

NUEVOS MATERIALES PARA LA ENERGIA (eléctrica)

Emilio Morán

Departamento de Química Inorgánica
Facultad de Ciencias Químicas
Universidad Complutense de Madrid



Ciclo: Los avances de la Química y su impacto
en la Sociedad. Emilio Morán. 25 nov. 2010

1

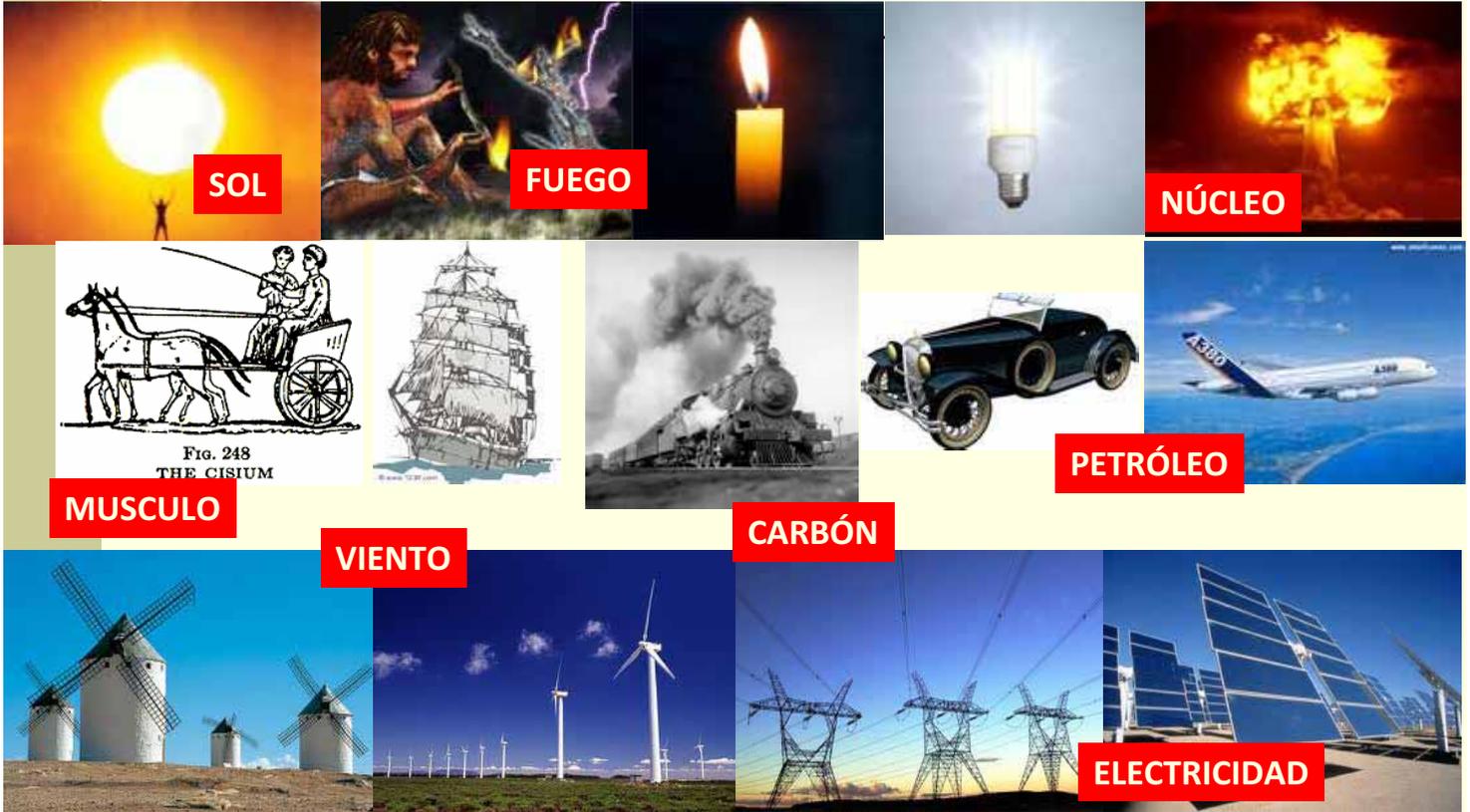
Indice

1. Energía: aspectos generales.
2. Baterías.
3. Pilas de combustible.
4. El vehículo eléctrico.
5. Superconductores.
6. Otros dispositivos.
7. Conclusión.

Ciclo: Los avances de la Química y su impacto
en la Sociedad. Emilio Morán. 25 nov. 2010

2

1. Energía: hitos y fuentes



Fuentes de energía

- Sol
- Combustibles fósiles: carbón, petróleo, gas natural.
- Energías renovables: hidroeléctrica, eólica, biomasa,...
- Energía nuclear (fisión, fusión)
- Otras: geotérmica, mareas, etc.

Energía y sociedad

Consumo:

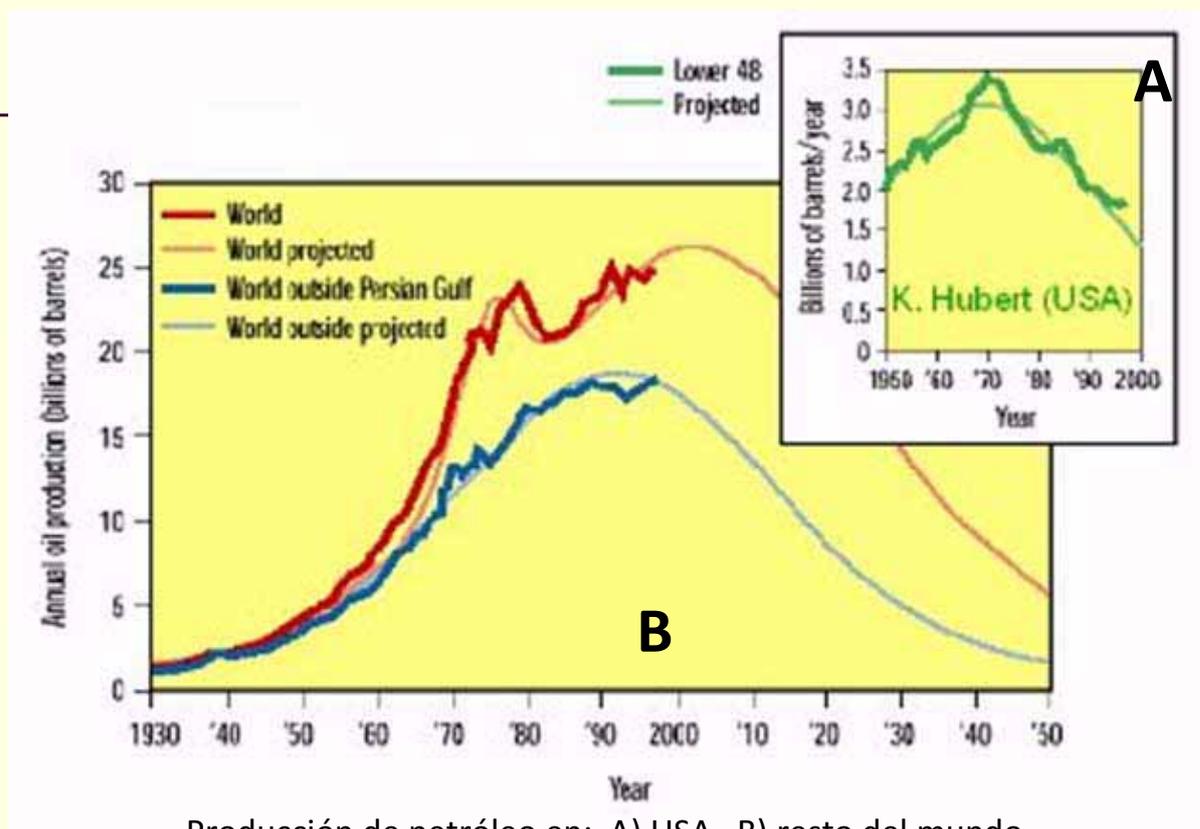


Fuente: [www. Cienciateca.com](http://www.Cienciateca.com) (Pedro Gómez Romero)

Ciclo: Los avances de la Química y su impacto en la Sociedad. Emilio Morán. 25 nov. 2010

5

El petróleo se agota....

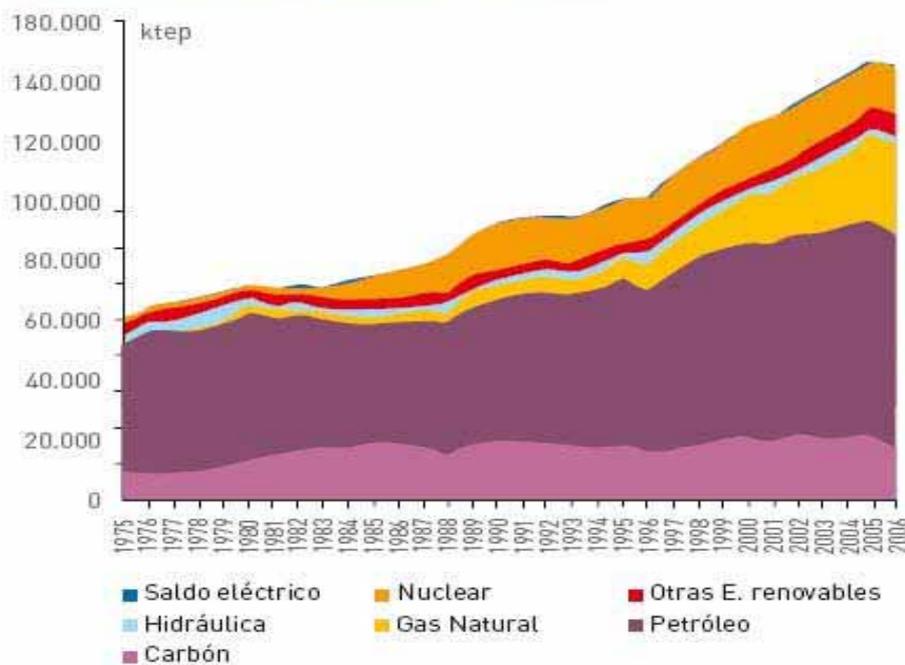


Producción de petróleo en: A) USA B) resto del mundo

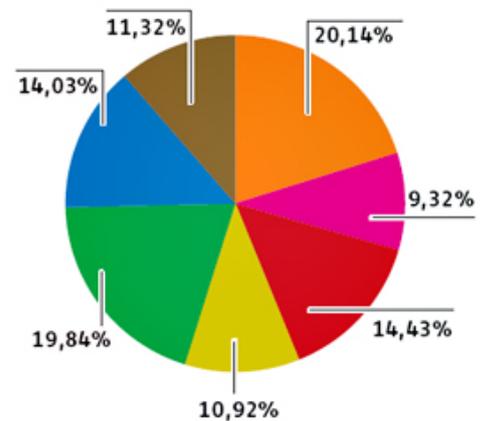
Ciclo: Los avances de la Química y su impacto en la Sociedad. Emilio Morán. 25 nov. 2010

6

Consumo interno de energía en España (ktep), por tipo de combustibles. 1975-2006.



■ Hidráulica
 ■ Nuclear
 ■ Carbón
 ■ Fuel/Gas
 ■ Ciclo combinado
 ■ Eólica
 ■ Resto Régimen Especial



Energía eléctrica en España

Ciclo: Los avances de la Química y su impacto en la Sociedad. Emilio Morán. 25 nov. 2010

7

Energía y sociedad: Problemas

- Incremento de la demanda. Países emergentes
- Agotamiento de los recursos fósiles
- Irregular distribución geográfica de recursos
- Incremento de los precios
- Repercusiones en el medio ambiente: i.e.: efecto invernadero, contaminación, gestión de residuos nucleares, etc.

Ciclo: Los avances de la Química y su impacto en la Sociedad. Emilio Morán. 25 nov. 2010

8

Energía y sociedad: soluciones

- Economizar el consumo
- Mayor eficiencia
- Búsqueda de energías alternativas
- Energías renovables
- Nuevas ideas, nuevos dispositivos, **nuevos materiales**



Electricidad: la energía de los dioses



Materiales y Energía eléctrica

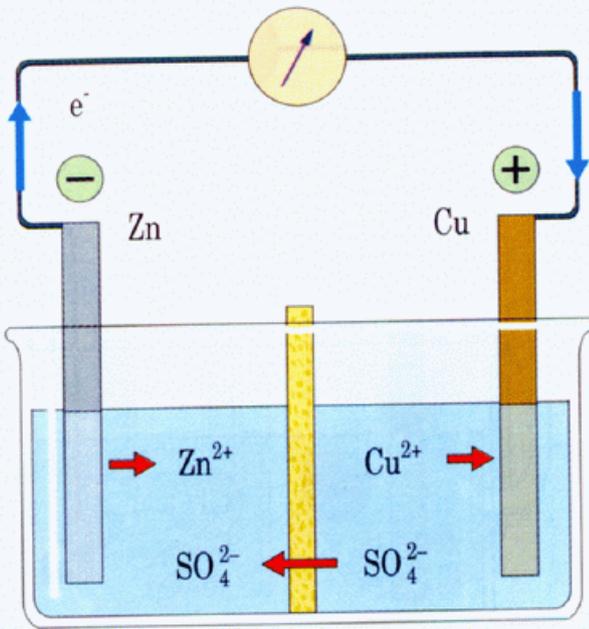
- **Producción:** Generadores electromagnéticos, Dispositivos fotovoltaicos, Pilas de combustible...
- **Almacenamiento:** Baterías, supercondensadores...
- **Transporte:** cables superconductores...

Energías renovables en USA: NREL
<http://www.nrel.gov>

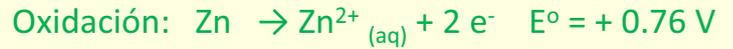
2. BATERIAS

- Conceptos
- Historia
- Tipos
- Baterías de ión litio
- Programa Materyener/CAM

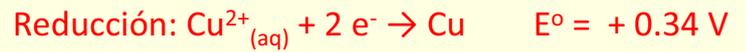
Pila Daniell (1836)



ANODO(-)



CÁTODO (+)



Ecelda = 1.10 V.

Celda galvánica: Dispositivo capaz de convertir energía química (de un proceso redox) en energía eléctrica.

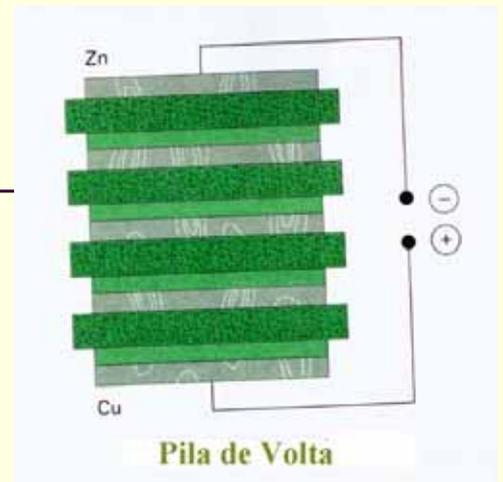
Estrategia: Separación de los procesos de oxidación y de reducción (puente salino). Conexión electrónica externa.

Batería: celda o conjunto de celdas conectadas (sin puente salino). Fuente de energía eléctrica a potencial constante.

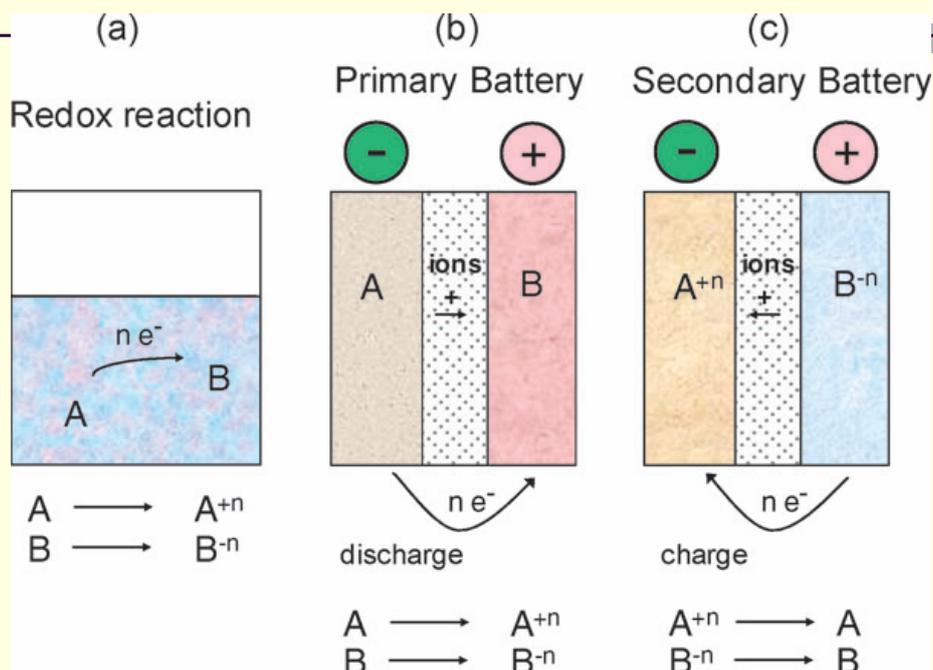
Pila de Volta (1800)



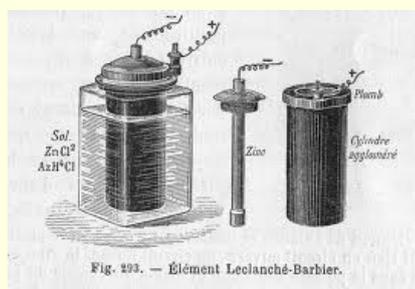
1801: Volta presenta su pila eléctrica a Napoleón



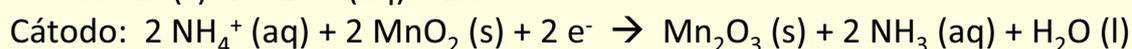
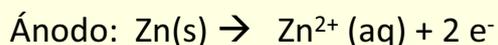
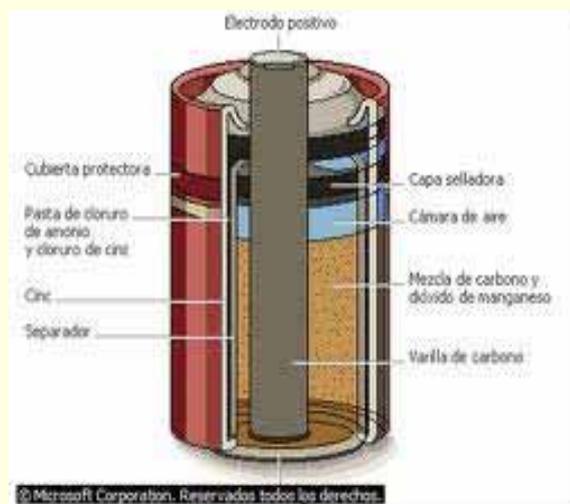
Baterías primarias y secundarias



Baterías primarias: Leclanché (1866) (Pila Seca)

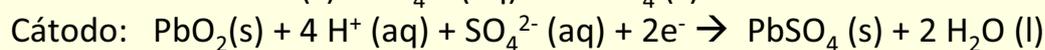
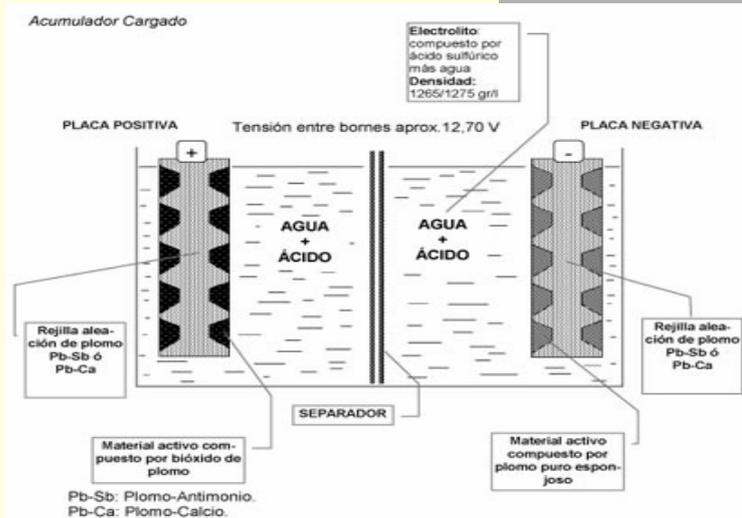
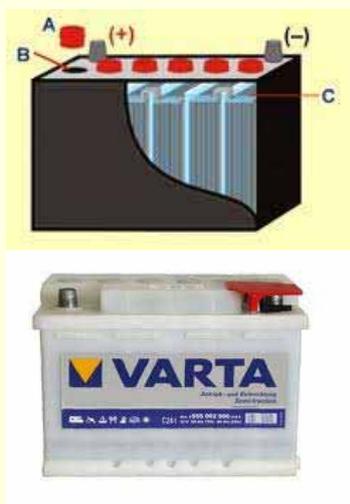


1,5 Voltios



Baterías secundarias : **Acumulador de Plomo**

Gaston Planté (1859),
(70% de la producción mundial)



Voltaje (por celda): 2 Voltios **12 Voltios (6 celdas)**

Baterías: Parámetros característicos :

- **Capacidad:** función del nº de electrones intercambiados y del P.M.
Amperios x hora / kg.
- **Voltaje:** diferencia de potencial entre los pares redox.
- **Energía específica:** Watios x hora / kg
- **Densidad de energía:** Watios x hora / litro
- **Potencia:** Watios/ kg ó Watios/litro (potencia específica)
- **Requisitos:** tamaño, peso, seguridad, durabilidad, coste.....

