pouch cells

Proyección de pequeña a gran escala

Riesgos

Cambio en SOA

Aumento de escala de los materiales

Plan de mitigación

Las formulaciones se presentan en pasos independientes

Colaboraciones/proveedores

Post-mortem

Sistema

Desarrollo y validación de protocolos de varios dispositivos electroquímicos para baterías de ion de Li y supercondensadores

Diagnóstico de celdas envejecidas

Desarrollo de modelos de predicción de vida útil en base a la aplicación

Materiales

Correlación entre parámetros de envejecimiento y degradación de los materiales

Desarrollo de modelos de predicción de degradación de materiales

Componentes de la celda

Correlación entre los parámetros de envejecimiento y la degradación de los componentes de la celda

Desarrollo de modelos de predicción de degradación de los componentes de la celda

Modelización y estudios computacionales

Aplicación de innovadores cálculos DFT y técnicas de mecánica estadística

Desarrollo de simulaciones de DM avanzadas combinando DFT e IP para realizar un muestreo efectivo de espacios configuracionales complejos

* configuración de celda híbrida

2025

Super-condensadores

Coste (€/Wh) <12

Energía específica de la celda (Wh/kg) 30 (50*)

Potencia específica de la celda (kW/kg) >15

Capacitancia del electrodo (F/g) 500

Ciclos >1.000.000

Rango de temperaturas de funcionamiento -40 a 60 ºC

Electrodos

Materiales de carbono, incluido el grafeno

Materiales inorgánicos

Compuestos de materiales de carbono/inorgánicos o carbono/carbono

Electrolito

Desarrollo de electrolitos basados en materiales acuosos y orgánicos, incluidos líquidos iónicos

Diseño/Configuración de celdas

Celdas de carbono simétricas y asimétricas en electrolitos orgánicos e inorgánicos

Sistemas híbridos simétricos y asimétricos con 2 electrodos de CA o 1 electrodo de CA y 1 electrodo de batería

Otros

Prototipado y estudios post-mortem

Ampliación del rango de temperaturas

Prototipado

Mejora del rendimiento de la batería en base a: formulaciones de lodo, del electrodo y del electrolito, optimización de procesos para pouch cells, equilibrado de celdas

Electrodos

Toma de decisiones sobre materiales del electrodo

Equilibrado de celdas/Formulaciones

Feedback a celdas de pouch

Pronóstico de pouch cells

Proyección de pequeña a gran escala

Riesgos

Cambio en SOA

Aumento de escala de los materiales

Plan de mitigación

Las formulaciones se presentan en pasos independientes

Colaboraciones/proveedores

Post-mortem

Guía de materiales avanzados y componentes de las celdas

Guía de uso óptimo de dispositivos para mejorar el rendimiento y extender su vida útil

Desarrollo y validación de protocolos para Na-ion, Li-aire y Li-S

Guía de fabricación y uso de nuevos conceptos de celda

Sistema

Ampliación de tecnologías emergentes

Materiales

Guía de propiedades de materiales aptas para envejecimiento

Componentes de la celda

Guía de fabricación apta para envejecimiento

Otro

Guía de prototipos de celdas para laboratorio

Modelización y estudios computacionales

Monitorización eficiente de los materiales del cátodo y del ánodo Objetivo: materiales amorfos y de pequeñas dimensiones

Monitorización eficiente de los electrolitos Objetivo: polímeros y electrolitos líquidos

Adquisición de conocimientos atomísticos sobre interfaces entre el electrodo y el electrolito Objetivo: interfaces sólido/líquido

Avance hacia simulaciones más realistas Objetivo: acercamiento a longitudes macroscópicas y escalas de tiempos

Desarrollo de técnicas de alto rendimiento y gestión de grandes cantidades de datos para la monitorización de materiales

Desarrollo de simulaciones de DM IP de interfaces sólido/líquido que contengan varios miles de átomos

Desarrollo de enfoques multiescala ascendentes, incluidos efectos multifísicos

3.3. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Na-ion

Finalidad

Desarrollo de sistemas de bajo coste para aplicaciones fijas de almacenamiento de energía mediante la caracterización estructural, electroquímica y de síntesis de nuevos materiales de bajo coste para el ánodo, el cátodo y el electrolito con la formulación química apropiada basada en iones de sodio

Objetivos

- Mantenimiento de un coste bajo, inferior a 215 €/kWh (2018) y a 100 €/kWh (2025)
- Incremento de la seguridad
- Robustez garantizada con más de 3000 ciclos

Limitaciones y riesgos

- Enorme variedad de materiales a probar
- Competición contra grupos de investigación de todo el mundo

Resultados hasta la fecha

- Más de 20 invitaciones y presentaciones orales en convenciones internacionales
- 18 artículos publicados en revistas con un alto factor de impacto
- 2 artículos de revisión altamente referenciados
- 2 solicitudes de patente en fase de análisis interno

Colaboradores

Laboratorio Nacional de Argonne, PSI, BCN Materials, Universidad de Oxford, Universidad de St Andrews, Universidad de Sídney

Electrolitos cerámicos

Finalidad

Desarrollo de electrolitos sólidos de alta conductividad iónica para reemplazar los disolventes orgánicos líquidos utilizados actualmente con el fin de crear baterías más seguras y fiables

Objetivos

Uso de conductores iónicos cerámicos para incrementar la seguridad y la estabilidad química y electroquímica de los sistemas, partiendo de la ventaja de que los materiales cerámicos disponibles presentan una amplia variedad de estequiometrías, estructuras cristalinas y microestructuras gracias a los que se puede controlar el rango de propiedades electroquímicas a utilizar en los dispositivos

Limitaciones y riesgos

- Enorme variedad de materiales a probar
- Competición contra grupos de investigación de todo el mundo especializados en este campo

Resultados hasta la fecha

- Desarrollo de electrolitos cerámicos basados en la estructura de granate $Li_7La_3Zr_2O_{12}$ con una conductividades totales de >1 mScm-1
- Definición de una ruta innovadora para el procesamiento de electrolitos cerámicos
- 7 artículos y 8 presentaciones orales en conferencias: 15 contribuciones en total

Colaboradores

Imperial College, PSI, Universidad Autónoma de Barcelona e Instituto Tecnológico de Nagoya

Li S

Finalidad

Desarrollo del concepto de una batería de litio-sulfuro con propiedades aptas para superar las limitaciones para aplicaciones específicas de la tecnología de ion de litio actual con especial atención al coste, la seguridad y la durabilidad

Objetivos

- Desarrollo de conceptos de baterías de litio-sulfuro sólidas viables desde un punto de vista técnico-económico
- Validación de los logros conseguidos en términos de durabilidad y seguridad en entornos de aplicación reales
- Demostración de la capacidad de aumento de escala

Limitaciones y riesgos

Superación de problemas críticos intrínsecos de la tecnología del litio-sulfuro, como la durabilidad, la tasa de carga y la densidad volumétrica de la energía

Resultados hasta la fecha

- Preparación satisfactoria de nuevos materiales con estabilidad preliminar mejorada
- Preparación satisfactoria de aditivos que mejoran la densidad volumétrica de la energía

Colaboradores

IK4-Cidetec, Tecnalia.