Baterías primarias y secundarias

Battery chemistry	Type	Voltage/V	Theoretical specific energy/W h kg ⁻¹	Practical specific energy/W h kg ⁻¹
Zn/MnO ₂ (alkaline)	Primary	1.5	358	145
Li/I ₂	Primary	2.8	560	245
Pb/acid	Secondary	2.1	252	35
Ni/Cd	Secondary	1.3	244	35
Ni/MH	Secondary	1.3	240	75
Na/S	Secondary	2.1	792	170
Na/NiCl ₂ (ZEBRA)	Secondary	2.6	787	115
lithium-ion	Secondary	4.1	410	150

M. Rosa Palacín. *Chem. Soc. Rev.* **38** (2009) 2565

Baterías: Aplicaciones y Energía demandada

- Relojes y pequeños dispositivos: 0.1 – 0.5 Wh
- Teléfonos móviles: 2 – 4 Wh
- Ordenadores portátiles: 30 – 100 Wh
- Automóviles eléctricos: 5 – 10 KWh
- Autobuses: > 100 Kwh
- Centrales urbanas: MWh

Baterías recargables



- Densidad de energía *elevada*.
- Ligeras y de tamaño *reducido*.
- Impacto medioambiental *bajo*.



Ciclo: Los avances de la Química y su impacto en la Sociedad. 25 nov.



Baterías recargables: tipos

- **Acumulador de Plomo:**



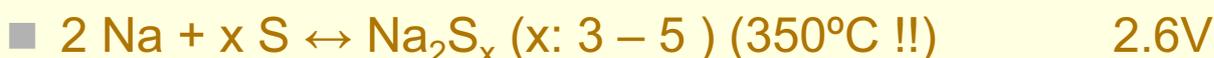
- **Níquel/ Cadmio:**



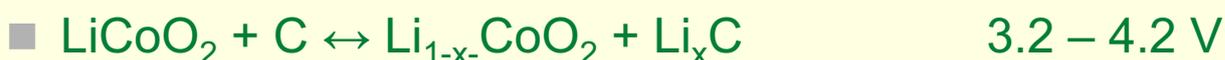
- **Níquel / MH**



- **Sodio/Azufre**

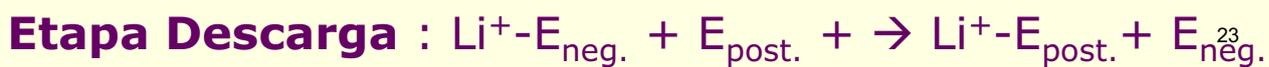
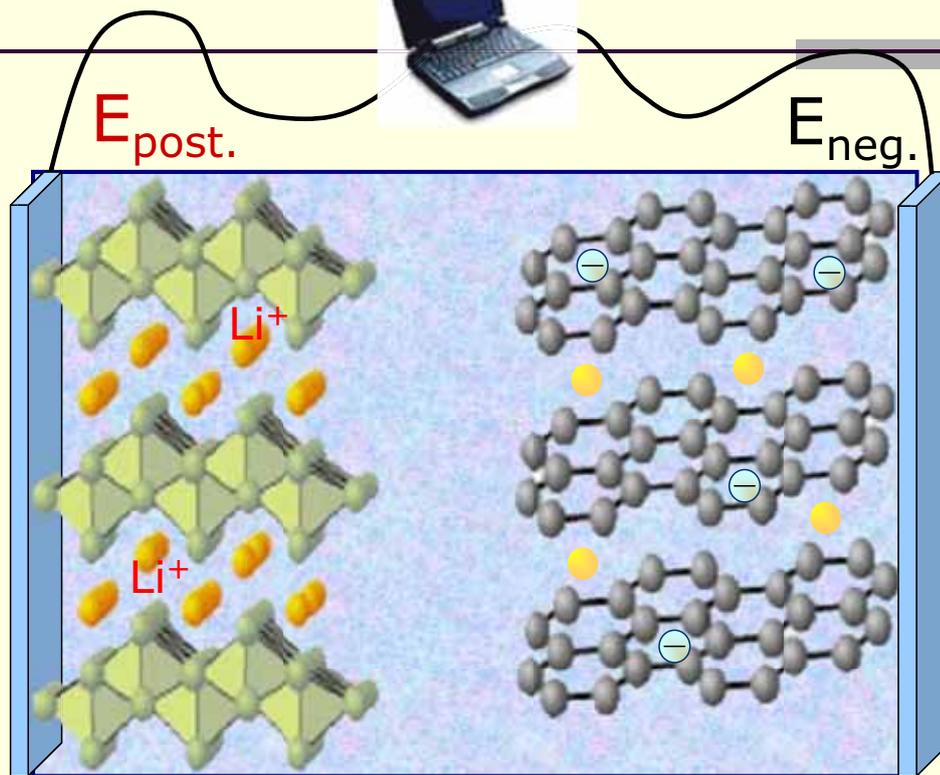


- **Ión Litio:**



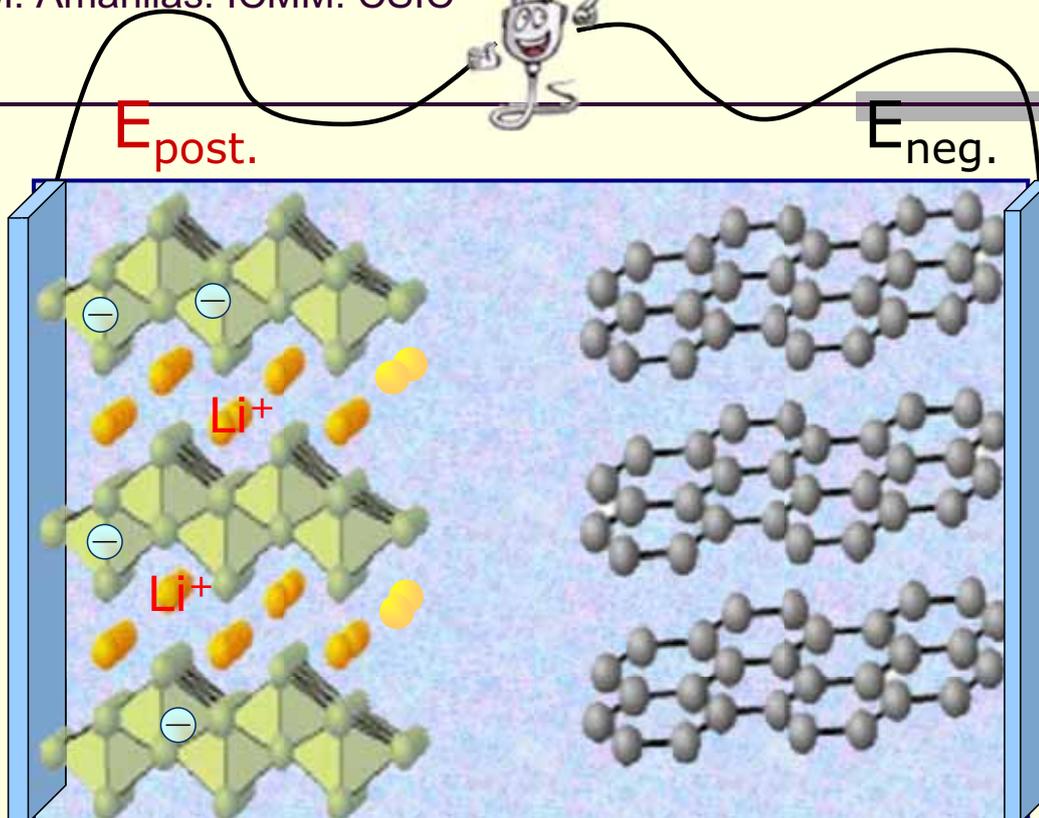
¿Cómo Funciona una Batería recargable?

J. M. Amarillas. ICMM. CSIC



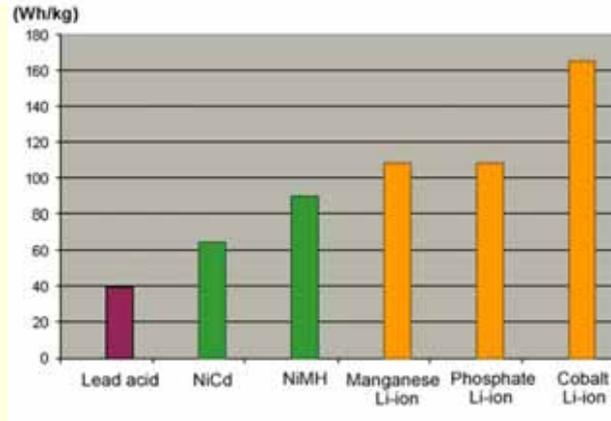
¿Cómo Funciona una Batería recargable?

J. M. Amarillas. ICMM. CSIC



Baterías recargables: comparación

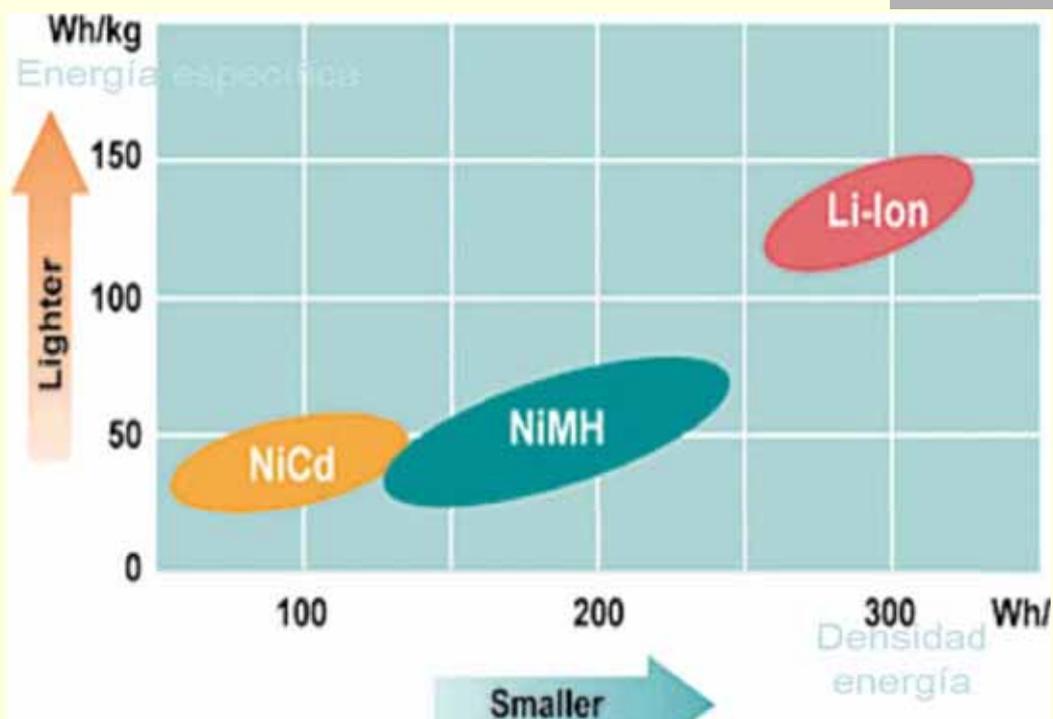
Tipo	Energía/ peso	Tensión por elemento (V)	Duración (número de recargas)	Tiempo de carga	Auto-descarga por mes (% del total)
Plomo	30-50 Wh/kg	2 V	1000	8-16h	5 %
Ni-Cd	48-80 Wh/kg	1,25 V	500	10-14h *	30%
Ni-Mh	60-120 Wh/kg	1,25 V	1000	2h-4h *	20 %
Li-ion	110-160 Wh/kg	3,16 V	4000	2h-4h	25 %
Li-Po	100-130 Wh/kg	3,7 V	5000	1h-1,5h	10%



Ciclo: Los avances de la Química y su impacto en la Sociedad. Emilio Morán. 25 nov. 2010

25

Comparación de baterías recargables



Ciclo: Los avances de la Química y su impacto en la Sociedad. Emilio Morán. 25 nov. 2010

26

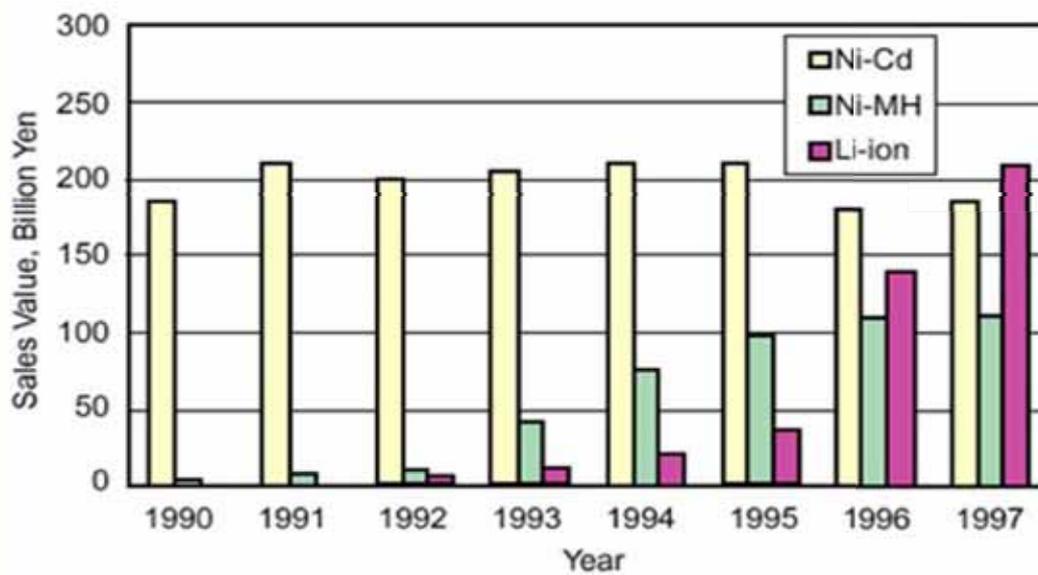


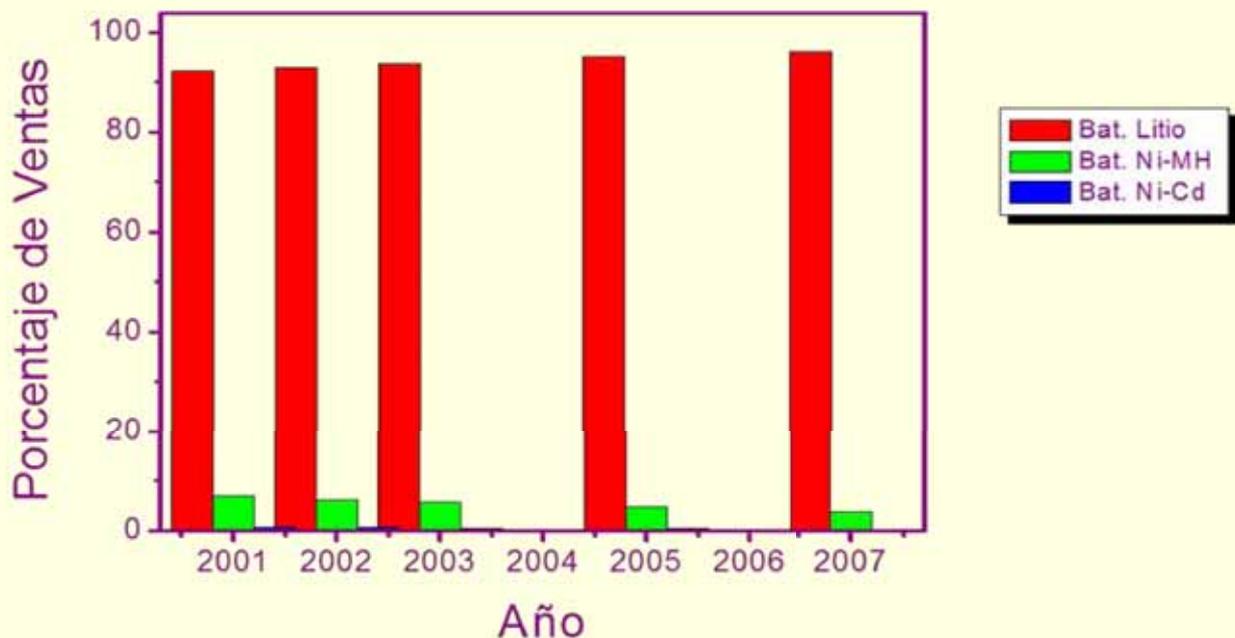
FIG. 1. Growth of the small rechargeable cell market segment. H. Takeshita, Proceedings of Power '98, Giga Information Group and Arthur D. Little, Santa Clara CA, October 4-6, 1998.

Mercado mundial de baterías en el año 2001 : 24.9 billones de dólares

Ciclo: Los avances de la Química y su impacto en la Sociedad. Emilio Morán. 25 nov. 2010

27

Las baterías de litio dominan el mercado en el campo de las 3 Cs: Cell phones, Computers, Cameras



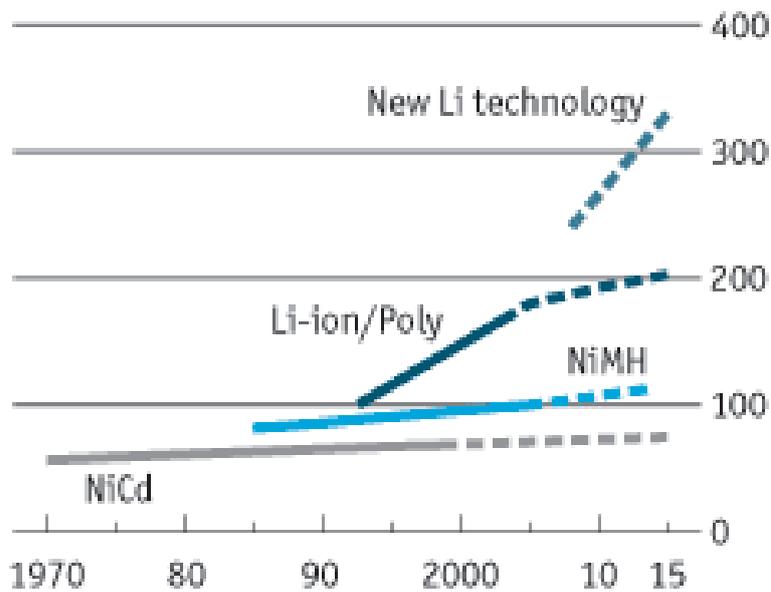
Ciclo: Los avances de la Química y su impacto en la Sociedad. Emilio Morán. 25 nov. 2010

28

Super store

Rechargeable-battery capacity

World trends, Wh/kg



Source: Avicenne

NB: Dashed lines denote forecast data

Baterías de litio: Ventajas

- Li muy ligero (P.A = 6,94) , por tanto **más ligeras**.
- Muy alta capacidad
- Li muy reductor ($E^\circ \text{Li}^+/\text{Li} = 3 \text{ V}$). Altos voltajes por celda ($\sim 4 \text{ V}$)
- Alta densidad de energía, por tanto **más pequeñas**.
- Alta ciclabilidad (>1000 ciclos; aprox. 3 años)
- Amplio rango de temperaturas (de -20 a $60 \text{ }^\circ\text{C}$)
- Ausencia de «efecto memoria»
- Baja autodescarga
- Menos contaminantes (ausencia de metales pesados aunque muchas contienen Co)

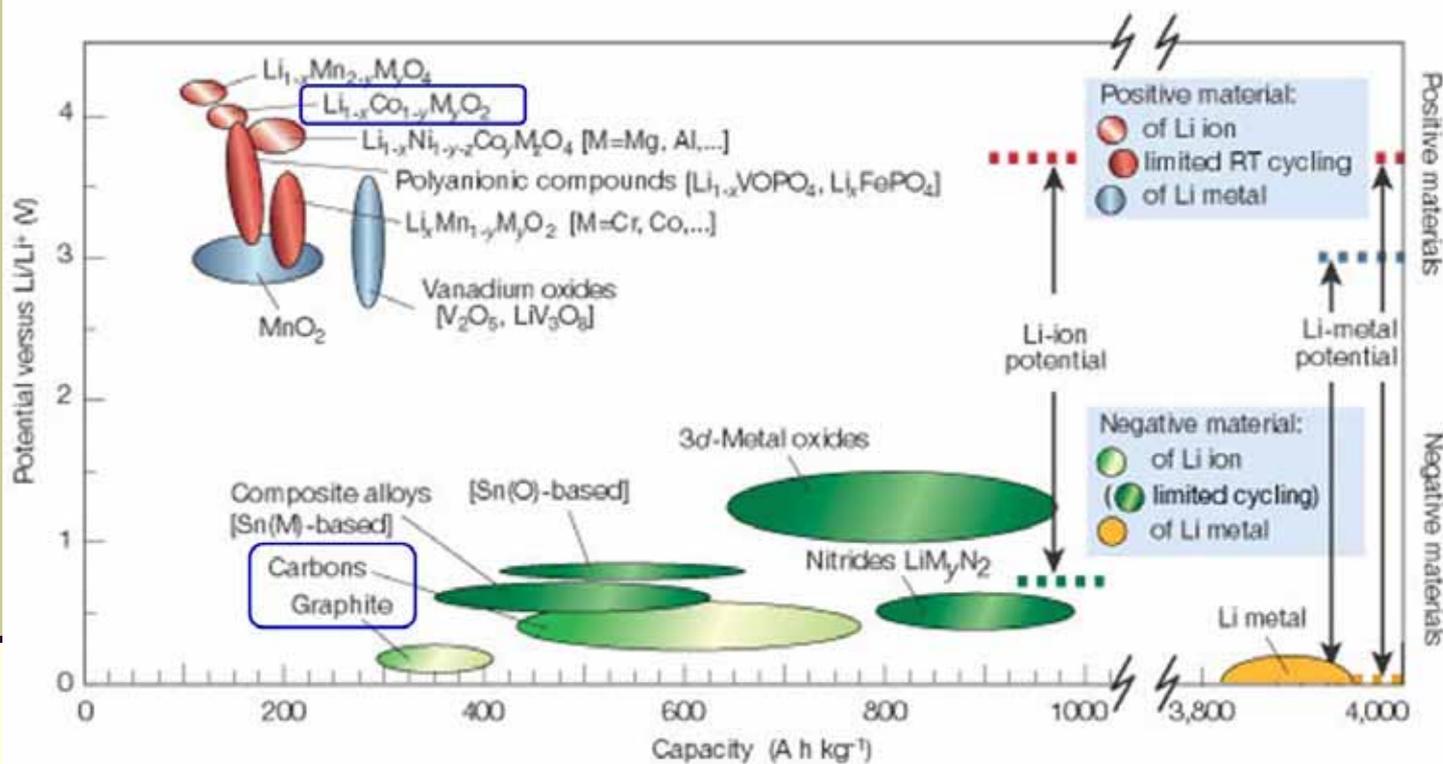
Baterías de litio: Inconvenientes

- Total ausencia de humedad.
- Riesgos de explosión.
- Reservas limitadas de Li (Bolivia, Afganistán..)
- Reservas limitadas de Co (guerras del Coltán...)
- Dificultad en cambios a nivel industrial
- Costes / precio.
- etc

Baterías de litio: áreas de investigación

- NUEVOS **ELECTRODOS (+)cátodo y**
(-) ánodo
- NUEVOS **ELECTROLITOS**
- OPTIMIZACIÓN DE **PROCESADO**
- NUEVOS **DISEÑOS**
- NUEVAS APLICACIONES

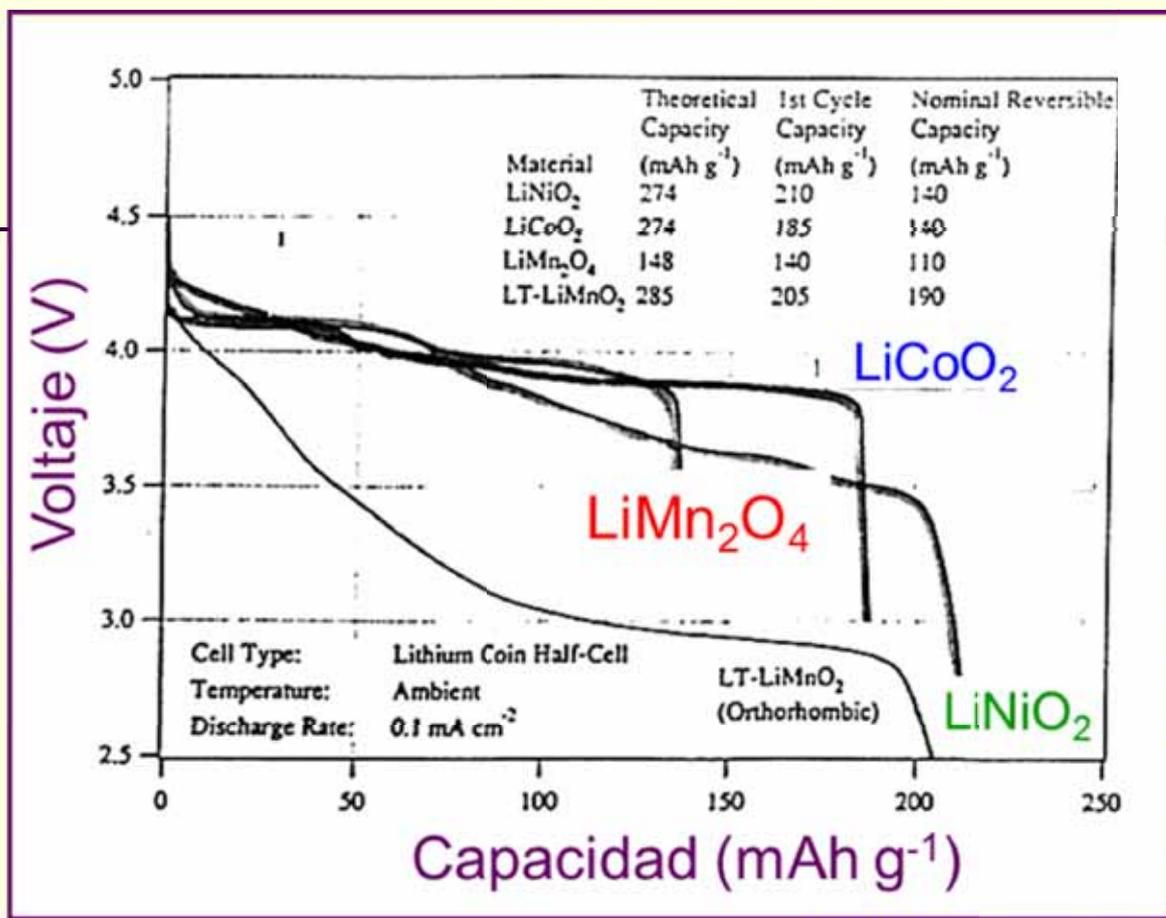
Nuevos materiales como electrodos en baterías de litio.



J.-M. Tarascon, M. Armand, *Nature*, 414, 363 (2001)

Ciclo: Los avances de la Química y su impacto en la Sociedad. Emilio Morán. 25 nov. 2010

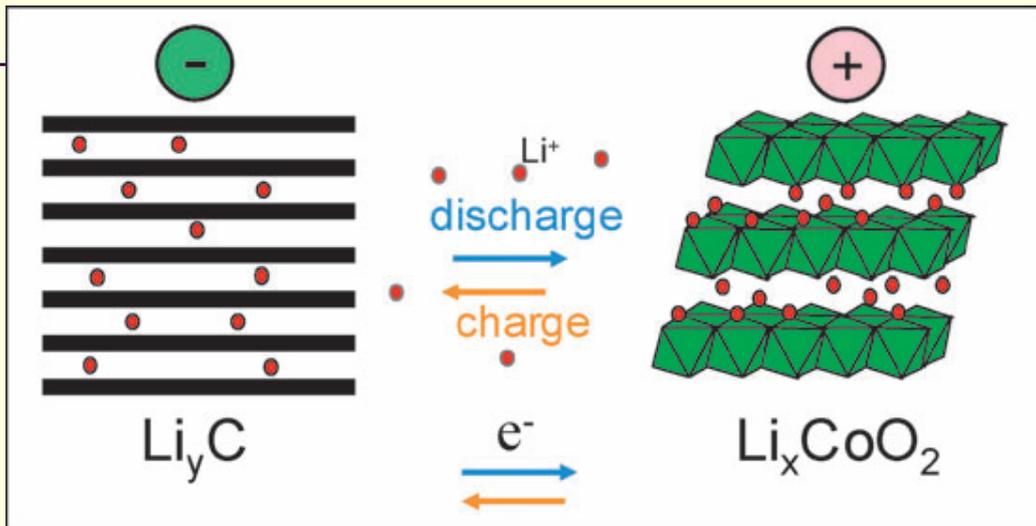
33



Cátodo óptimo: $\text{Li Ni}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{O}_2$: 200 mAh g⁻¹

34

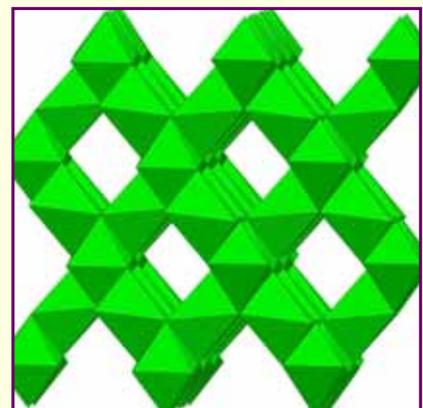
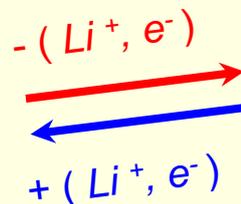
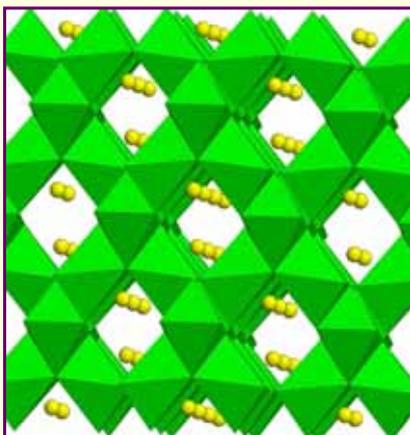
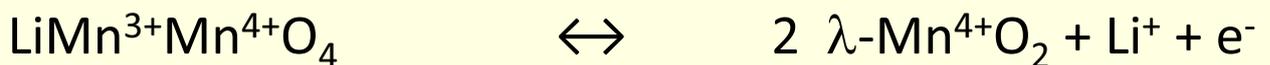
Materiales catódicos (inserción): LiCoO_2 (J. Goodenough, 1990)



- + Alto potencial redox. $E_{\text{medio}} = 3.9 \text{ V}$
- + Elevada capacidad reversible. $Q = 142 \text{ AhKg}^{-1}$
- + Elevada ciclabilidad. (> 1000 ciclos)
- + Alto coeficiente de difusión. $D = 10^{-7} - 10^{-8} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$

Pero:
 •Elevado coste
 •Toxicidad

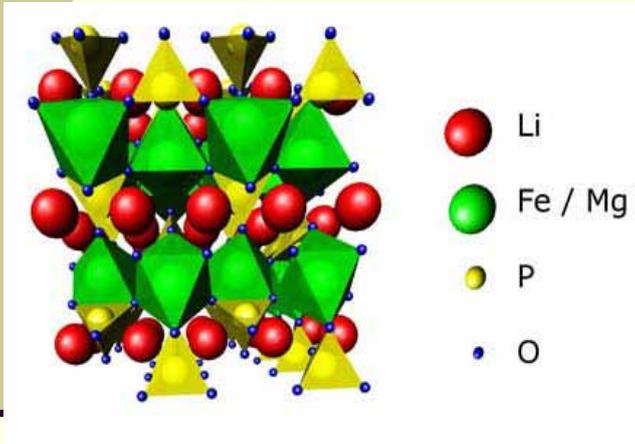
Materiales catódicos alternativos a LiCoO_2 : espinelas de Li/Mn



Síntesis sencilla, Alto voltaje (4 V); Capacidad moderadamente alta (120 mAhg^{-1}), bajo costo, bajo impacto medioambiental,.... Pero:
Pérdida progresiva de capacidad al ciclar o con elevadas intensidades (ENVEJECIMIENTO)

Materiales catódicos alternativos a LiCoO_2 : fosfatos de Fe y Li

J. Goodenough. 1997



Estructura tipo olivino



- Baja conductividad electrónica (resuelta recubriendo con C)
- Alta capacidad: 160 mAh
- Alto voltaje : 3.4 V
- Heterogeneidad de reacciones
- Alta seguridad
- Nula toxicidad
- Bajo coste
- Ha propiciado la búsqueda de otros materiales: eg. LiFeSiO_4

Comparación entre baterías recargables

Fuente: web de M2Power (Amsterdam) 2009

	LiFePO4	LiMn2O4	LiCoO2	PbA (Lead acid)
ENERGY STORAGE	Good	Good	Very Good	Bad
CYCLELIFE	1500	300-800	300-500	200-300
TOTAL COST OF OWNERSHIP	Very Good	Acceptable	Acceptable	Acceptable
SAFETY	Good	Unsafe during high discharge	Unsafe during high discharge	Good
SIZE	Acceptable	Good	Very Good	Bad
WEIGHT	Good	Good	Very Good	Bad
OPERATING TEMPERATURE	Good -45°C to 70°C	Bad > 50°C	Bad < -20°C ad > 50°C Good	Bad under 0°C

Baterías de Litio: Materiales Anódicos (-)

- Litio (10 kWhkg^{-1} , pero problemas de seguridad...)
- Grafito
- Materiales carbonosos
- Óxidos mixtos de Litio: i.e. $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ (espinela), baterías «rocking chair»

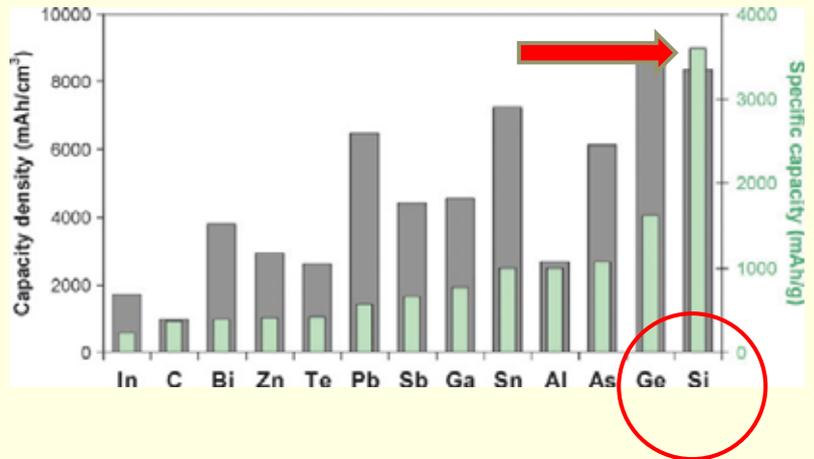
Baterías de Litio: Electrolitos

- LiClO_4 disuelto en carbonatos de alquilo
- LiPF_6 disuelto en disolv. orgánicos
- Electrolitos poliméricos
- Electrolitos sólidos: ej. $\text{La}_{2/3-x}\text{Li}_{3x}\text{TiO}_3$ (perovskita)
 $\text{Li}_{1+x}\text{M}_{2-x}\text{A}_x(\text{PO}_4)_3$ (M: Ge, Ti, Zr) (A= Sc, Al)
 $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ (granate)

Requisitos: alta conductividad ($>10^{-3} \text{ S cm}^{-1}$)
alta estabilidad (térmica y redox)
baja viscosidad