Electrolitos poliméricos

Finalidad

Desarrollo de electrolitos sólidos más seguros y fiables de alta conductividad iónica (> 10-4 S/cm a temperatura ambiente) con número de transporte alto (t+→1) mediante el reemplazo de los disolvente orgánicos líquidos que se emplea actualmente

Objetivos

- Desarrollo de electrolitos sólidos rentables para sistemas de baterías basados en Li y Na
- Tasa de carga >1
- Mejora del rendimiento de electrolitos poliméricos a temperaturas de funcionamiento más bajas

Limitaciones y riesgos

- Selección de polímeros aptos para funcionamiento con alto voltaje
- Mejora de las propiedades de electrolitos poliméricos para que presenten una alta conductividad iónica, un número alto de transferencia y estabilidad mecánica

Resultados hasta la fecha

- Invitación a 6 charlas
- 1 presentación oral y 1 presentación de *poster* en ANM 2014
- 4 artículos y 1 revisión publicados en 2014

Colaboradores

Polymat, ICTP-CSIC, ICMM-CSIC, Universidad de Deakin, Facultad de Ciencia y Tecnología de Huazhong, Wuhan, China, Facultad Hunter de la Universidad de la Ciudad de Nueva York, Volkswagen, Bosch.

Li-ion

Finalidad

Investigación de nuevos materiales para electrodos de Li-ion y optimización de los ya disponibles a base de comprender las correlaciones entre la electroquímica, la composición, la (micro)estructura y la formulación del electrodo Esclarecimiento de los mecanismos de reacción y degradación a través de la caracterización fisicoquímica de las regiones de la masa y la superficie del electrodo Desarrollo de herramientas avanzadas para la caracterización de materiales para baterías de Li-ion

Objetivos

- Cumplimiento de los requisitos del mercado en términos de densidad de energía (270 Wh/kg), vida útil y seguridad
- Consecución de costes atractivos de cara a las aplicaciones prácticas (200 €/kg)
- Cumplimiento de los requisitos en materia de sostenibilidad

Limitaciones y riesgos

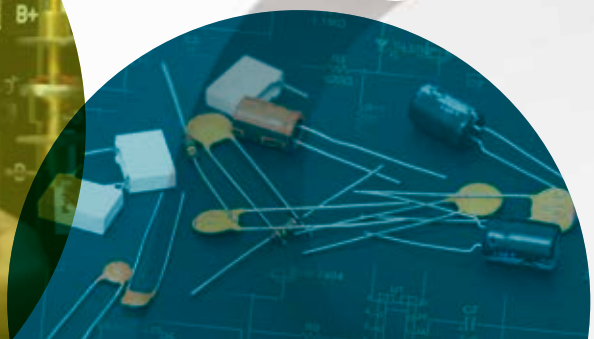
- Pérdida de foco debido a la expansión de las actividades
- Contaminación cruzada
- Dificultad en la obtención de la fase deseada
- Falta de suministro por parte de los socios o empresas
- Saturación de las instalaciones del laboratorio

Resultados hasta la fecha

- 1 patente
- 8 artículos publicados en revistas con un alto factor de impacto
- 13 contribuciones en conferencias
- 1 programa de *software* (FAULTS)
- 3 proyectos europeos
- 1 proyecto nacional

Colaboradores

Nokia, SOLVAY, Universidad de Liverpool, IMERYS, Instituto Tecnológico de Karlsruhe, Universidad de Camerino, Johnson Matthey, SGL Group, Collége de France, Neutrons for Science, ICMAB, Universidad de Illinois (Chicago), DirectaPlus.



Supercondensadores

Finalidad

Optimizar materiales de carbono y óxidos/nitruros de metales de transición para obtener una alta densidad de energía y/o de potencia para supercondensadores en términos tanto gravimétricos como volumétricos y maximizar la producción de energía por medio de la configuración de celdas asimétricas e híbridas avanzadas

Objetivos

- Síntesis de materiales innovadores para electrodos para su aplicación en condensadores electroquímicos utilizando precursores más baratos y alternativos y/o logrando mayores valores de capacitancia
- Optimización de carbonos nanoporoso a partir de precursores de bajo coste y carbonos dopados de nitrógeno y ajuste a electrolitos específicos
- Exploración y optimización de materiales y compuestos pseudocondensadores basados en los óxidos/nitruros de metales de transición
- Exploración y ajuste de configuraciones de sistemas asimétricos e híbridos

Limitaciones y riesgos

- Limitación en el ajuste de la formación de porosidad, reduciendo la porosidad inaccesible Estrategia: Activación física/química combinada, condiciones de activación menos estrictas
- Potencia limitada de celdas híbridas, estabilidad cinética limitada de electrolitos que operan por encima de su ventana de voltajes termodinámicos Estrategia: Combinaciones adecuadas carbonos y electrolitos, equilibrado de precisión de la masa, sobredimensionamiento de electrodos de batería

Resultados hasta la fecha

- 1 colaboración industrial
- 6 artículos publicados en revistas con un alto factor de impacto
- Participación en Graphene Flagship

Colaboradores

CNRS/Thales, Universidad de Nantes, en colaboración con la Plataforma de Análisis de Superficies, Universidad de Drexel, en colaboración con la Plataforma de Análisis de Superficies, Universidad de Paul Sabatier

Modelización y estudios computacionales

Finalidad

Aplicación y desarrollo de modelos y simulaciones atomísticos de materiales electroactivos utilizando métodos basados en primeros principios con el fin de guiar la síntesis y caracterización de nuevos compuestos

Objetivos

- Desarrollo e implantación de enfoques computacionales punteros
- Monitorización eficiente y caracterización de materiales para cátodos, ánodos y electrolitos sólidos
- Adquisición de conocimientos a nivel molecular sobre interfaces entre el electrodo y el electrolito

Limitaciones y riesgos

- Limitaciones de los modelos de materiales a la hora de integrar materiales complejos y reales
- Insuficiencia de recursos computacionales

Resultados hasta la fecha

- 2 artículos publicados
- 1 artículo en fase de revisión en *Energy & Environmental Science* y 3 artículos en fase de preparación
- 2 presentaciones orales