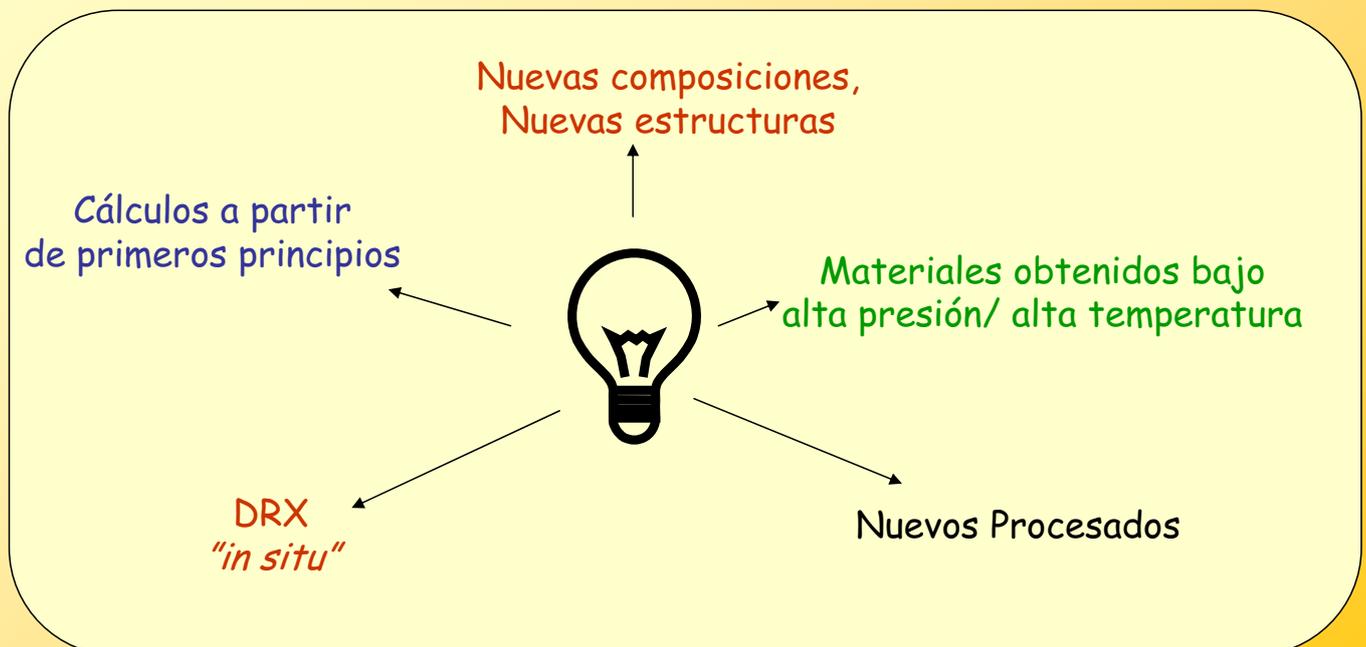
Baterías recargables: no convencionales

- De aleación
- De flujo redox
- Con otros metales (Na^+ , Mg^{2+} ...)



Nuevas estrategias para la obtención de materiales para baterías de litio

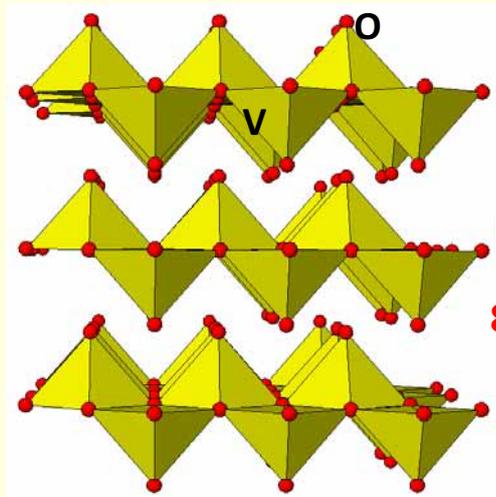
UCM – USP (CEU)



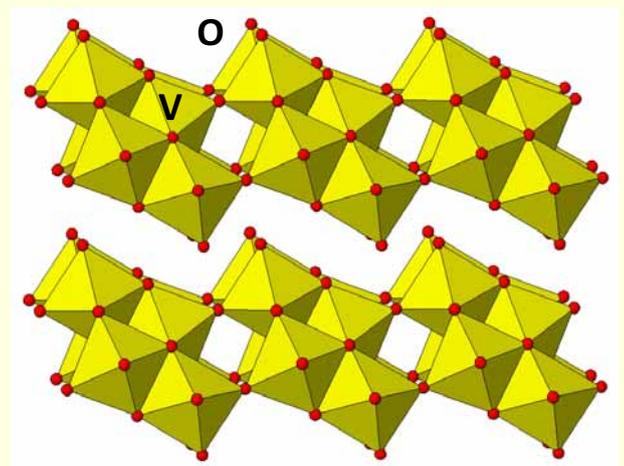


Ambient pressure

High pressure



6 GPa
800°C/90 min

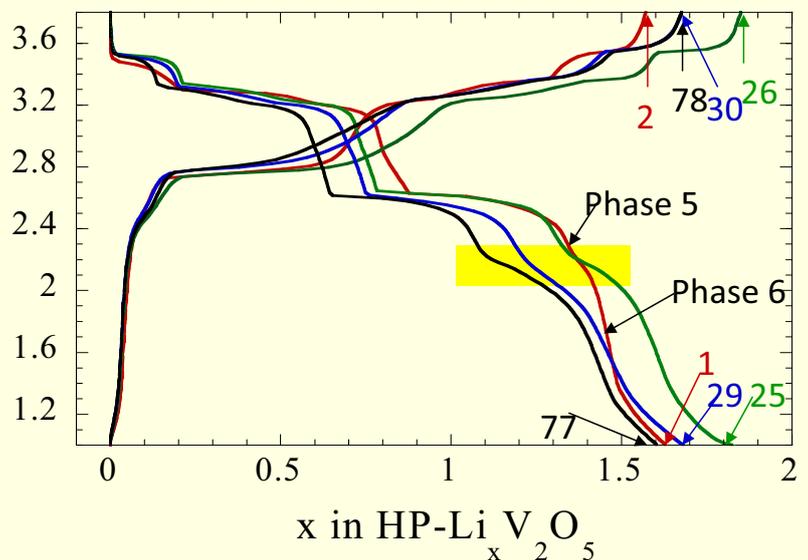
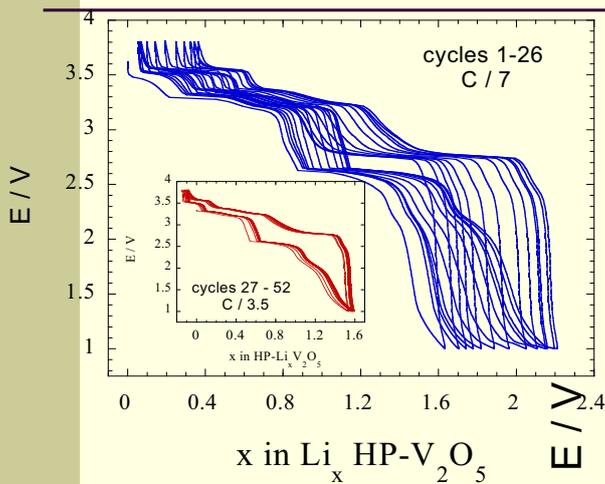


double layers of composition V₄O₁₀

Well-known electrode material

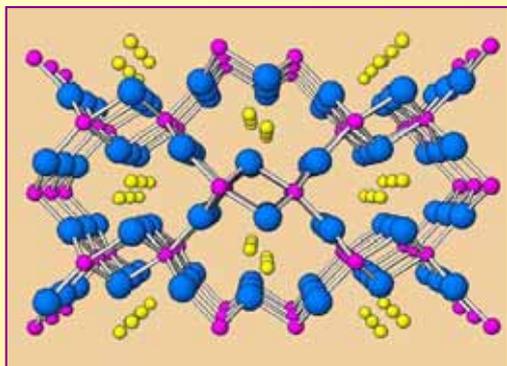
Electrochemical response vs. Li?

1) Towards innovative electrode materials obtained by high-pressure: Experimental and computational study of HP-V₂O₅
E. Arroyo et al. Electrochemical Communications 2007

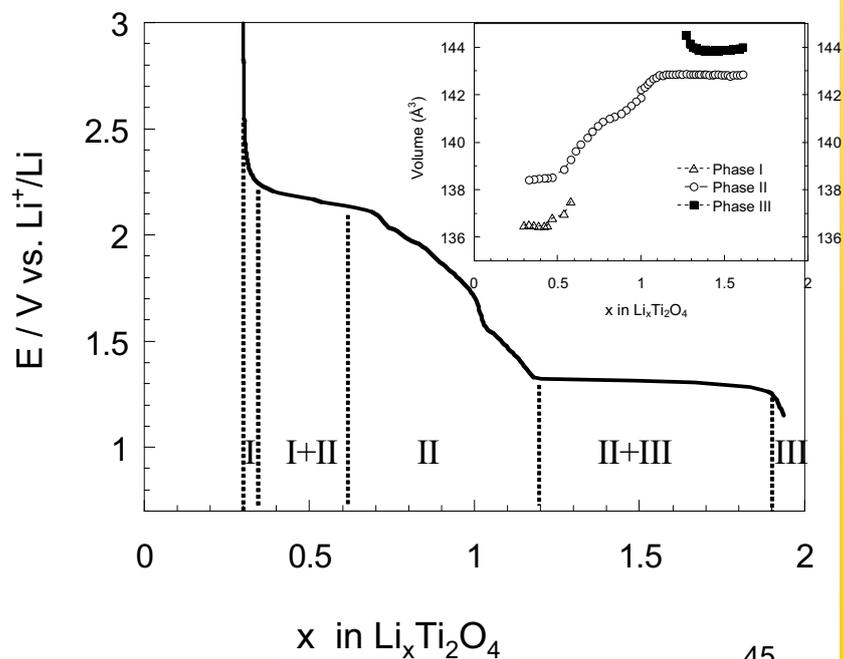


2) Structural evolution of ramsdellite-type $\text{Li}_x\text{Ti}_2\text{O}_4$ upon electrochemical lithium insertion-deinsertion ($0 \leq x \leq 1$). *J. of Power Sources* 2007

Structural evolution during topotactical electrochemical lithium insertion and deinsertion reactions in ramsdellite-like $\text{Li}_x\text{Ti}_2\text{O}_4$ has been followed by means of *in situ* X-ray diffraction techniques (**conventional XRD and SYNCHROTRON**)



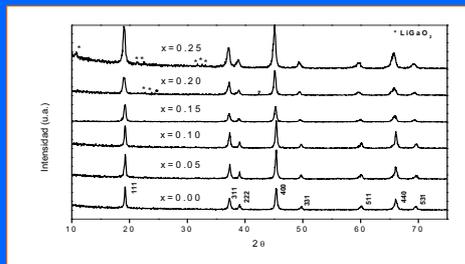
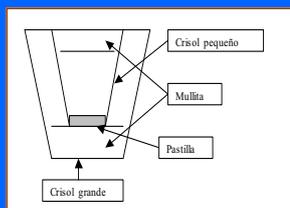
The small changes in cell parameters well reflect the remarkable flexibility of the ramsdellite framework against lithiation and delithiation reactions.



Síntesis en minutos de LiCoO_2 MICROONDAS



1. Homogeneización intensa con acetona.
2. Prensado en pastillas de 0.3 gramos y 12mm de diámetro.



3. Radiación de microondas con potencia 350-650W y tiempo 5-20 minutos.

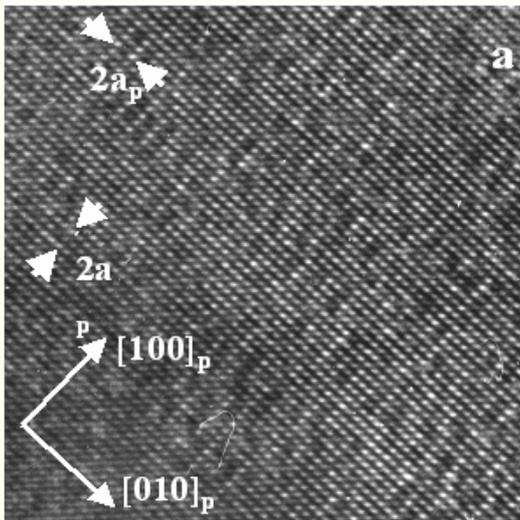
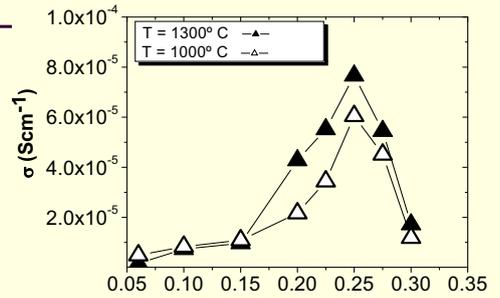
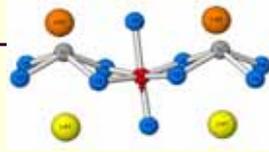
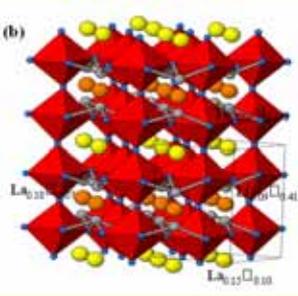
Elena C. Gonzalo

E. Gonzalo et al. *Mat. Chem. Phys.* 2010

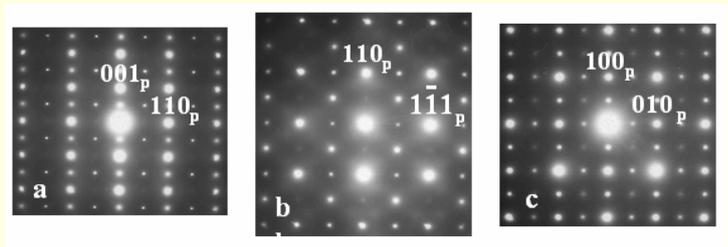
MATERIALES PARA COMPONENTES DE BATERÍAS RECARGABLES DE LITIO

Susana García Martín y Miguel Á. Alario Franco

Óxidos tipo LaLiTiO: estructura y microestructura cristalinas; propiedades eléctricas



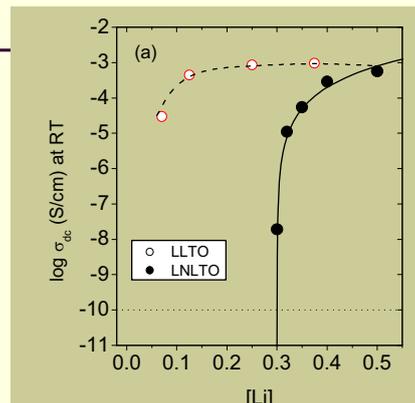
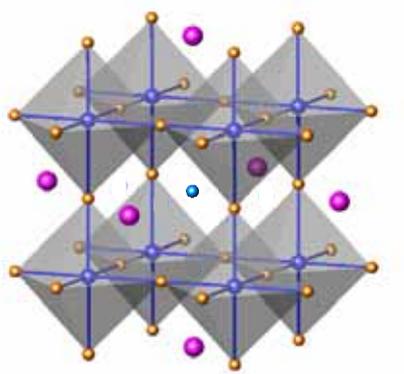
Conductividad a 300 K en función de la composición y de la temperatura de congelación de la muestra



Ref: A-1-1

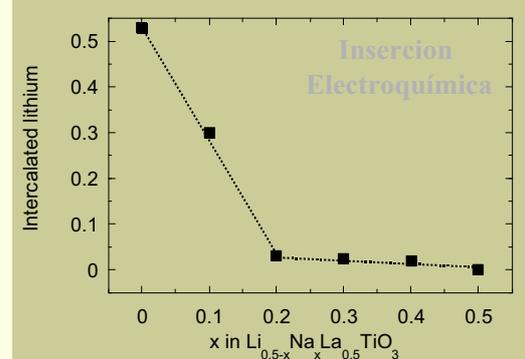
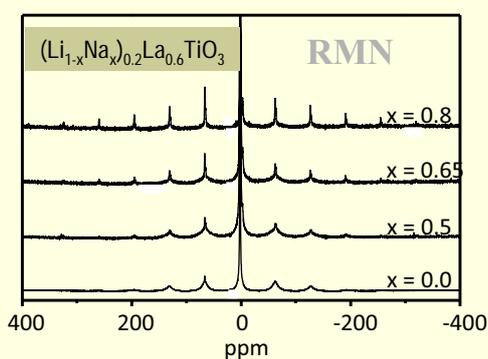
(Li_{1-x}Na_x)_{0.2}La_{0.6}TiO₃ (Jesús Sanz et al)

Conductores Iónicos de Litio

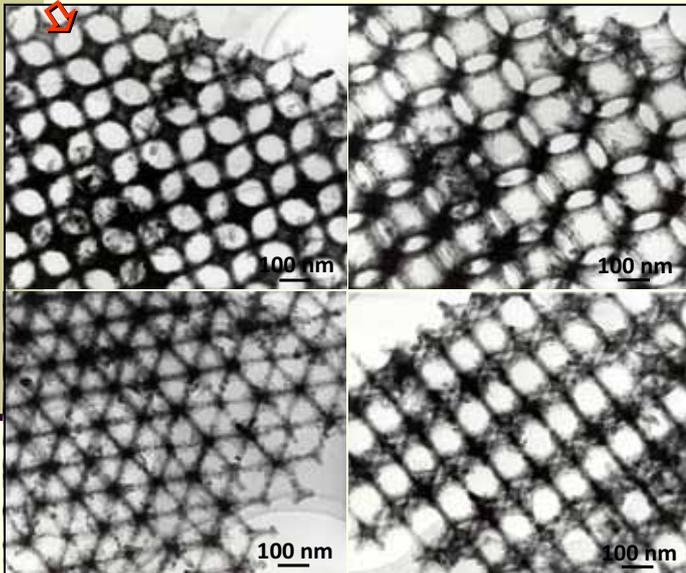


Los caminos de difusión del Li bloqueados por el Na.

La sustitución de Li por Na reduce drásticamente las propiedades de transporte (Na > 0.2).