Colaboradores

BCAM, UPV/EHU, proyectos europeos englobados dentro del 7PM: SIRBATT (hasta 2016)

Análisis post-mortem

Finalidad

Adquisición de una base de conocimientos grande sobre causas de fallos y mejora de la comprensión de los mecanismos críticos de envejecimiento en diferentes dispositivos electroquímicos con el fin de proponer modelos conductuales y predictivos del rendimiento y la vida útil de las baterías bajo distintas condiciones de funcionamiento reales

Objetivos

- Desarrollo y validación de protocolos para el análisis de varios dispositivos electroquímicos con distintas configuraciones
- Diagnóstico de celdas envejecidas y correlación entre los parámetros de envejecimiento y la degradación de sus componentes
- Desarrollo de modelos predictivos del rendimiento y la vida útil de dispositivos electroquímicos en base a sus aplicaciones
- Guía de uso óptimo de cada dispositivo para mejorar el rendimiento y extender su vida útil
- Extensión de los análisis *post-mortem* a tecnologías emergentes, como Li-S, Na-ion, etc.

Limitaciones y riesgos

- Celdas no suministradas
- Degradación insuficiente de las baterías
- Contaminación desde otras líneas de investigación
- Problemas de seguridad para el estudio de dispositivos de alta corriente y voltaje

Resultados hasta la fecha

- 1 artículo en fase de revisión
- Presentación oral en la 227.ª reunión de la ECS
- Proyectos europeos hasta el año 2020: MAT4BAT (hasta 2016)
- Socios industriales (información confidencial)

Colaboradores

CEGASA, IK4-Ikerlan, Laboratorio Nacional de Argonne, Centro para la investigación de la energía solar y el hidrógeno (ZSW)

Prototipado

Finalidad

Prestación de apoyo a las líneas de investigación orientadas a sistemas con el fin de llevar los nuevos materiales desarrollados a la fase de prototipado para demostrar la validez de los conceptos a nivel de dispositivo

Objetivos

Mejora del rendimiento de las celdas mediante la optimización de los parámetros de los procesos y la proyección de los requisitos técnicos de la celda de tipo moneda a la pouch cell

Limitaciones y riesgos

Limitaciones intrínsecas de las tecnologías a implementar en esta fase Riesgos asociados a la adaptación al cambio en el estado del arte de la tecnología a utilizar y las carencias de las instalaciones de aumento de escala para los posibles materiales electroactivos necesarios para la fabricación de celdas de mayor formato (p. ej. pouch cells o prismáticas)

Resultados hasta la fecha

Línea de investigación en fase de desarrollo

Colaboradores

Líneas de investigación del CIC orientadas a sistemas

3.4. DATOS CIENTÍFICOS DESTACADOS

UPDATE ON NA-BASED BATTERY MATERIALS. A GROWING RESEARCH PATH

Verónica Palomares, Montse Casas-Cabanas, Elizabeth Castillo-Martínez, Man H. Han y Teófilo Rojo

Este trabajo presenta información actualizada sobre materiales para baterías basadas en sodio. Por un lado, explora la viabilidad de 2 innovadores sistemas de almacenamiento de energía: las baterías acuosas de sodio y la tecnología Na-O_2. Por otro, hace un repaso por los nuevos avances sobre sistemas no acuosos de Na-ion. Todos ellos pueden englobarse bajo la categoría de sistemas basados en sodio, pero las baterías acuosas y basadas en oxígeno destacan por constituir tecnologías emergentes que desempeñan un papel cada vez más importante en la investigación del almacenamiento de energía, mientras que la tecnología no acuosa de ion de sodio se ha afianzado como una de las principales líneas de investigación en este campo. Estos sistemas cumplen diferentes requisitos del almacenamiento de energía: las baterías acuosas de sodio serán decisivas por su bajo coste y elevada segura; los sistemas de Na-O_2 pueden ser la clave para dar cobertura a la necesidad de dispositivos de almacenamiento de alta densidad de energía; por su parte, las baterías no acuosas de Na-ion encuentran su aplicación en el sector de los dispositivos de almacenamiento de energía fijos.

Energy & Environmental Science DOI: 10.1039/c3ee41031e
Aceptado el 14 de junio de 2013

HIGH TEMPERATURE SODIUM BATTERIES: STATUS, CHALLENGES AND FUTURE TRENDS

B. Hueso, Michel Armand y Teófilo Rojo

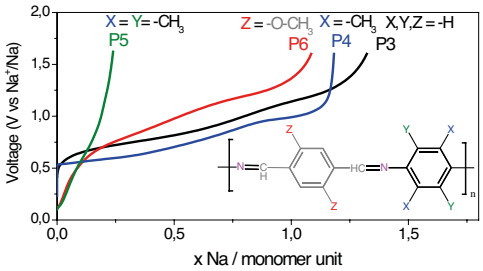
Los progresos en la investigación y desarrollo de baterías de sodio a altas temperaturas sugiere que todas las baterías en estado completamente sólido con electrolitos inorgánicos o poliméricos sólidos constituyen prometedoras fuentes de potencia para una gran variedad de aplicaciones gracias a su alta estabilidad térmica, fiabilidad, largas vidas útil y versatilidad geométrica. Los electrolitos desempeñan un papel fundamental en términos de densidad (de potencia), tiempo de estabilidad y seguridad de las baterías, de modo que es esencial seguir trabajando en su mejora e innovación para poder alcanzar el éxito. De hecho, los electrolitos inorgánicos sólidos están allanando el camino del desarrollo de baterías de sodio recargables de bajo coste. Esta revisión hace un resumen actualizado de la mayoría de conductores de Na^+ para electrolitos en baterías de sodio-sulfuro y ZEBRA, haciendo especial hincapié en los electrolitos inorgánicos sólidos, más concretamente en los cerámicos y de vidrio-cerámica, como una alternativa prometedora aplicable a todas las baterías de estado sólido. También contemplamos los electrolitos NASICON en nuestro esfuerzo continuo por encontrar nuevos materiales aptos para funcionar a temperaturas ambiente y moderadas. Los electrolitos poliméricos basados en poli(óxido de etileno) (PEO) también son perfectamente válidos para su implementación en todas las baterías de estado sólido. Por ello, esta revisión se centra en el transporte de iones basado en la conductividad, preparación de electrolitos, seguridad e impacto medioambiental observados.

Energy & Environmental Science DOI: 10.1039/c3ee24086j
Aceptado el 11 de enero de 2013

POLYMERIC SCHIFF BASES AS LOW VOLTAGE REDOX CENTRES FOR SODIUM ION BATTERIES

Elizabeth Castillo-Martínez, Javier Carretero-González y Michel Armand

Según otras investigaciones, la entidad de reducción-oxidación formada por 2 grupos de bases de Schiff unidas a un fenilo (–N=CH-Ar-HC=N–) es activa baterías de ion de sodio (Ar: aromático). Las bases de Schiff poliméricas electroactivas se obtuvieron de la reacción entre un bloque de diamina alifática no conjugada o aromática conjugada y una unidad de tereftaldehído. Las polibases de Schiff cristalinas son capaces de almacenar electroquímicamente más de 1 átomo de sodio por cada grupo de azometina en potenciales entre 0 y 1,5 voltios frente a N^{a+}/Na. Este potencial de redox se puede mejorar conjugando la cadena polimérica e inyectando electrones provenientes de sustituyentes donantes en los anillos aromáticos. Al optimizar la mezcla de carbono con Ketjen Black® se pueden obtener capacidades reversibles de hasta 350 mAh/g. Un aspecto interesante es que la configuración "inversa" (–CH=N-Ar-N=HC–) no es electroquímicamente activa, sino isoelectrónica.



Las polibases de Schiff simples insertan sodio en potencial bajo con altas capacidades. Las polibases de Schiff con unidad activa –N=CH-Ar-HC=N– que contenga 10 π electrones pueden almacenar más de 1 ion de sodio por cada enlace /C=N de forma reversible.

Angewandte Chemie Int. ed. 2014. http://dx.doi.org/10.1002/anie.201402402
Publicado en línea el 22 de abril de 2014

NA0.67MN1-XMGXO2 (0 ≤ X ≤ 0.2): A HIGH CAPACITY CATHODE FOR SODIUM-ION BATTERIES

Juliette Billaud, Gurpreet Singh, Robert Armstrong, Elena Gonzalo, Vladimir Roddatis, Michel Armand, Teófilo Rojo y Peter G. Bruce

El material para cátodos $Na_{0,67}[Mn_1\text{-}xMg_x]O_2$ con estructura P2, muy abundante en la tierra, se ha sintetizado como electrodos positivos para baterías de ion de sodio (0 ≤ x ≤ 0,2). El $Na_{0,67}MnO_2$ presenta una capacidad de 175 $mAhg^{-1}$ con buena capacidad de retención. Un contenido del 5 % de Mg es suficiente para suavizar los perfiles de carga/descarga sin afectar a su capacidad; un aumento del Mg contribuiría a mejorar la estabilidad de ciclado, pero a cambio de una menor capacidad de descarga (de 150 $mAhg^{-1}$ para $Na_{0,67}Mn_{0,8}Mg_{0,2}O_2$). Se ha observado que el proceso de enfriado durante la síntesis y que el contenido de Mg afectan a la estructura.

Energy & Environmental Science DOI: 10.1039/c4ee00465e
Aceptado el 21 de febrero 2014

MOLECULAR SWITCHES FROM BENZENE DERIVATIVES ADSORBED ON METAL SURFACES

Wei Liu, Sergey N. Filimonov, Javier Carrasco y Alexandre Tkatchenko

En los experimentos con moléculas que se absorben en superficies a menudo se observan estados precursores transitorios. Sin embargo, dichos estados precursores suelen ser breves, dando paso a configuraciones de absorción más estables. En este estudio empleados cálculos de primeros principios para explorar sistemáticamente el mecanismo de interacción de los derivados del benceno en las superficies de los metales para poder ajustar la estabilidad y la barrera entre 2 estados de absorción metaestables de forma selectiva. En el caso particular de la molécula de tetracloropirazina se identifican 2 estados de absorción igualmente estables con una barrera moderada y posiblemente reversible entre ellos. Abordamos la viabilidad de la detección experimental del comportamiento biestable predicho y analizamos su potencial de uso en interruptores moleculares.

Nature communications. DOI: 10.1038/ncomms3569
Aceptado el 5 de septiembre de 2013 Publicado el 25 de octubre de 2013

COMPREHENSIVE INSIGHTS INTO THE STRUCTURAL AND CHEMICAL CHANGES IN MIXED ANION FEOF ELECTRODES BY USING PDF AND NMR SPECTROSCOPY

Kamila M. Wiaderek,Olaf J. Borkiewicz,Elizabeth Castillo-Martínez,Rosa Robert, Nathalie Pereira, Glenn G. Amatucci, Clare P. Grey, Peter J. Chupas, Karena y W. Chapman

El análisis exhaustivo de los datos de la función de distribución de pares de operando de rayos X (PDF en inglés) se combina con una espectroscopía de RMN de litio para desentrañar el mecanismo de la reacción electroquímica de los electrodos de oxifluoruro de hierro de alto rendimiento. Aunque se logró recuperar toda la capacidad de descarga tras la carga, lo que significa que la reacción electroquímica es reversible, la estructura atómica del electrodo que se forma tras el ciclo (descarga-carga) es diferente a la del material puro del electrodo sin descarga. En su lugar, el electrodo "activo" que se forma tras el ciclo es un nanocompuesto de una fase amorfa de rutilo y una nanofase de sal de roca. El análisis de la suma de enlaces de valencia, que está basado en los parámetros exactos de la estructura (longitudes de enlace y número de coordinación) extraídos de los datos PDF in situ, apunta a que se produce una separación de aniones durante la reacción química, con una fase de rutilo rica en flúor (F) y una fase de sal de roca rica en oxígeno (O). Las fases ricas en F y O reaccionan en secuencia; en los entornos ricos en flúor, el Fe reacciona preferentemente, tanto durante la carga como durante la descarga.

JACS. *Journal of the American Chemical Society*
Publicado el 22 de febrero de 2013

4. Área de almacenamiento de energía térmica

4.1. EQUIPO HUMANO

Dr. Bruno D`Aguanno
Director Científico TES

"Las tecnologías TES pueden beneficiarse del uso de materiales baratos y sostenibles y convertirse en el motor de una nueva ciencia de materiales que logre alcanzar y explotar los límites termofísicos mejor que cualquier otro sistema de almacenamiento de energía... En el área de TES se aprovechan desde deshechos, piedras y hormigones, hasta innovadores nanofluidos y nanoestructuras".