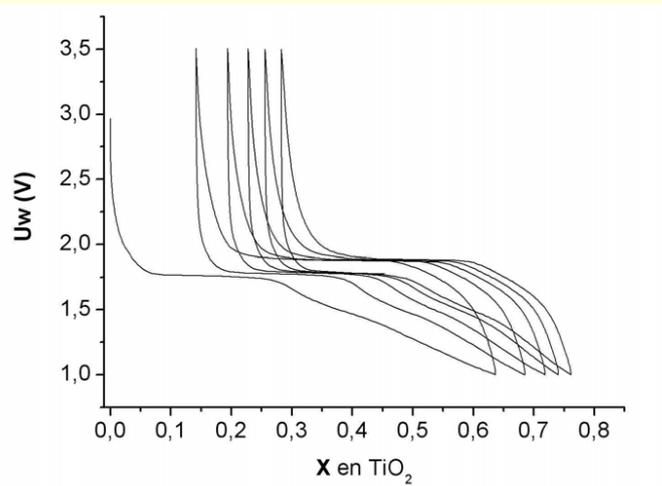
Moldeado por réplica TiO₂ Macroporoso



25 °C

50 μA cm⁻²

Electrolito comercial LP30

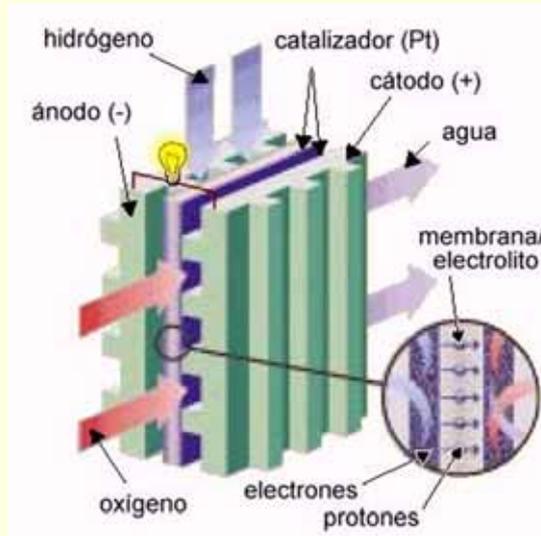


3. Pilas de combustible

- Concepto
- Historia
- Tipos
- Pilas de óxido sólido (SOFC)
- Programa Materyener/CAM

Pilas de combustible

Dispositivos capaces de convertir eficientemente en energía eléctrica la energía asociada a un proceso de combustión (sin pérdidas térmicas). Son un tipo de batería primaria. Combustible ideal : Hidrógeno.

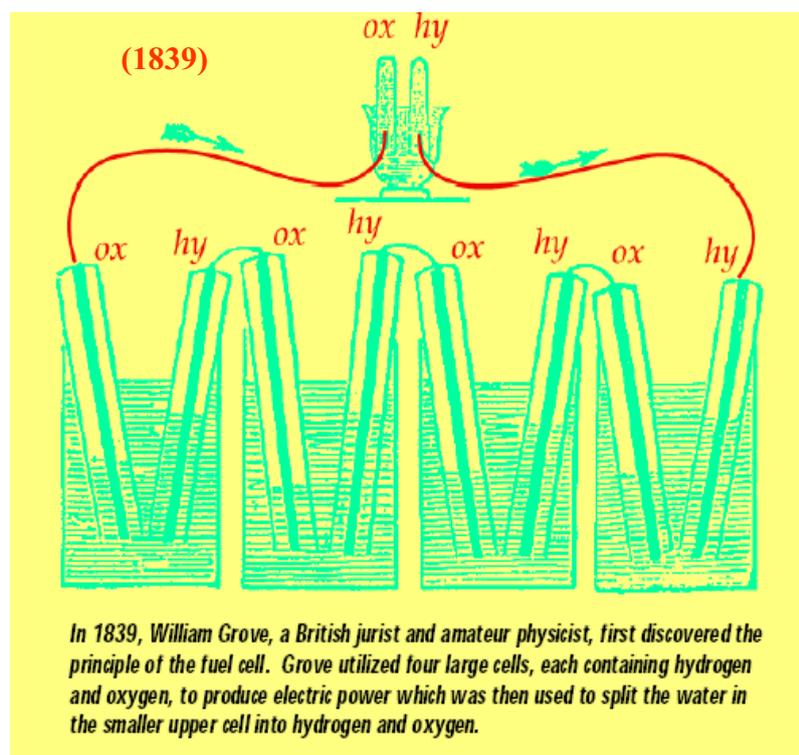


Ciclo: Los avances de la Química y su impacto en la Sociedad. Emilio Morán. 25 nov. 2010

51

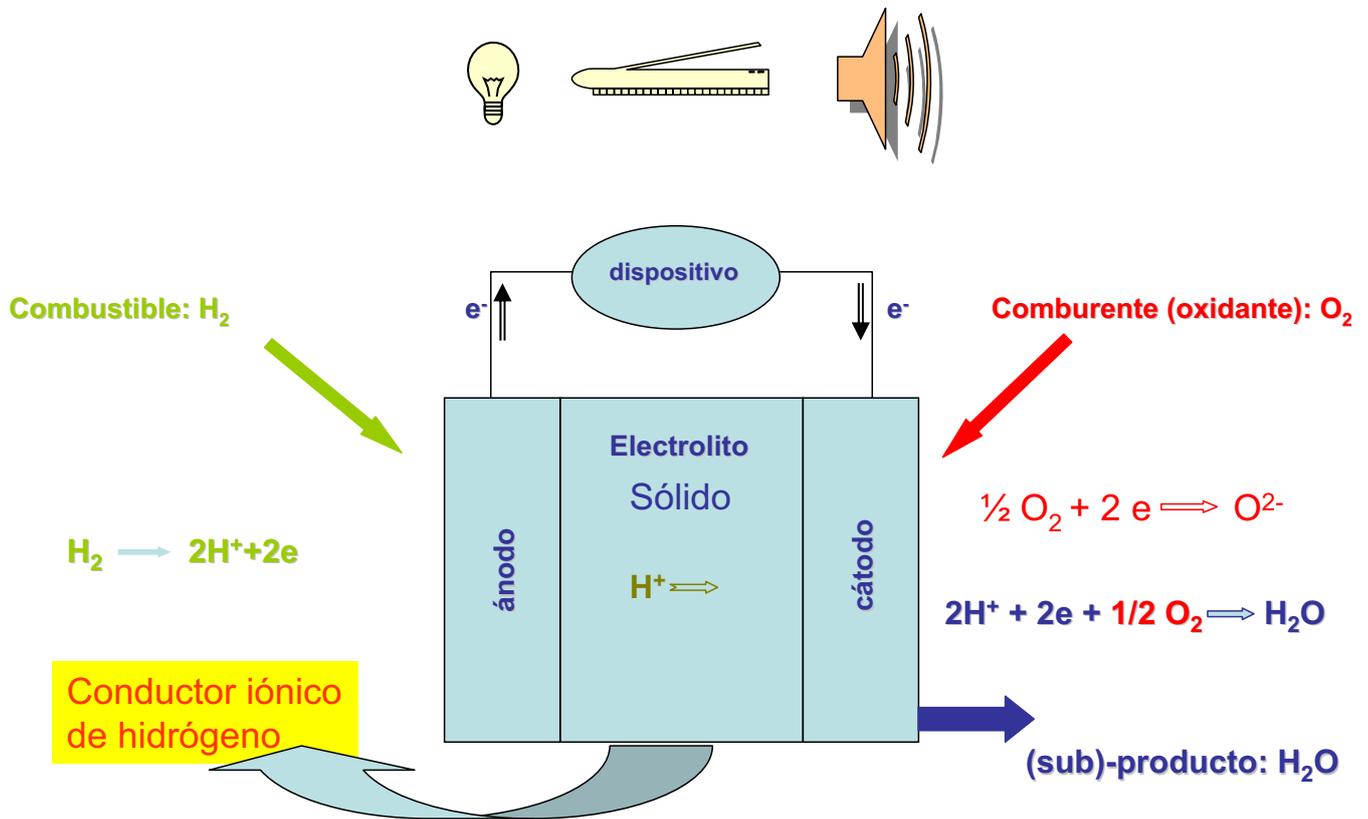


Sir Willam Robert Grove (1811-1896)



Ciclo: Los avances de la Química y su impacto en la Sociedad Emilio Morán 25 nov

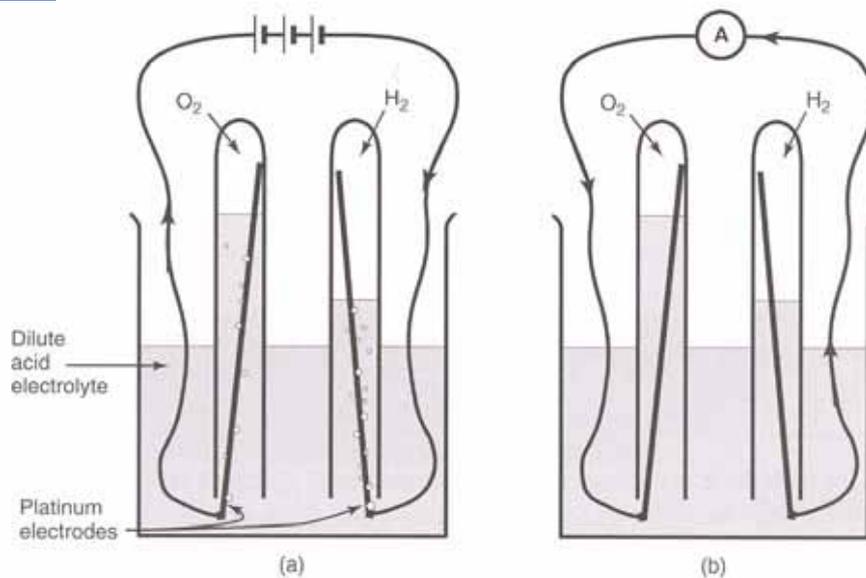
52



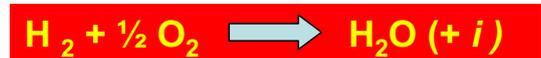
Esquema de una pila de combustible de hidrógeno

ELECTROLISIS del H_2O

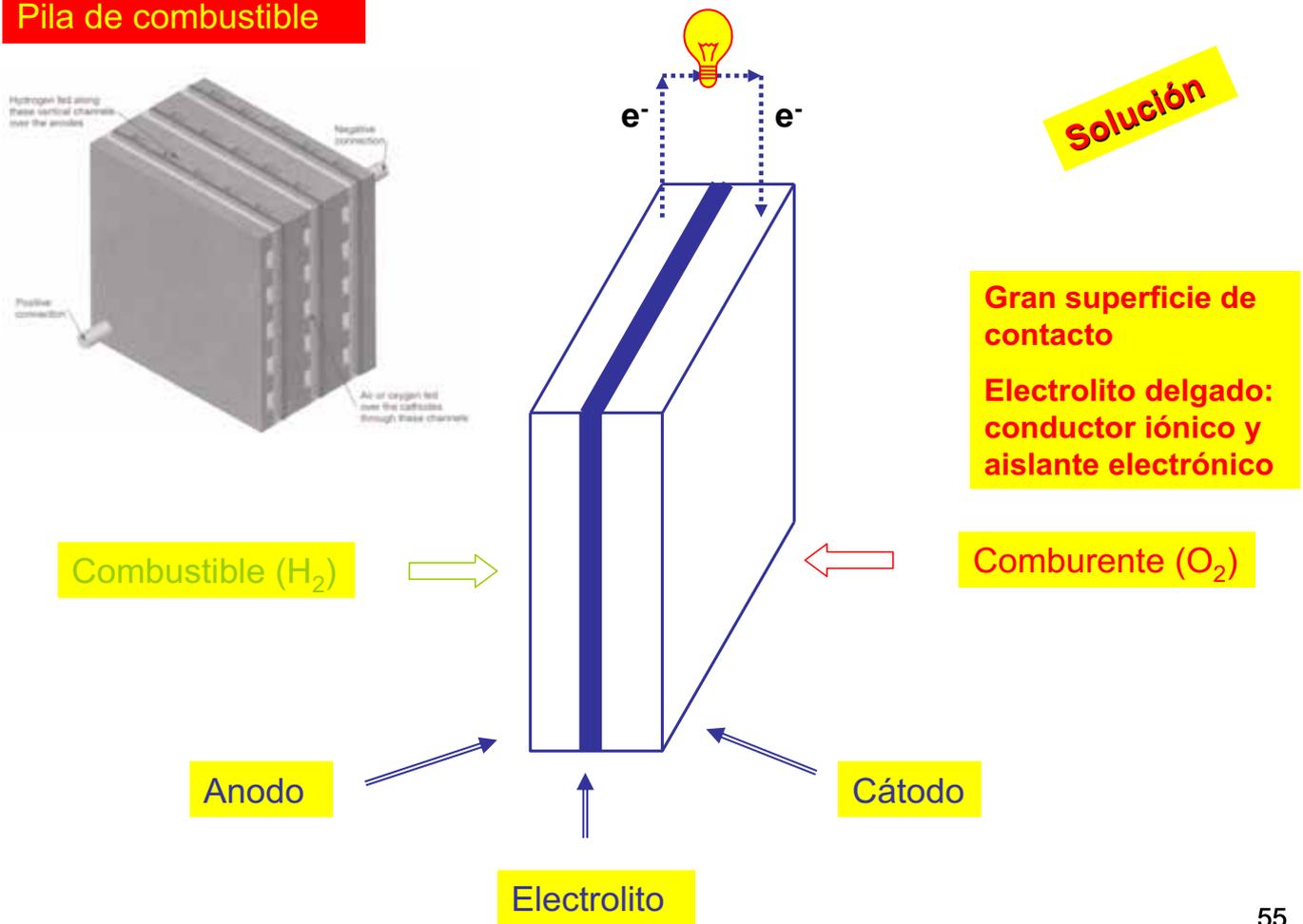
Pila de combustible



Note that the arrows represent the flow of negative electrons from - to +.

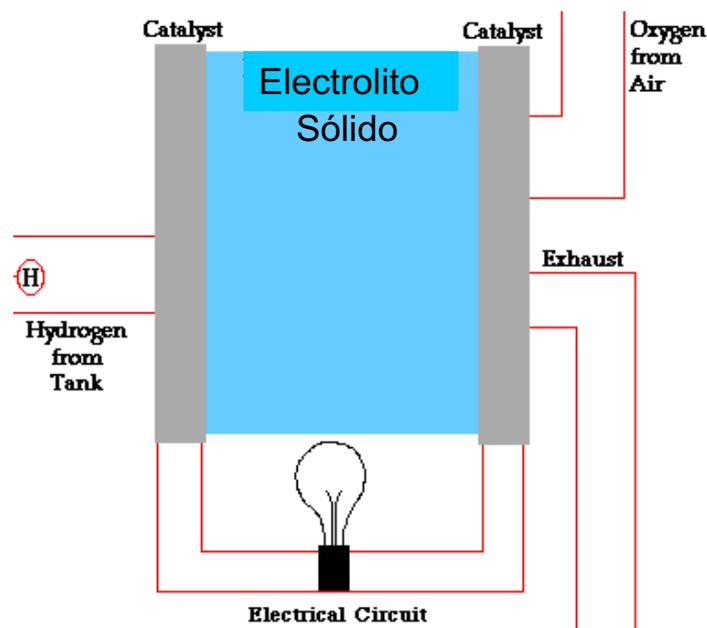


Pila de combustible



55

Pila de combustible: ¿Cómo funciona?

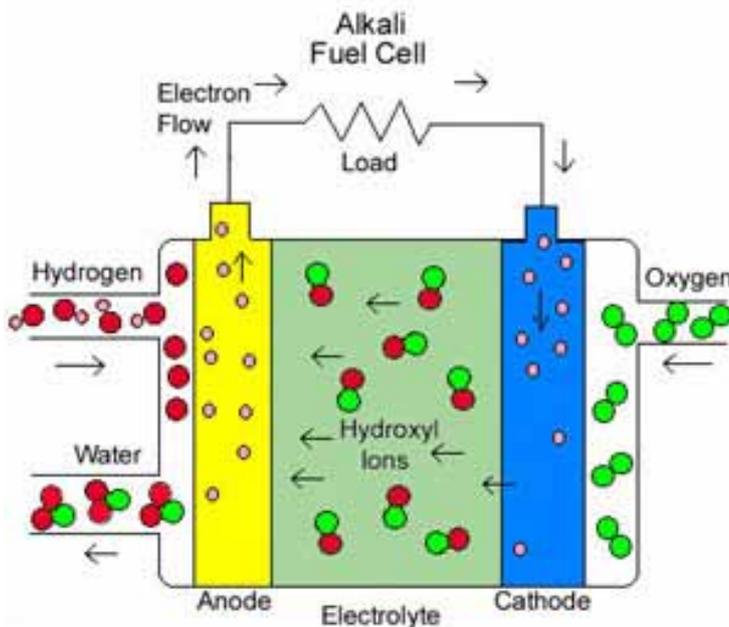


56

Tipos de pilas de combustible

Tipo	Ión Móvil	Temperatura de operación	Comentarios
Alcalina (AFC)	OH^-	50-200 °C	Vehículos espaciales: Apolo, Lanzadera,...
Membrana de intercambio protónico (PEMFC)	H^+	30-100	Vehículos y aplicaciones móviles
Metanol Directo (DMFC)	H^+	20-90	Sistemas portátiles de baja potencia: ordenadores, teléfonos (larga duración)
Ácido Fosfórico (PAFC)	H^+	≈220	Existen muchos de hasta 200 kW en funcionamiento
Carbonato fundido	CO_3^{2-}	≈ 650	Adecuados para centrales de ciclo combinado (CHP: <i>combined heat and power</i>) de tamaño medio (≈ 1 MW)
Óxido sólido (SOFC)	O^{2-}	≈ 500-1000	Válido para ciclo combinado en diferentes tamaños

57



Pilas Alcalinas: AFC

Electrolito:

KOH (aq)

embebida en una matriz

Ánodo: $\text{H}_2 + 2 \text{OH}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^-$

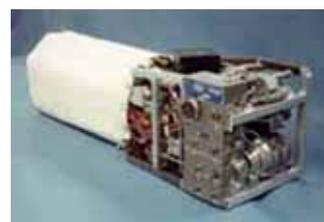
Cátodo: $\frac{1}{2} \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow 2 \text{OH}^-$

Célula: $\text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$

90-100 °C

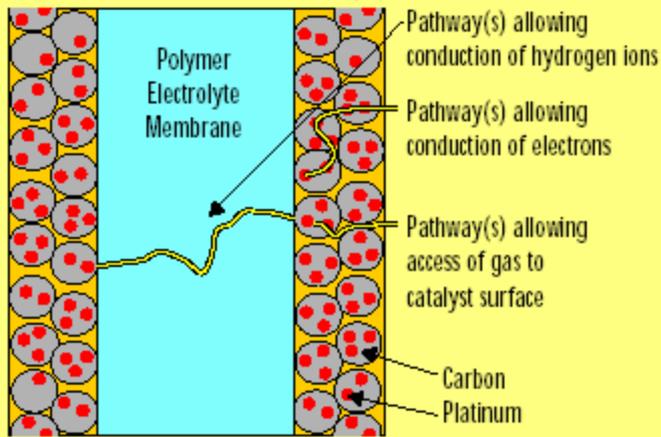
“Baratas”