4.2. HOJA DE RUTA

2018

	Almacenamiento de calor sensible	Almacenamiento de calor latente
OBJETIVOS	Mejora de la estabilidad térmica líquida - Parámetro objetivo: T ≥ 800 °C	Desarrollo de aleaciones metálicas con un rango ampliado de temperaturas de transición - Parámetro objetivo: 300 ≤ T ≤ 500 °C
OBJETIVOS	Aumento de la eficiencia térmica solar mediante el uso de sal con menor T de congelación - Parámetro objetivo: T ≤ 250 °C	Mejora del calor latente - Parámetro objetivo: Entalpía ≈ 160 kJ/kg
OBJETIVOS	Reducción de la cantidad de material de almacenamiento mediante la mejora de la capacidad calorífica - Parámetro objetivo: Cp ≥ 1,5 J/g K	Reducción de la cantidad de material de almacenamiento mediante la mejora de la densidad calorífica - Parámetro objetivo: Densidad ≈ 130 kWh/m^3
OBJETIVOS	Reducción del trabajo de bombeo para mover el fluido de transferencia de calor - Parámetro objetivo: Viscosidad ≤ 0,012 Pa.s @ 300 °C	Aumento de la aplicabilidad de materiales de cambio de fase salinos mediante la nanoencapsulación - Parámetro objetivo: rango de diámetros de la nanocápsula de 5-10 nm
OBJETIVOS	Mejora de la transferencia de calor del fluido de transferencia de calor y del material de almacenamiento de calor - Parámetro objetivo: Conductividad térmica ≥ 0,58 W/m K @ 800 °C	Aumento de la aplicabilidad de aleaciones metálicas y materiales de cambio de fase salinos mediante la micro/macroencapsulación - Parámetro objetivo: volumen máximo de la cápsula de ≈ 0,5 m^3
OBJETIVOS	Reducción del coste de almacenamiento de medios sólidos - Parámetro objetivo: Coste específico ≈ 10 €/kWth	Reducción del coste de almacenamiento de medios sólidos - Parámetro objetivo: Coste específico ≈ 40 €/kWh
OBJETIVOS	Reducción del coste de los sistemas de almacenamiento - Parámetro objetivo: Coste específico ≈ 20 €/kWth	Reducción del coste de los sistemas de almacenamiento - Parámetro objetivo: Coste específico ≈ 60 €/kWth
ESTRATEGIAS	Desarrollo de herramientas de simulación microscópica como DM clásica y DM DFT	Desarrollo de herramientas de simulación para describir los diagramas de fase de las mezclas simples
ESTRATEGIAS	Caracterización termofísica de materiales de almacenamiento de calor sólidos y síntesis y caracterización de mezclas nanosalinas seleccionadas	Desarrollo de nuevos métodos para sintetizar aleaciones metálicas a escala de laboratorio
ESTRATEGIAS	Desarrollo de nuevos métodos para sintetizar las mezclas nanosalinas	Desarrollo de protocolos para la encapsulación de aleaciones de metales y materiales de cambio de fase salinos
ESTRATEGIAS	Caracterización y moldeado de desechos de la industria del acero	Estudio de compatibilidades de aleaciones metálicas y materiales de cambio de fase salinos con diferentes materiales de contención
ESTRATEGIAS	Diseño y fabricación de dispositivos de almacenamiento de calor sensible a escala de laboratorio (T máximas hasta 800 °C) y uso de las instalaciones de bucle térmico de CIC	Diseño y fabricación de intercambiadores y unidades de almacenamiento multitubulares para aleaciones metálicas para temperaturas de hasta 400 °C

2025

Almacenamiento de calor sensible

Mejora de la estabilidad térmica líquida - Parámetro objetivo: T ≥ 1000 °C

Aumento de la eficiencia térmica solar mediante el uso de sal con menor T de congelación - Parámetro objetivo: T ≤ 70 °C

Reducción de la cantidad de material de almacenamiento mediante la mejora de la capacidad calorífica - Parámetro objetivo: Cp ≥ 3,75 J/g.K

Reducción del trabajo de bombeo para mover el fluido de transferencia de calor - Parámetro objetivo: Viscosidad ≤ 0,004 Pa.s @ 300 °C

Mejora de la transferencia de calor del fluido de transferencia de calor y del material de almacenamiento de calor - Parámetro objetivo: Conductividad térmica ≥ 0,58 W/m K @ 1000 °C

Reducción del coste de almacenamiento de medios sólidos - Parámetro objetivo: Coste específico ≤ 8 €/kWth

Reducción del coste de los sistemas de almacenamiento - Parámetro objetivo: Coste específico ≤ 18 €/kWth

Desarrollo de herramientas de simulación para describir nanofluidos a escala de longitud completa

Caracterización termofísica de materiales de almacenamiento de calor sólidos y síntesis y caracterización de mezclas nanosalinas seleccionadas en un rango ampliado de temperaturas

Desarrollo de nuevos métodos para sintetizar mezclas nanosalinas en una rango ampliado de temperaturas

Caracterización y moldeado de residuos candidatos para su aplicación en el almacenamiento de energía térmica

Diseño y fabricación de dispositivos mejorados de almacenamiento de calor sensible a escala de laboratorio (T máximas hasta 1000 °C), uso de las instalaciones de bucle térmico de CIC y uso de las instalaciones de SFERA

Almacenamiento de calor latente

Desarrollo de aleaciones metálicas con un rango ampliado de temperaturas de transición - Parámetro objetivo: 300 ≤ T ≤ 800 °C

Mejora del calor latente - Parámetro objetivo: Entalpía ≈ 200 kJ/kg

Reducción de la cantidad de material de almacenamiento mediante la mejora de la densidad calorífica - Parámetro objetivo: Densidad del flujo térmico ≈ 200 kWh/m^3

Aumento de la aplicabilidad de materiales de cambio de fase salinos mediante la nanoencapsulación - Parámetro objetivo: rango de diámetros de la nanocápsula de 0,5-10 nm

Aumento de la aplicabilidad de aleaciones metálicas y materiales de cambio de fase salinos mediante la micro/macroencapsulación - Parámetro objetivo: volumen máximo de la cápsula de ≈ 1m^3

Reducción del coste de almacenamiento de medios sólidos - Parámetro objetivo: Coste específico ≈ 25 €/kWh

Reducción del coste de los sistemas de almacenamiento - Parámetro objetivo: Coste específico ≈ 30 €/kWth

Desarrollo de herramientas de simulación para describir los diagramas de fase de las mezclas complejas

Desarrollo de nuevos métodos para sintetizar sistemas complejos a escala de laboratorio

Desarrollo de protocolos para encapsular más materiales de cambio de fase complejos

Desarrollo de protocolos para la encapsulación de aleaciones de metales y materiales de cambio de fase salinos

Diseño y fabricación de intercambiadores y unidades de almacenamiento multitubulares para aleaciones metálicas para temperaturas de hasta 800 °C