Oxígeno libre de CO_2



58

Membrana Polimérica

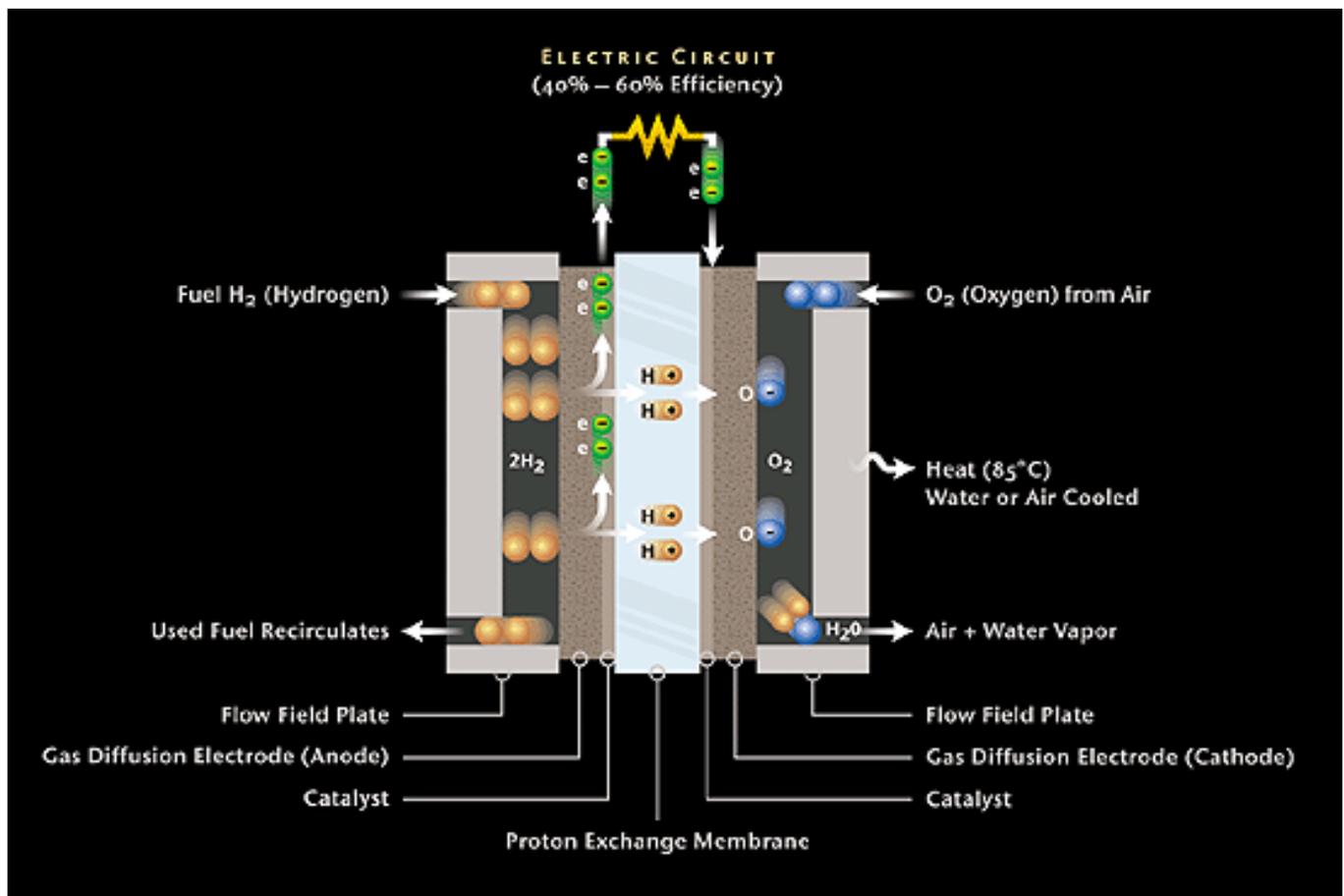


Polymer electrolyte membrane with porous electrodes that are composed of platinum particles uniformly supported on carbon particles.



**Pila de
Membrana de
intercambio
protónico**

30-100 °C





Airgen, Fuel Cell Generator, BALLARD

Recomended retail price
EUR 6,495.00
 (without tax, duty and delivery)
only available in North America



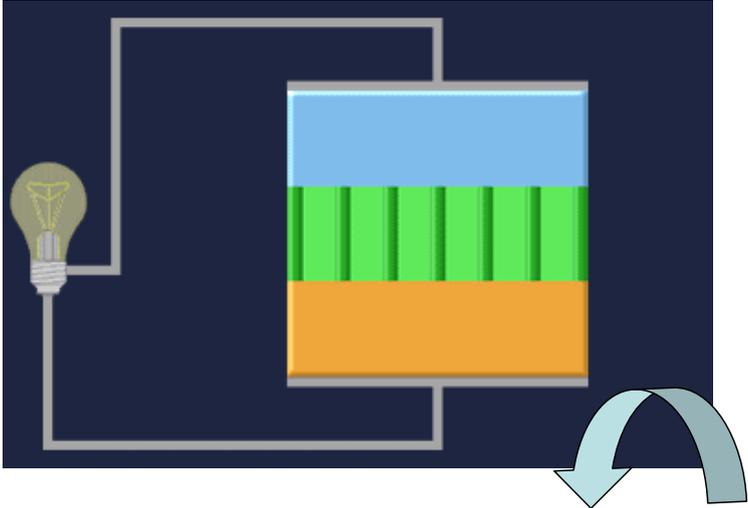
Specifications

Performance :	Power output ¹	1,000 watts, 1200 VA
	Voltage	120V AC/60Hz
	Run time ^{2,3}	K-cylinder – 15 hours Q-cylinder – 5 hours Set of 3 canisters – 5 hours
Fuel :	Type	Gaseous Hydrogen, 99.995% dry (shipped separately)
	Storage options	Compressed gas cylinders for industrial/commercial users; Three metal hydride canisters for commercial/residential users
Operating Environment :	Temperature	Operating: 5 to 32°C (41 to 88°F) Storage: -29 to 55°C (-20 to 131°F)
	Relative humidity	5 to 95%
Physical :	Receptacles	NEMA 5-15R receptacle, 2 plug locations
	Product dimensions	69 x 40 x 48 cm (27 x 16 x 19 in)
	Shipping dimensions	89 x 61 x 68 cm (35 x 24 x 27 in)
	Product weight ⁴	49kg (108 lbs)
	Shipping weight ⁴	59kg (129 lbs)
Certification :	In Canada and USA	CSA, UL
Emissions :	Noise ⁵	65 dBA
	Water ⁶	870 mL/hr (30 fluid oz/hr)

¹ Steady state, @20°C, sea level
² At 50% load (500W)
³ K and Q cylinders available only to industrial customers
⁴ Does not include the weight of internal canisters or industrial cylinders
⁵ Maximum at 1m (3.3ft)
⁶ Maximum at rated power, evaporated to atmosphere

Otros combustibles:

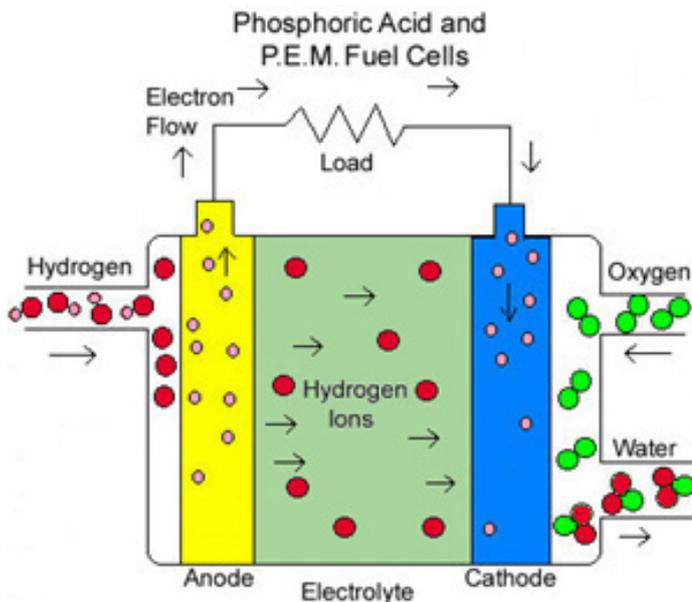
Metanol directo



Facilidad de almacenamiento del combustible
Produce CO₂



Ácido fosfórico: PAFC



Electrolito: Ácido fosfórico liq.
embebido en una matriz

175-200 °C



Calefacción y electricidad de
un bloque de apartamentos

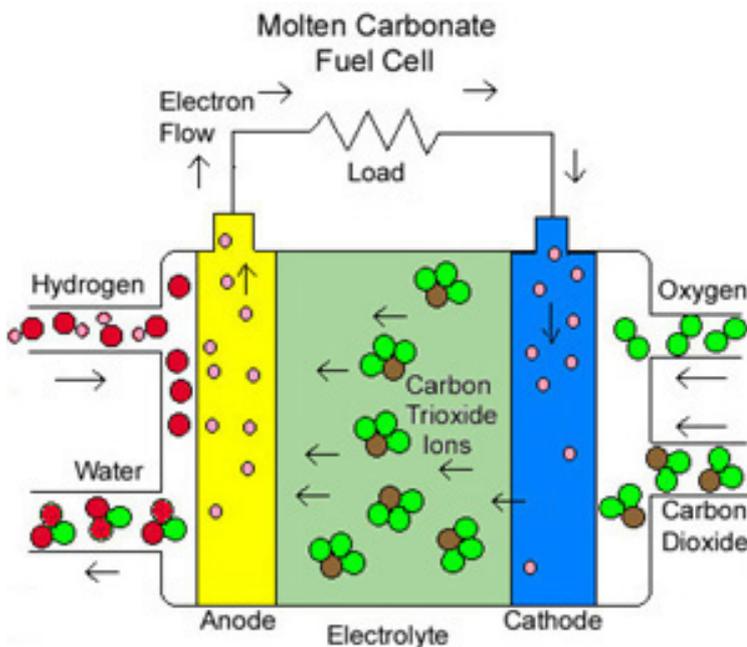
Primera comercializada; Más de 200
instaladas en el mundo

COGENERACIÓN únicamente

Hasta 200 kw de potencia eléctrica y
otros 220 kW de potencia térmica

63

Eflorescencia ácido fosfórico



Carbonato fundido: MCFC



Electrolito: Solución de carbonatos
de litio, sodio y/o potasio embebida
en una matriz

600-1000 °C

Gas "impuro": Gas natural, gas de síntesis,
biogás,...

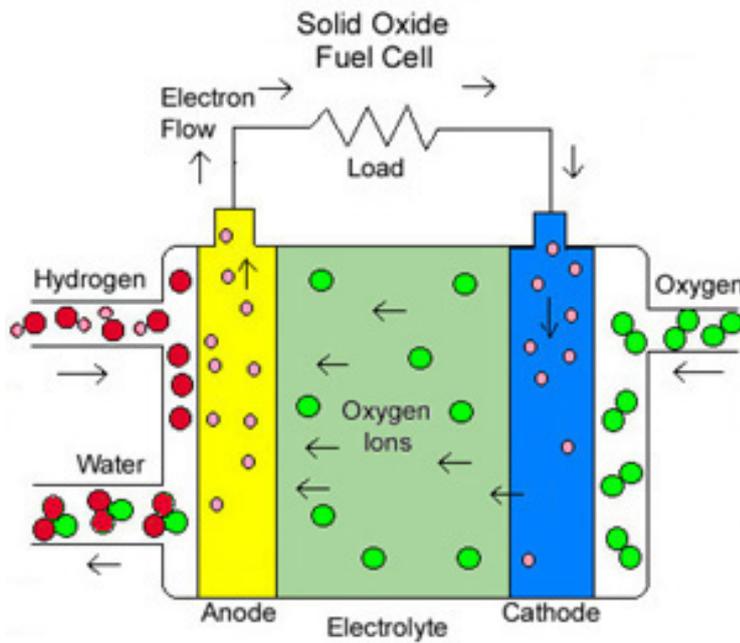
No hace falta reformado; Cogeneración

CO no es un problema: alta temperatura. No
catalizador



64

Óxido sólido: SOFC



Electrolito:

Zirconia estabilizada con Ytria

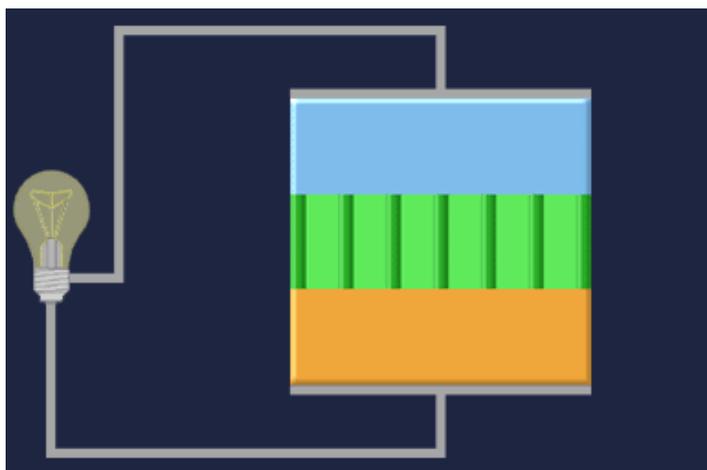
600-1000 °C

Hidrógeno y aire; electrolito barato

Alta temperatura, simplifica el reformado

“Electrodos sin platino”: LaMO_3 (M = Fe, Mn, Cr....) y derivados

65



SOFC: Óxido sólido



1 kW



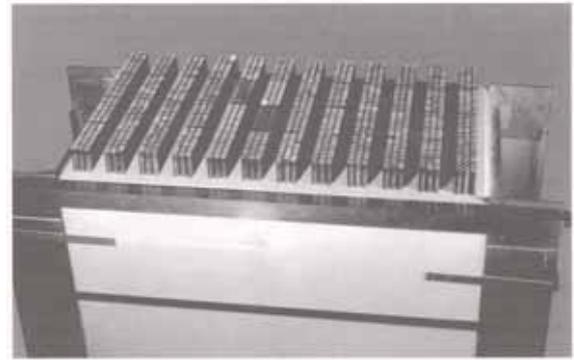
100 kW

66

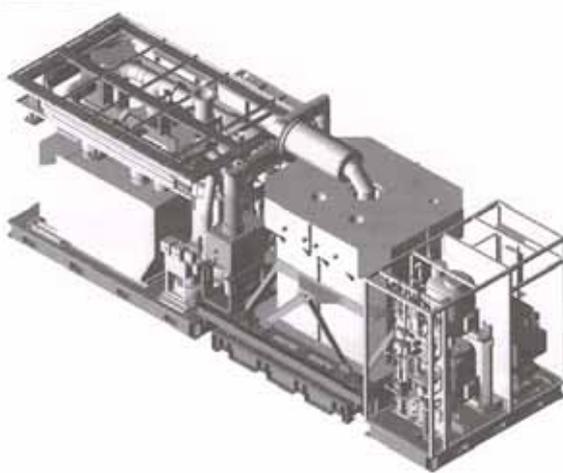


Conjunto de 24 pilas SOFC

2.2 cm x 150 cm
(Siemens Westinghouse)



Batería de SOFC: 1152 células y 200 kW



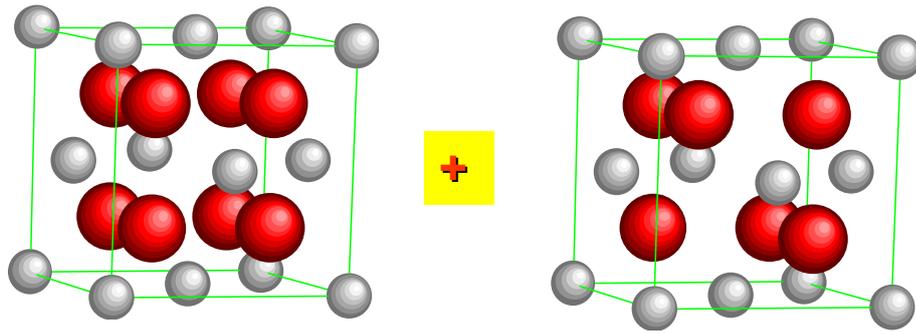
Unidad de ciclo combinado: Calor y electricidad

8.5 x 3.0 x 3.0 m³; 100 kW

Materiales empleados como componentes de pilas de combustible SOFCs

Componente	Estructura	Composición	Acrónimo
Ánodo	Fluorita	$M'-(Zr_{1-x}Y_xO_{2-\delta})$ $M' = Co, Cu, Ni, Rh, Ru$	M'-YSZ
		$M'O-(Zr_{1-x}Y_xO_{2-\delta})$ $M' = Co, Ni$	M'O-YSZ
		$M'O-(Ce_{1-x}Gd_xO_{2-\delta})$ $M' = Co, Ni$	M'O-CGO
	Perovskita	$La_{1-x}Sr_xCr_{1-y}M'_yO_{3-\delta}$ $M' = Mn, Fe, Co, Ni$	LSCM'
Cátodo	Perovskita	$Ln_{1-x}M'_xM''O_{3-\delta}$ $Ln = La, Pr, Nd, Sm$ $M' = Ca, Ba, Sr$ $M'' = Co, Mn, Fe$	LM'M''
		$M'_{1-x}Sr_xCo_{1-y}Fe_yO_{3-\delta}$ $M' = La, Ba$	M'SCF
	Ruddlesden-Popper (K_2NiF_4)	$M'_{2-x}Sr_xM''O_{4-\delta}$ $M' = Pr, Sm$ $M'' = Fe, Co$	M'SM''
	Electrolito	Fluorita	$Zr_{1-x}M'_xO_{2-\delta}$ $M' = Y, Sc, Ca$
$Ce_{1-x}M'_xO_{2-\delta}$ $M' = Gd, Sm, Y, La, Nd, Ca, Ba$			M-CGO
Perovskita		$BaM'_{1-x}M''_xO_{3-\delta}$ $M' = Zr, Ce$ $M'' = La, Nd, Y, Gd, Sm, Tb, Yb$	BM'M''
Apatita		$La_{10}(MO_4)_6O_{2-\delta}$ $M = Si, Ge$	
Cuspidina		$La_4(Ga_{2-x}Ge_xO_{7+1/2x})O_2$	

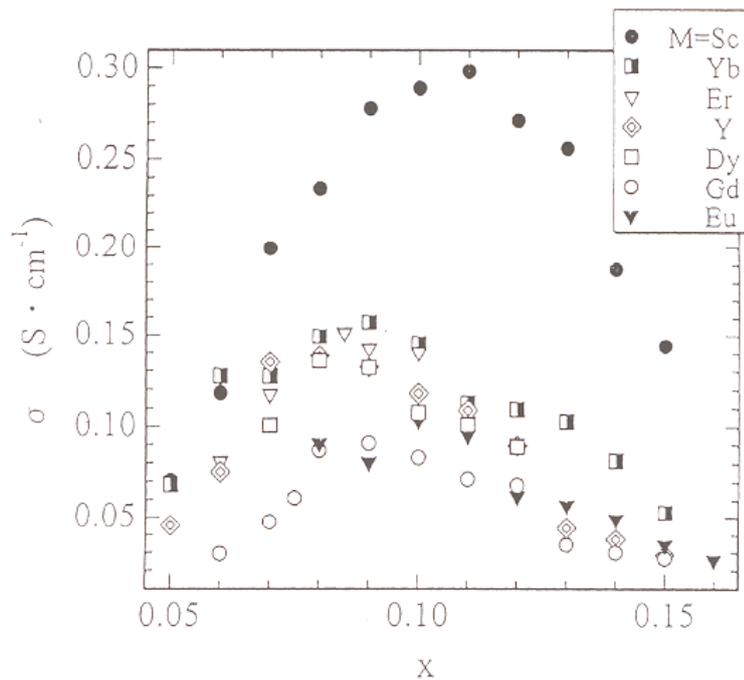
Electrolitos para SOFC



Ciclo: Los avances de la Química
y su impacto en la
Sociedad Emilin Morán 25 nov

69

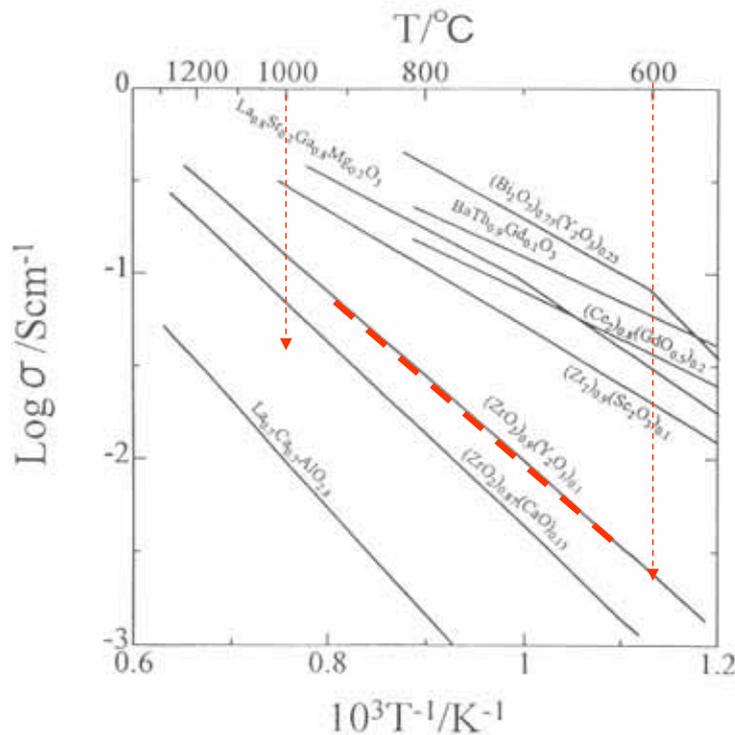
Electrolitos para SOFC



Conductividad eléctrica a 1000 °C de las circonas estabilizadas en función de la concentración de dopante

70

Electrolitos para SOFC



Conductividad eléctrica de diferentes electrolitos sólidos en función de la temperatura

71

Ref: A-2-1

Materiales para electrodos

Diseño de conductores mixtos, iónicos y electrónicos, para electrodos de pilas de combustible de óxido sólido.

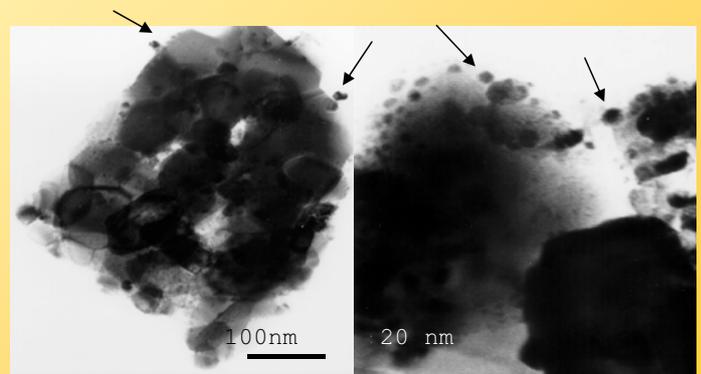
Rh/ $Zr_{1-x}Ce_xO_2$ de alta superficie S_{BET}

Impregnación de CeO_2 con sales de Rodio
Formación de partículas metálicas de Rh.

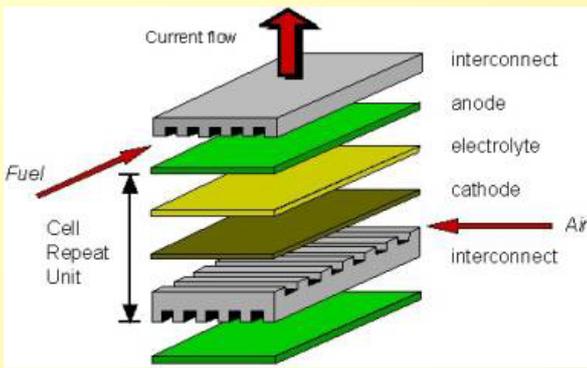
Tamaño de las partículas de CeO_2 : 1000 Å
Tamaño de las partículas de Rh: 30 Å

Objetivos:

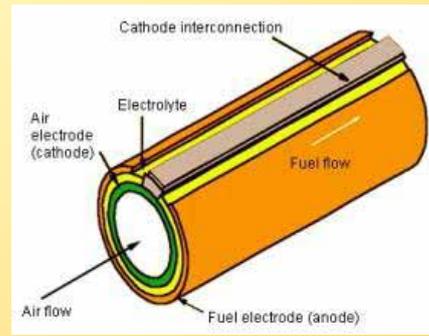
- Analizar la reducción de los óxidos (RTP, OSC).
- Adsorción de hidrógeno (técnica RMN).
- Determinar la movilidad de hidrógeno.



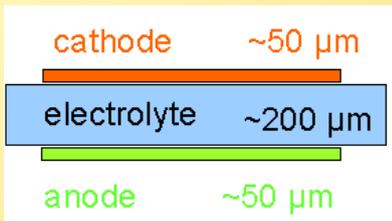
Procesado de componentes de SOFC



Configuración planar

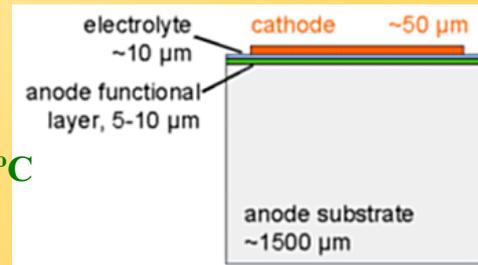


Configuración tubular



$T_{op.}: 900-1000\text{ }^{\circ}\text{C}$

Autosoportadas



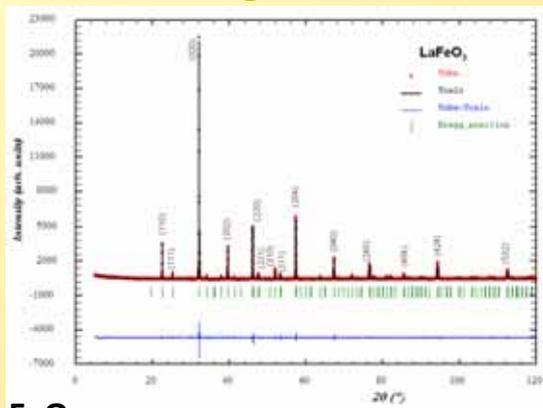
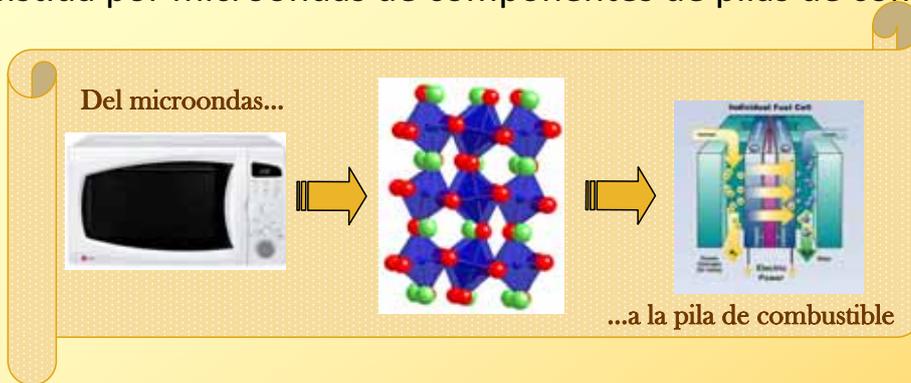
$T_{op.} < 800\text{ }^{\circ}\text{C}$

Ánodo soportado

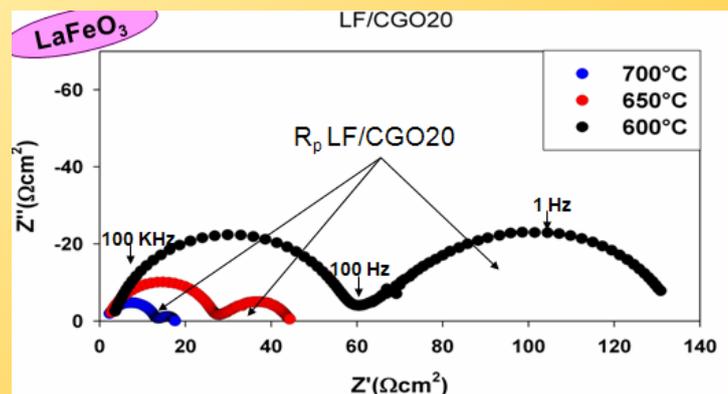
Paso crítico: **obtener electrolitos densos y de pequeño espesor**

Alejandro Várez et al. UC3M.

Síntesis asistida por microondas de componentes de pilas de combustible SOFCs



LaFeO₃



6. El vehículo eléctrico

- Situación actual y perspectivas:

Autonomía y prestaciones.

Baterías : ¿electrolineras?

Pilas de combustible: ¿hidrogeneras?

Híbridos.

Mercado.



© Eastern Daily Press

Primer automóvil eléctrico.
Thomas Parker. Inglaterra (1884)
El motor de combustión
ganó la batalla.

Modelo 100% eléctrico (2009)
Velocidad Máxima 100 Km/h
Autonomía 180 km



El coche eléctrico (EV) o híbrido(HEV)



No contamina, al no emitir ni GASES ni RUIDO

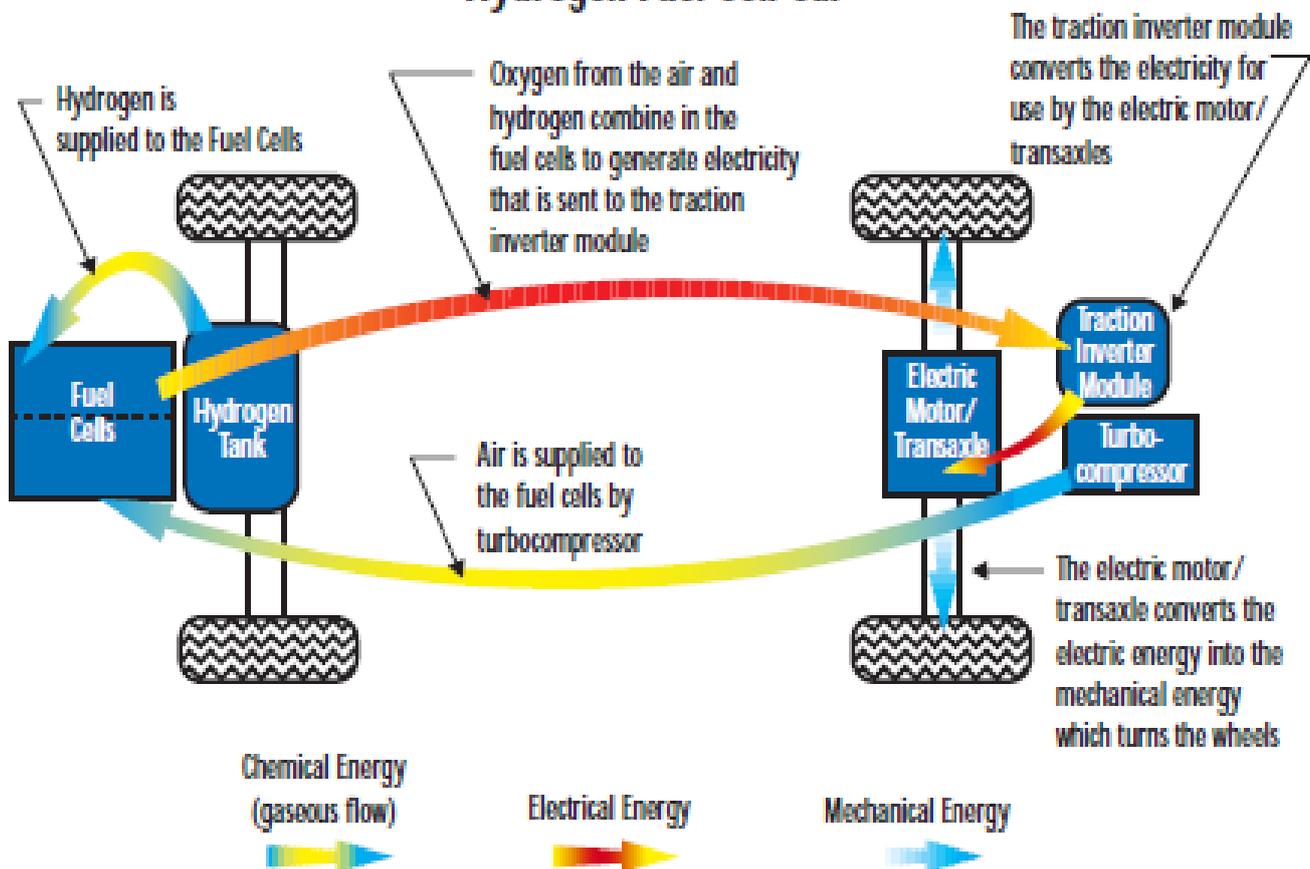
Problemas: Autonomía, recarga, duración

NEC Battery
 Cátodo de LiMn_2O_4
 Voltaje= 3.8V
 Energía específica= 87 WhKg^{-1}



Prototipo FTO-EV's
 Mitsubishi Motor's & Japan Storage Battery
 Record Mundial de distancia recorrida en
 1día: 2142 Km

Hydrogen Fuel Cell Car



The P2000, from Ford Motor Company, is a zero-emission vehicle that utilizes a direct hydrogen polymer electrolyte fuel cell. (Courtesy of Ford Motor Co.)

Internacionalización del Programa

www.hychain.org



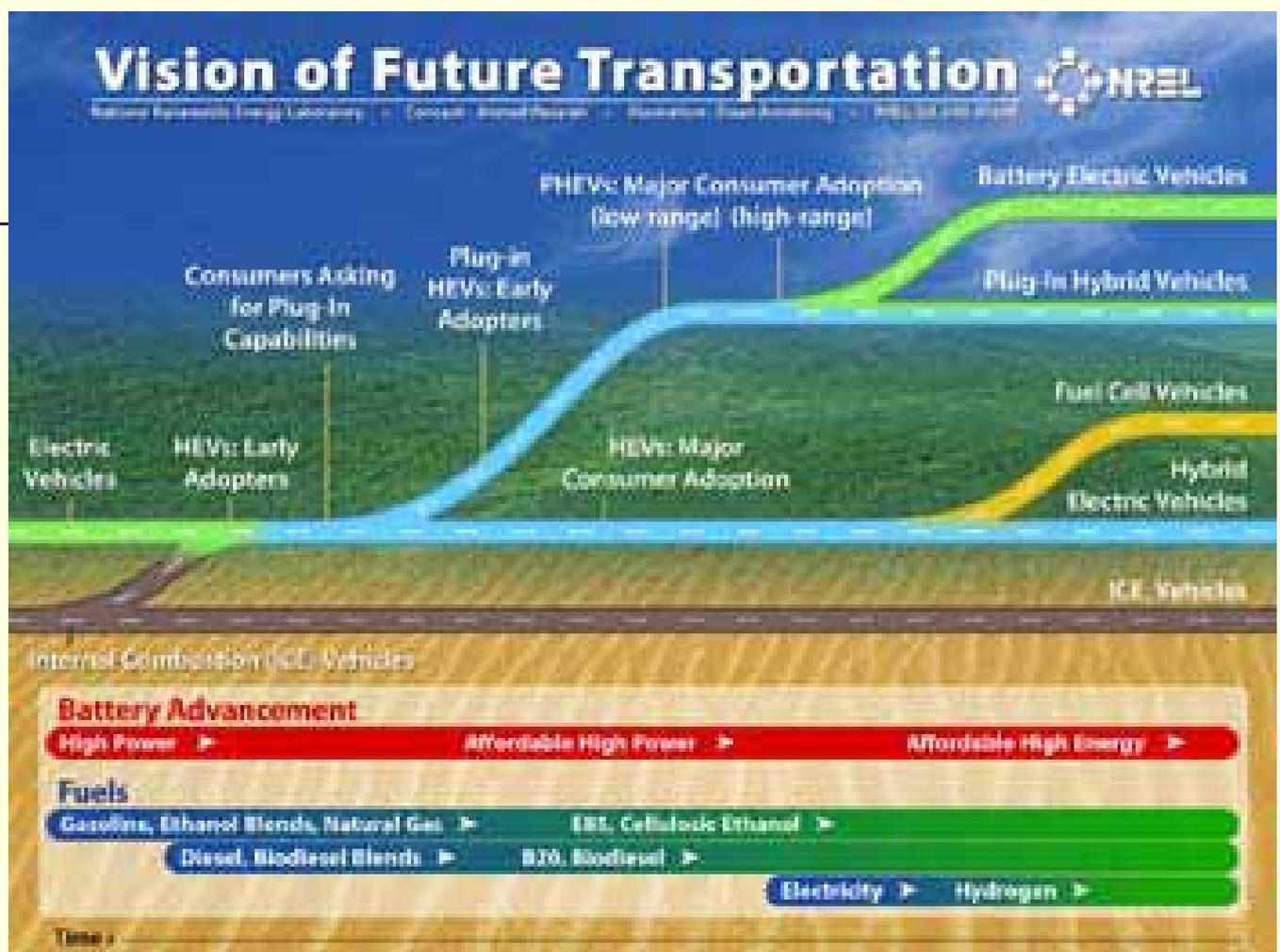
Ciclo: Los avances de la Química y su impacto en la Sociedad Emilio Morán 25 nov

79



Ciclo: Los avances de la Química y su impacto en la Sociedad Emilio Morán 25 nov

80

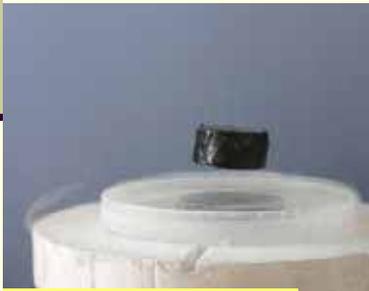
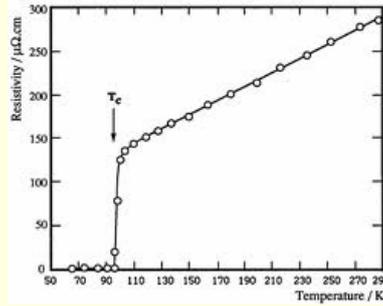


- La **Agencia Internacional de Energía** afirma que en 2050 al menos un tercio de los vehículos será eléctrico, otro tercio será representado por coches híbridos y los demás serán coches eléctricos que utilizan combustible de hidrógeno.