4.3. LINEAS DE INVESTIGACIÓN

Almacenamiento de calor sensible

Finalidad

Desarrollo de sistemas de almacenamiento de energía térmica eficientes y fiables basados en subproductos de bajo coste de materiales cerámicos por un lado y, por otro, en el desarrollo de materiales innovadores con propiedades termofísicas mejoradas, como la capacidad calorífica, la conductividad térmica, la viscosidad en fase líquida o el rango de temperaturas monofase

Objetivos

Desarrollo de materiales líquidos estables, principalmente mezclas de nanopartículas salinas, de alta capacidad y conductividad térmicas y baja viscosidad

Desarrollo de materiales sólidos estables con una capacidad térmica cercana al límite clásico definido por la ley de Dulong y Petit y con unos límites altos de ajuste termomecánico

Desarrollo de sistemas de almacenamiento de energía térmica económicos aptos para funcionar a muy altas temperaturas (hasta 800 ºC) para plantas de energía térmica solar concentrada y aplicaciones de recuperación de calor residual de nueva generación en diferentes procesos industriales

Fabricación y testeo de diferentes unidades de almacenamiento de calor sensible a escala de laboratorio bajo condiciones de funcionamiento reales

Demostración de la capacidad de aumento de escala mediante la colaboración con la industria en la fabricación de una muestra preindustrial a escala de piloto

Limitaciones y riesgos

Detección de bajo rendimiento del sistema de almacenamiento de energía térmica basado en submateriales cerámicos

Resultados hasta la fecha

- Selección y caracterización satisfactorias de submateriales de bajo coste (residuos) con propiedades aptas para su aplicación en TES
- Diseño satisfactorio de nuevas mezclas nanosalinas con propiedades termofísicas mejoradas, como la capacidad calorífica y la estabilidad térmica
- Desarrollo satisfactorio de algunos modelos de mecánica de fluidos computacional para simular y optimizar las unidades de almacenamiento de energía térmica

Colaboradores

IK4-Tekniker, Tecnalia, UPV, ArcelorMittal, IK4-Azterlan, NAVARGI, DLR, Fraunhofer, Universidad Friedrich Alexander Erlangen-Nuremberg, ENEA, LCA, Soltigua, Enerray, CEA, ALSTOM, Optimum Cement, VTT, Tapojärvi, PSI, Imperial College, MASEN, IRESEN

Almacenamiento de calor latente

Finalidad

Desarrollo de nuevos conceptos de sistemas de almacenamiento de energía térmica basados en materiales innovadores con propiedades, como la transición de fase sólida-líquida a las temperaturas definidas, alta capacidad volumétrica de almacenamiento y alta conductividad térmica, aptas para sus aplicaciones tecnológicas respectivas

Objetivos

Desarrollo de nuevas aleaciones metálicas binarias y ternarias con las propiedades solicitadas por el cliente final

Desarrollo de aleaciones metálicas innovadoras de nanoclústeres para la obtención de materiales de cambio de fase en una cascada de temperaturas de transición

Desarrollo de materiales espumosos de carbono para la absorción y/o encapsulación de materiales de cambio de fase

Desarrollo de sistemas de almacenamiento de energía térmica a altas temperaturas de alta potencia calorífica capaces de generar una gran cantidad de calor en poco tiempo

Validación de concepto a través de la fabricación y testeo bajo condiciones de funcionamiento reales de diferentes unidades de almacenamiento de calor latente a escala de laboratorio

Demostración de la capacidad de aumento de escala mediante la colaboración con la industria en la fabricación de una muestra preindustrial a escala de piloto

Limitaciones y riesgos

- Costes elevados de esta tecnología en comparación con los sistemas de almacenamiento termosolar de doble tanque de sal fundida disponibles actualmente en el mercado

Resultados hasta la fecha

- Desarrollo satisfactorio de nuevos materiales de alta capacidad volumétrica de almacenamiento
- Desarrollo satisfactorio de herramientas de simulación que ayudan a comprender la mejora de algunas propiedades termofísicas de los materiales investigados
- Desarrollo satisfactorio de modelos de mecánica de fluidos computacional para simular diferentes unidades de almacenamiento de calor latente a escala de laboratorio
- Obtención de resultados prometedores del diseño, fabricación y testeo de unidades de almacenamiento de calor latente a escala de laboratorio

Colaboradores

IK4-Tekniker, Tecnalia, UPV, SENER, MASEN, IRESEN

4.4. DATOS CIENTÍFICOS DESTACADOS

COMPATIBILITY OF A POST-INDUSTRIAL CERAMIC WITH NITRATE MOLTEN SALTS FOR USE AS FILLER MATERIAL IN A THERMOCLINE STORAGE SYSTEM

Nicolas Calvet, Judith C. Gomez, Abdessamad Faik, Vladimir V. Roddatis, Antoine Meffre, Greg C. Glatzmaier, Stefania Doppiu y Xavier Py

Este artículo pretende demostrar el potencial de una cerámica post-industrial de uso comercial denominada Cofalit como material prometedor, sostenible y económico de relleno en un sistema de almacenamiento directo de termoclina de sal fundida. Esta cerámica, obtenida del tratamiento industrial del amianto con restos de residuos, muestra buenas propiedades para almacenar la energía térmica del calor sensible de hasta 1100 ºC y su coste es muy bajo. En este estudio se ha testado la compatibilidad de esta cerámica con 2 tipos de sales fundidas: la sal solar binaria convencional y una prometedora sal de nitrato ternaria conocida como HITEC XL, a una temperatura media (500 ºC) en estado estático. El objetivo consiste en desarrollar un sistema de almacenamiento directo de termoclina de sal fundida utilizando esta cerámica de bajo coste como relleno. De este modo se reduciría considerablemente los costes de los sistemas de almacenamiento de los concentradores solares parabólicos al tiempo que se aumentaría la eficiencia de las plantas al poder producir vapor sobrecalentado a una temperatura mayor.

Applied Energy. www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261913000056
Aceptado el 29 de diciembre de 2012 Publicado en línea el 08 de febrero de 2013

THERMODYNAMIC STUDY OF THE EUTECTIC MG49–ZN51 ALLOY USED FOR THERMAL ENERGY STORAGE

J. Rodríguez-Aseguinolaza, P. Blanco-Rodríguez, E. Risueño, M. J. Tello y S. Doppiu

La aleación eutéctica Mg49–Zn51 (% de masa) está considerada un material apto para su uso en sistemas de almacenamiento de la energía térmica del calor latente. A este respecto, hemos caracterizado las transiciones de fase sólido-sólido y sólido-líquido. Además, también incluimos un estudio termodinámico detallado centrado en el calor específico de esta aleación. El comportamiento Cp, de gran relevancia en el marco del almacenamiento de energía térmica, se moldea desde un punto de vista teórico y se validad desde un punto de vista experimental por medio de calorimetrías diferenciales de barrido moduladas con temperatura cuasi-isotérmica. También hemos descrito con éxito diferentes fases intermetálicas del sistema binario Mg-Zn dentro de este enfoque en todo el rango de temperaturas.

Etiquetas: calorimetría diferencial de barrido (DSC), calor específico, transición de fase, almacenamiento de energía térmica, aleaciones binarias de Mg–Zn, termodinámica CIC Energigune celebrará la 8.ª Conferencia internacional sobre baterías avanzadas de litio para aplicaciones automovilísticas, ABAA8, entre el 30 de septiembre y el 2 de octubre en Bilbao, País Vasco (España); se trata de un evento de 3 días que aspira a fomentar la I+D global en el sector de las baterías avanzadas de litio para vehículos, así como a acelerar el debate e intercambio de información sobre los progresos en I+D y reforzar las colaboraciones globales en este campo.

Journal of Thermal Analysis and Calorimetry DOI 10.1007/s10973-014-3639-0
Aceptado el 4 de enero de 2014 Publicado en línea el 31 de enero de 2014

THERMOPHYSICAL CHARACTERISATION OF MG-51%ZN EUTECTIC METAL ALLOY: A PHASE CHANGE MATERIAL FOR THERMAL ENERGY STORAGE IN DIRECT STEAM GENERATION APPLICATIONS

P. Blanco-Rodríguez, J. Rodríguez-Aseguinolaza, E. Risueño, A. Faik, M. Tello y S. Doppiu

Analizamos la posibilidad de utilizar aleaciones metálicas eutécticas de magnesio como material de cambio de fase (PCM) para el almacenamiento de energía térmica (TES) en plantas de energía térmica solar concentrada. Llevamos a cabo la caracterización termofísica exhaustiva de la aleación metálica eutéctica Mg51%-Zn en un rango de temperaturas comprendido entre la temperatura ambiente y la temperatura de fusión. A continuación, comparamos los resultados con otros datos disponibles en la bibliografía y analizamos las diferencias encontradas. En este artículos presentamos una comparación con sales inorgánicas binarias y ternarias puras utilizadas como material de cambio de fase, destacando las ventajas y los inconvenientes de los diferentes sistemas. No solo proponemos esta aleación como candidata para sistemas de almacenamiento de la energía térmica de calor latente con generación directa de vapor (DSG) en plantas de energía térmica solar concentrada, sino también para procesos con vapor a alta presión y alta energía. Los datos recogidos en el informe son esenciales para facilitar la modelización y el estudio de reactores experimentales con esta aleación como material de cambio de fase para el almacenamiento de energía térmica.

Energy DOI: 10.1016/j.energy.2014.05.058
Aceptado el 15 de mayo de 2014 Publicado en línea el 13 de junio de 2014

5. Infraestructuras

5.1. EL EDIFICIO

4500 m²

+ de 2000 m² de laboratorio

Interacción

Laboratorios y plataformas conectadas y cercanas a los espacios de trabajo de los investigadores

Amplias zonas comunes

Sostenibilidad

apuesta por las energías renovables

- biomasa
- geotérmica
- fotovoltaica

Maxima calificación de eficiencia energética

www.cicenergigune.com/visita-virtual/index.html

5.2. PLATAFORMAS

NMR Resonancia magnética nuclear

Es una técnica analítica que saca el máximo provecho de las propiedades magnéticas de los núcleos atómicos para conseguir información estructural, cinética y termodinámica de una gran variedad de materiales. Cuenta con dos imanes (500 y 200 Mhz).

SAU Plataforma de análisis de superficies

Ofrece una amplia gama de técnicas experimentales para caracterizar áreas e interfaces de las superficies con los instrumentos más punteros en espectroscopia de fotoemisión (XPS, UPS) y difracción de electrones de baja energía (LEED), espectometría Auger (SAM), microscopios de barrido (STM, AFM) y espectroscopia óptica (Raman y FTIR).

EM Microscopio electrónico de transmisión (TEM) y microscopio de barrido (SEM)

Sala seca Sala seca de 55 m² y temperatura de rocío de -60 °C

Esta sala alberga la línea de prototipado, en la que se procesan los materiales para convertirlos en electrodos laminados y se ensamblan los prototipos de pouch cells.

Rayos X Plataforma para técnicas de difracción (XRD) y dispersión en ángulo pequeño (SAXS) de rayos X

Adquisición de un nuevo D8 gracias a la subvención concedida por el Departamento de Educación de Gobierno Vasco.

PPMS Sistema de medición de propiedades físicas

Plataforma de estudio de impedancia, transporte eléctrico y térmico y magnetometría a diferentes temperaturas y en diferentes entornos.

Plataforma de análisis térmico

El laboratorio de prototipos dispone de un amplio espacio reservado para el testeo experimental a escala de laboratorio (STA, DSC, LFA) y demostración inicial de sistemas de almacenamiento de energía térmica.

Laboratorio de pruebas

Una vez ensambladas, las celdas electroquímicas son sometidas a pruebas de rendimiento, como voltamperometría cíclica, galvanometría y espectroscopia de impedancia, en diferentes condiciones de funcionamiento. Para ello, CIC Energigune cuenta con un laboratorio de pruebas con más de 300 canales equipado con 6 potenciostatos, una cámara climática y un tester para baterías.

6. Conectados

con el entorno

6.1. #OPENLABS CICENERGIGUNE

UNA NUEVA INICIATIVA PARA ACERCAR NUESTRA CIENCIA A LA SOCIEDAD

De una manera **sencilla, atractiva y didáctica**

Promoviendo la **vocación científica** entre los jóvenes de nuestro entorno

Difundiendo la importancia de buscar **nuevas respuestas** a retos de futuro como el almacenamiento de energía

7 sesiones realizadas por + de 12 científicos

de CIC Energigune para mostrar nuestro trabajo

+ de 500 personas

experimentando nuestra labor investigadora

- Alumnos universitarios
- Alumnos de primaria
- Alumnos de ESO
- Emprendedores
- Profesores
- Ciudadanía

#openlabs 2014

- **Abril 2014.** Egibide. Congreso Power our Future. Palacio de Congresos Villasuso
- **Abril 2014.** Mondragon Unibersitatea. CIC Energigune
- **Mayo 2014.** Mondragon Unibersitatea. CIC Energigune
- **Junio 2014.** Ciudadanía. Semana Europea de la Energía. Piscinas de Mendizorroza en Vitoria-Gasteiz
- **Noviembre 2014.** Emprendedores. Álava Emprende. Palacio de Congresos Villasuso
- **Noviembre 2014.** Abetxuko Ikastola. CIC Energigune
- **Diciembre 2014.** Jesus Obrero. CIC Energigune