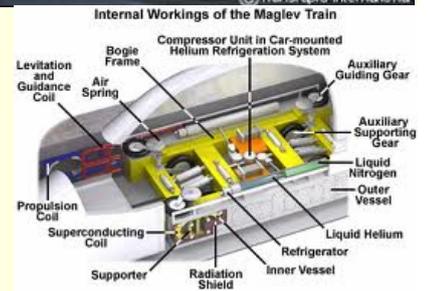
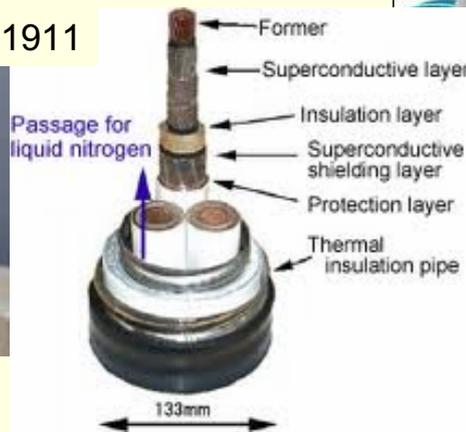
5. Superconductores



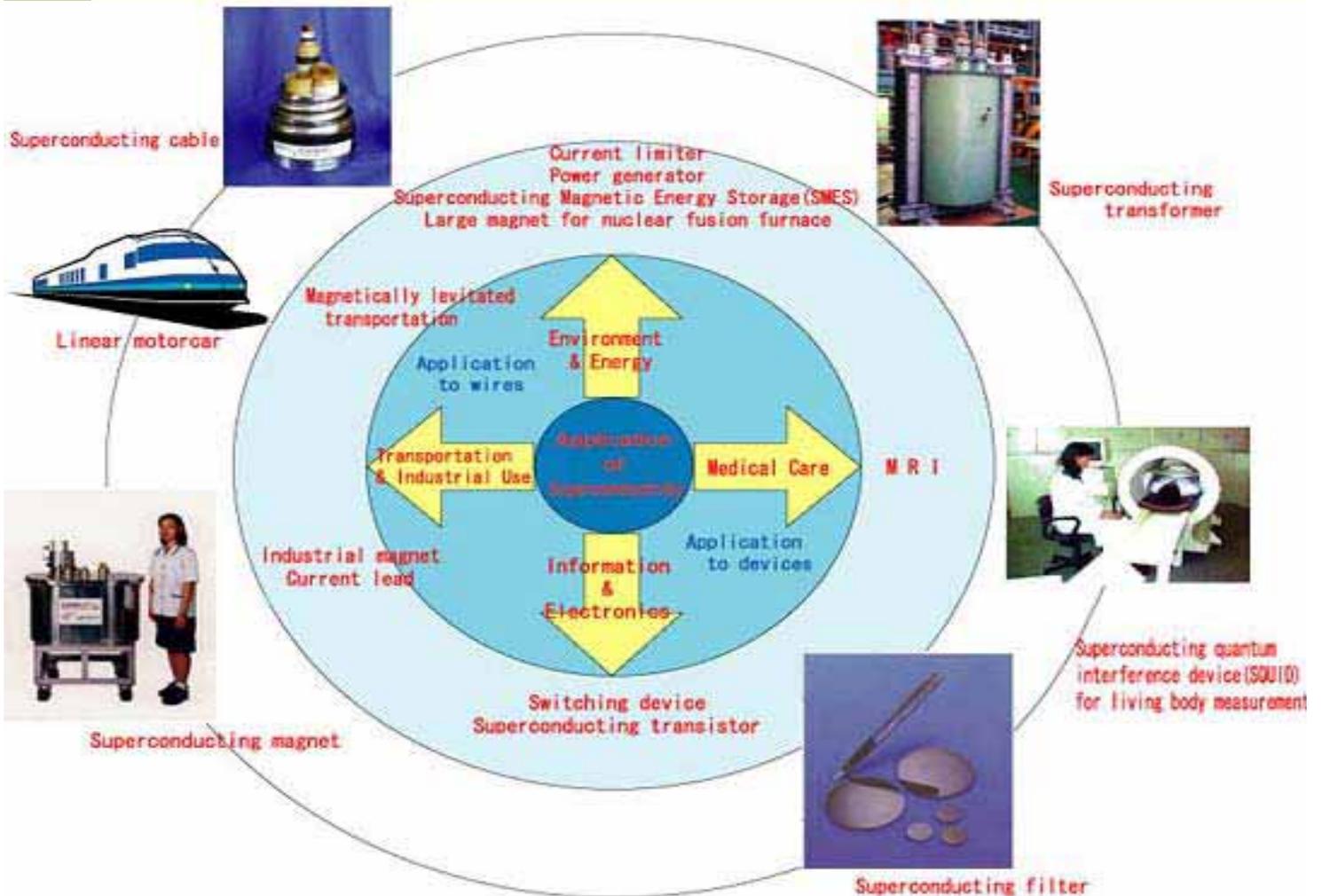
Kammerlingh-Onnes 1911



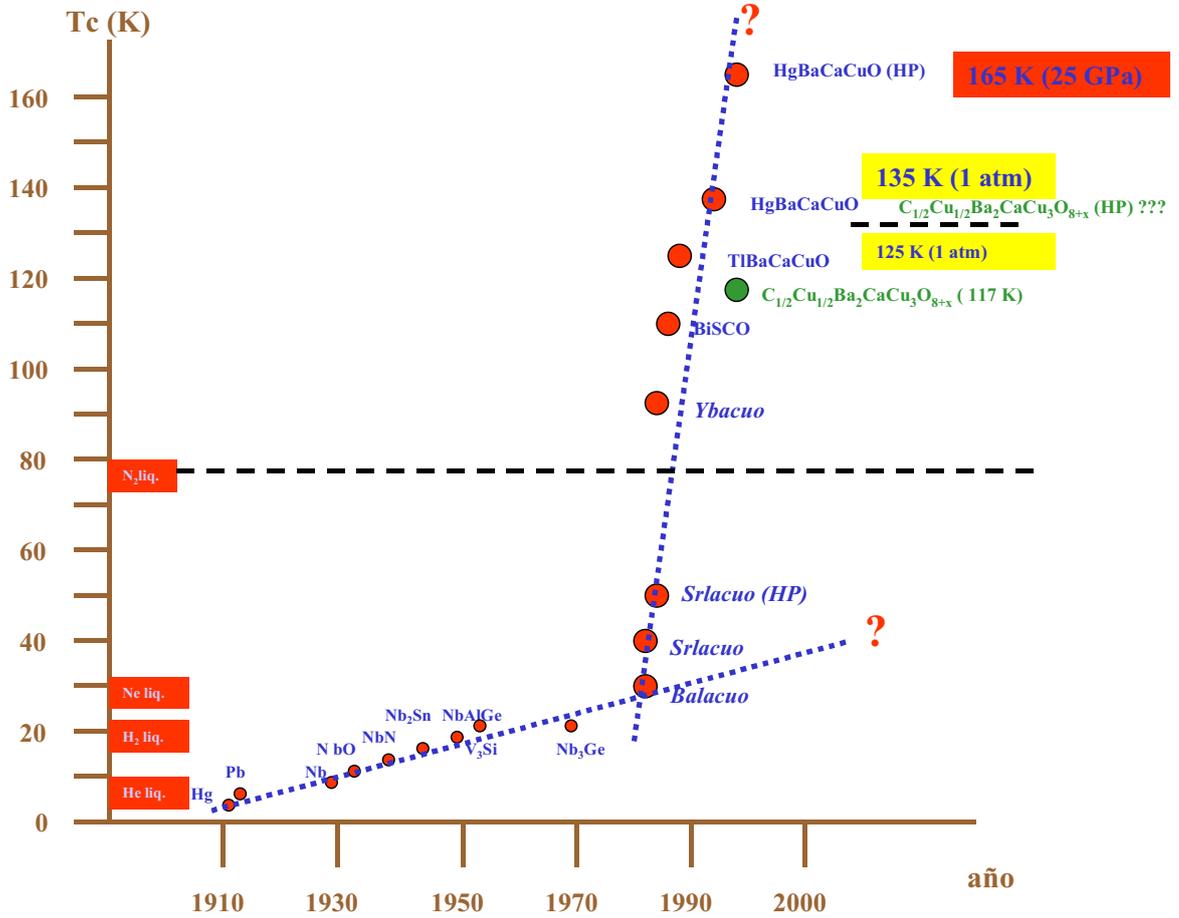
Efecto Meissner



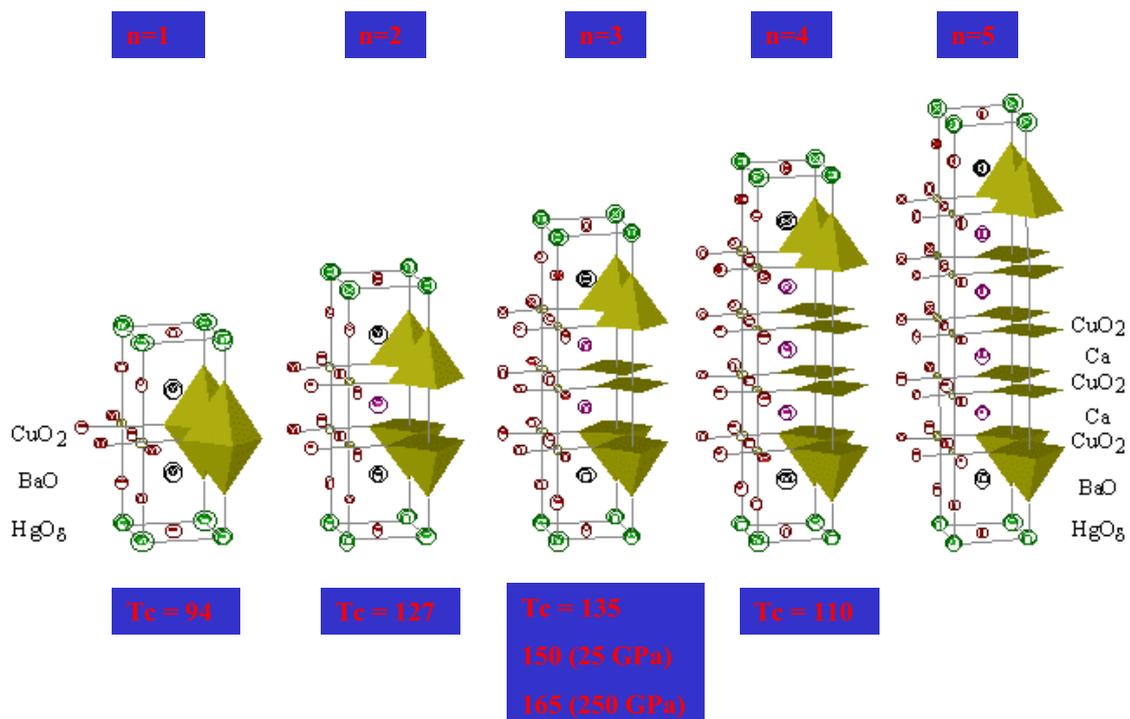
Ciclo: Los avances de la Química y su impacto en la Sociedad. Emilio Morán. 25 nov. 2010



Progresión a lo largo del tiempo de la temperatura crítica de los materiales superconductores



Estructura cristalina de los diferentes miembros de la familia de "cupratos de mercurio" superconductores $HgBa_2Ca_{n-1}Cu_nO_{2n+2+\delta}$





S

www.mrs.org

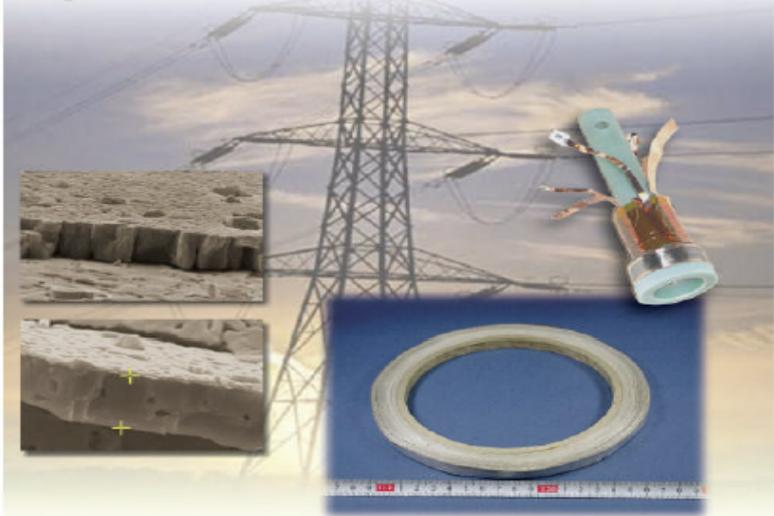
MRS BULLETIN

Serving the International Materials Research Community
A Publication of the Materials Research Society

August 2004, Volume 29, No. 8



High-Performance YBCO-Coated Superconductor Wires



Xavier Obradors
ICMAB-CSIC

S

COATED CONDUCTORS

Drive Engineering Automation

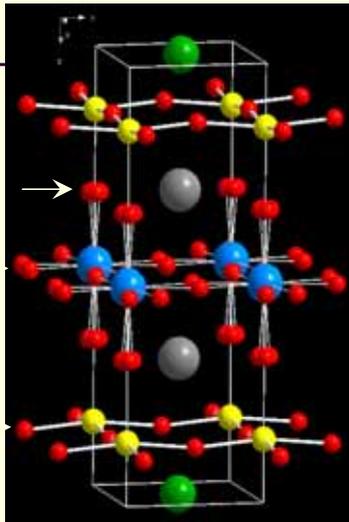
Generation, Transmission & Distribution of Energy

Power Control FCL

Biomedical Applications



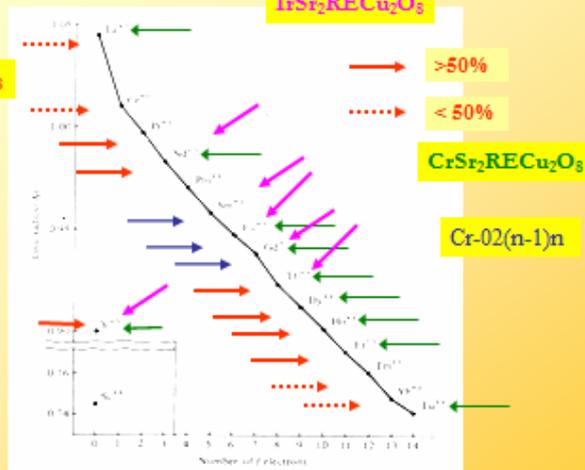
Nuevos cupratos 1212



$P 4/mmm$

$RuSr_2RECu_2O_8$

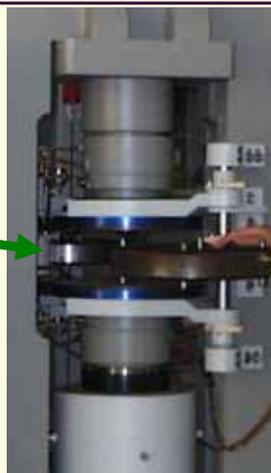
$IrSr_2RECu_2O_8$



The **25 new $MSr_2RECu_2O_8$** phases obtained in this work are indicated by the red, green and violet arrows overlaid in the "Lanthanide contraction". Blue arrows indicate phases that can be made at room pressure.

HP / HT synthesis of materials

- Preparation of polymorphs $A \leftrightarrow B$
- Reactions driven by pressure and temperature $A + B \leftrightarrow C$



Synthesis conditions

Belt type press
 Temperature <1400 C
 Pressure: 40- 80 kbar

6. Otros dispositivos relacionados con la energía

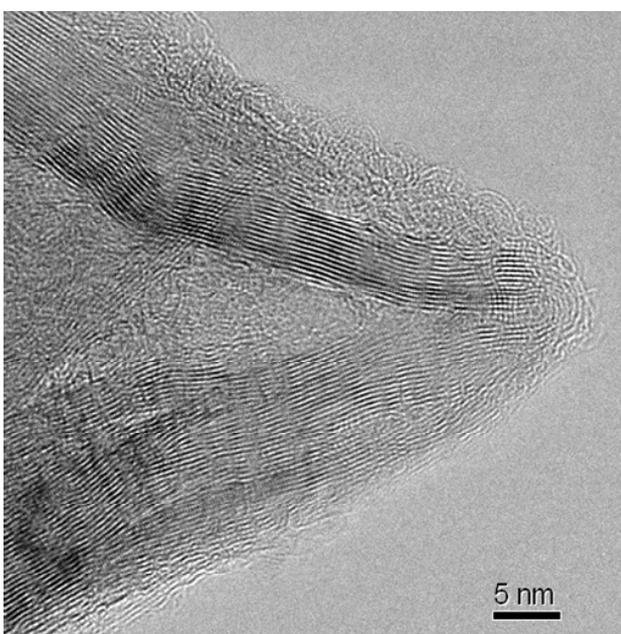
- Supercondensadores
- Fotovoltaicos
- Termoeléctricos
- Magnetocalóricos
- Etc...

Ciclo: Los avances de la Química y su impacto en la Sociedad. Emilio Morán. 25 nov. 2010

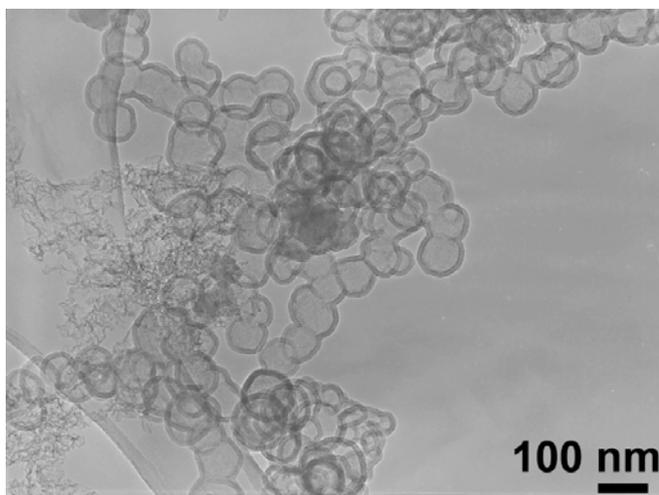
91

Nuevos materiales de carbono basados en grafeno
L. Carlos Otero-Díaz et al. 2010.

Carbones derivados de carburos
Ej. C derivado de Mo_2C



Carbones derivados de metallocenos
Ej. C derivado de $\text{Cr}(\text{C}_6\text{H}_6)_2$



Materiales multifuncionales: baterías (ánodo); supercondensadores, etc...

92

7. Conclusión

- El desarrollo sostenible requiere energías renovables (provenientes del Sol).
- La gestión eficiente de la energía requiere nuevas ideas, nuevos sistemas y **NUEVOS MATERIALES**.
- Esto se aplica especialmente a la energía eléctrica.

93

Ciclo: Los avances de la Química y su impacto en la Sociedad. Emilio Morán. 25 nov. 2010

Programa Materyener (CAM) 2006-2014

- *Refs:* S-0505/PPQ-0093 y
- Grupos Participantes:
- UCM: Coordinador: (M. A. Alario y Franco et al.)
- USP-CEU (F. García-Alvarado et al.)
- UC3M (A. Várez et al.)
- ICMM-CSIC (J. Sanz et al.)



www.ucm.es/info/materyener



Ciclo: Los avances de la Química y su impacto en la Sociedad. Emilio Morán. 25 nov. 2010

94

*!! Muchas gracias por
la atención !!*