6.2. MÁSTER Y DOCTORADO

Clases en 5 programas universitarios

Colaboraciones con 2 universidades locales

Doctorandos
2013 — 11
2014 — 15

MONDRAGON UNIBERTSITATEA

Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea

Master
2013 — 6
2014 — 10

Incorporación de estudiantes en prácticas
a CIC Energigune
2013 — 2
2014 — 6

- Doctorado en **Física y Tecnología de Materiales** (UPV/EHU)
- Doctorado en **Ciencia y Tecnología de Materiales** (UPV/EHU)
- Doctorado en **Ingeniería Mecánica y Energía Eléctrica** (MU)
- Máster en **Nuevos Materiales** (UPV/EHU)
- Máster en **Ingeniería de Procesos Químicos y Desarrollo Sostenible** (UPV/EHU)
- Máster en **Energía y Electrónica de Potencia** (MU)
- Grado en **Ingeniería de la Energía** (MU)
- Universidad de Caen (Francia)
- Universidad de Picardie Jules Verne (Francia) - Master MESC

6.3. EMPRESAS

BMW
BOSCH
SENER
avanzare
GRUPO ANTOLIN
CEGASA GROUP
GRAPHENEA
Productos Tubulares
AEG
ArcelorMittal
CAF
IBERDROLA
GENERANDO VALOR AÑADIDO
Johnson Matthey
IMERYS TRANSFORM TO PERFORM
SOLVAY
Orona
MONDRAGON ASSEMBLY
NOKIA
SOLGROUP a breath of life
SEAT
RENAULT
REPSOL
NOVARGI
Volkswagen
THALES
ZIGOR
Cluster Energía
eika

6.4. CONGRESOS

I SIMPOSIO INTERNACIONAL DE BATERÍAS DE SODIO

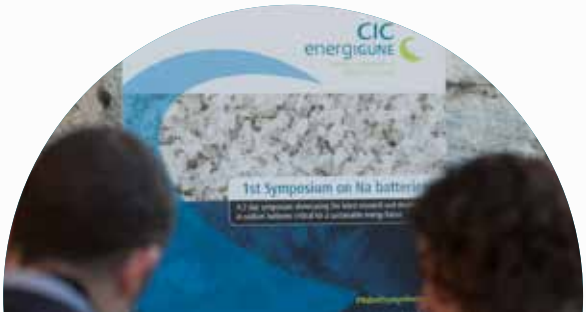
CIC Energigune organizó en octubre de 2013 el primer encuentro mundial para compartir los avances en la investigación de este tipo de baterías

- 111 congresistas de 13 países diferentes
  - Fuerte representación industrial: Fiamm, Iberdrola, Iberpotash, Renault Nissan, Saft, Solvay, Solvionic, Sumimoto Chemical, Toyota Motor Europe
  - Sponsorización de un 51% a manos de EVE, Argonne National Lab, Comercial Rafer, Solvionic, Fisher Scientific, Energy & Environmental Science y Basquetour
- 17 universidades representadas, 11 ponentes principales
- 18 presentaciones de diferentes investigaciones
- 30 paneles expuestos

II POWER OUR FUTURE

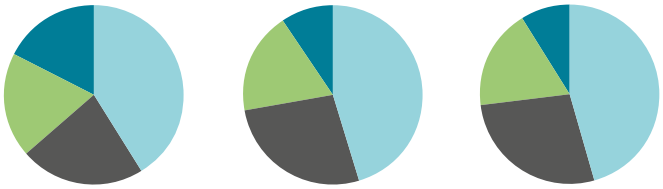
Segunda edición del congreso científico internacional organizado por CIC Energigune en abril de 2014

- 136 asistentes de 12 países
- Fuerte representación industrial: Eika, ZSW, JME, Irizar, AEG power solutions, Cegasa
- Sponsorización de un 9% a manos de Bruker, Specs, Alava Ingenieros, AEG, Scharlab y Basquetour
- Novedades vs. POF 12:
  - Con motivo del Congreso se celebra la víspera (1 de abril) dos sesiones de tutoriales: Supercondensadores y Baterías.
  - Dentro de las actividades relacionadas, 31 de marzo, se abre el ciclo "Open Labs" con una presentación a un grupo de 100 estudiantes de Egibide.
  - Durante los días de celebración del Congreso se exponen vehículos eléctricos (Renault, Nissan y BMW) en el exterior del Palacio de Villa Suso.



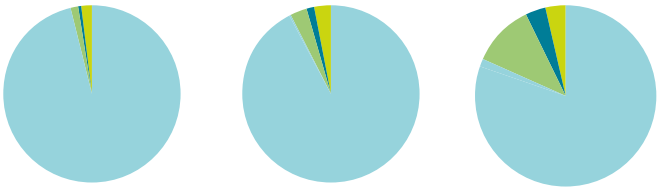
anexo BALANCE ECONÓMICO

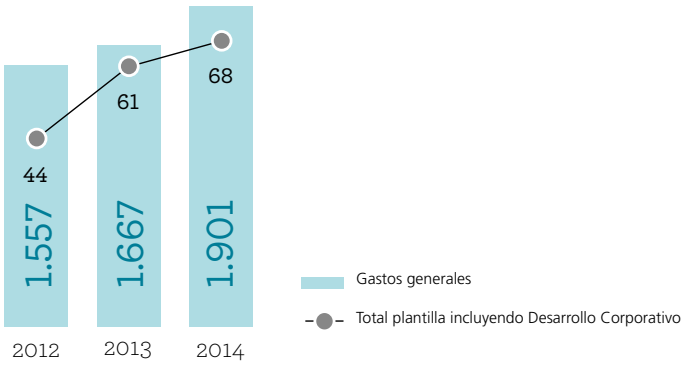
GASTOS e INVERSIÓN anuales
(miles de euros)



	2012	2013	2014
Gastos	3.399,61	4.077,92	4.783,83
Gastos de personal	1.841,88	2.410,27	2.881,99
Gastos generales	1.557,73	1.667,65	1.901,84
Inversión	1.426,61	824,97	910,80
PRESUPUESTO TOTAL	**4.826,22**	**4.902,88**	**5.694,63**

INGRESOS
(miles de euros)



	2012	2013	2014
Fondos del Gobierno Vasco: Desarrollo Económico y Competitividad y Educación	4.667,90	4.554,84	4.661,43
Fondos de la Unión Europea	61,15	149,34	638,75
Otros fondos públicos	34,00	74,42	202,14
Fondos privados	84,21	138,70	199,79
INGRESOS TOTALES	**4.847,26**	**4.917,30**	**5.702,12**

GASTOS
(miles de euros)