

Desarrollo de Celdas de Combustible de Óxido Sólido (SOFC) con tecnología nacional.

Parte I: Diseño y Evaluación de nuevos Cátodos, Ánodos y pares Cátodo-Electrolito y Ánodo-Electrolito para SOFCs.

Presentado por Leopoldo Suescun

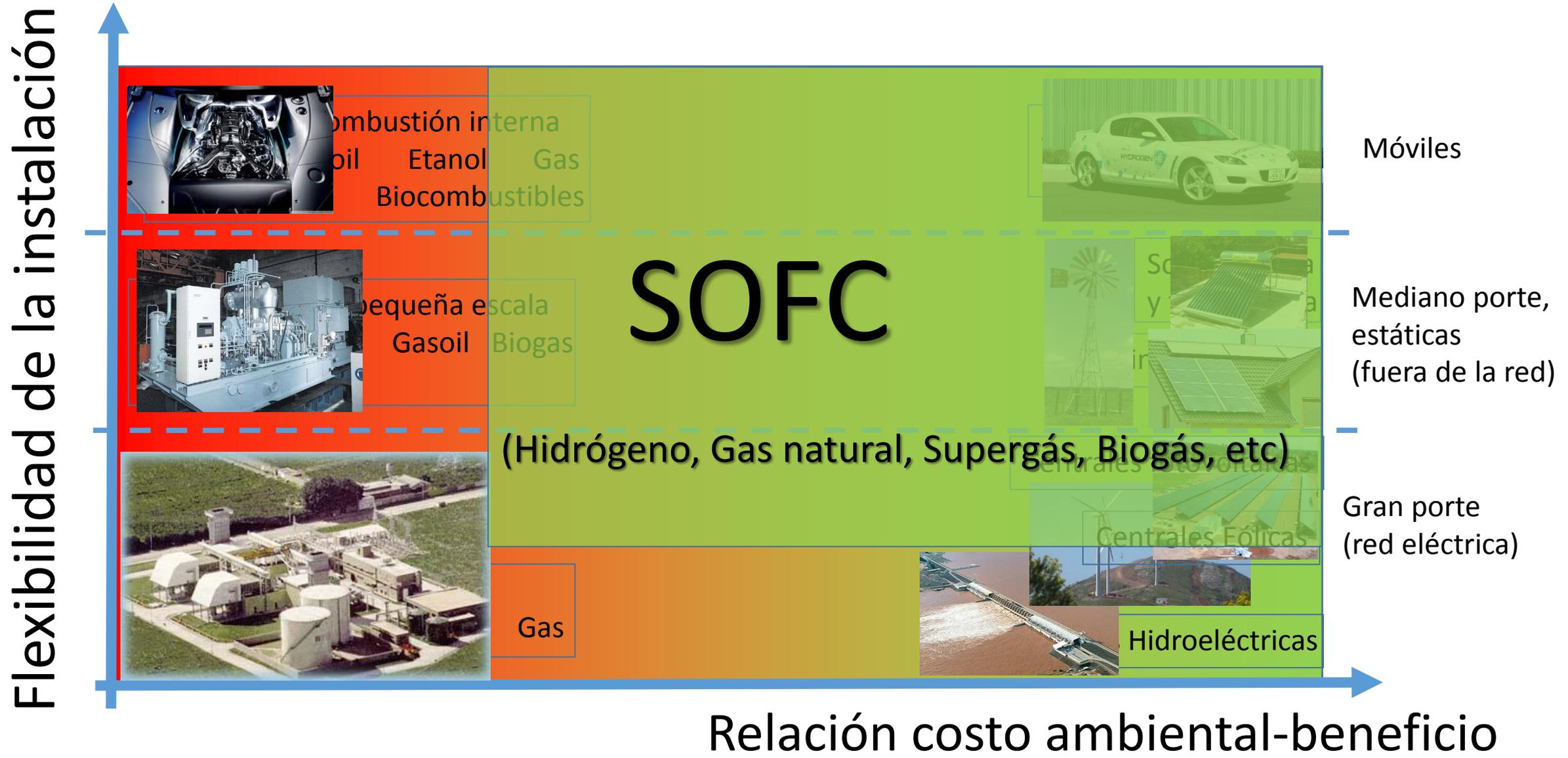
Participantes del proyecto:

Leopoldo Suescun (Responsable), Santiago Vázquez, Sebastián Davyt.

Tipos de Celdas de Combustible

Celda	Temp.	Ión móvil	Operación	Vida media (h)	Rango de potencia probado
MFC	20-40 °C	H ⁺	Hidrógeno puro (CO < 10 ppm, desulfurado)	?	?
PEM	80°C	H ⁺	Hidrógeno puro (CO < 10 ppm, desulfurado)	> 5000	mW hasta MW
PAFC	200°C	H ⁺	Hidrógeno puro (CO < 5%, desulfurado)	> 30.000	5-250 kW
MCFC	650°C	(CO ₃) ²⁻	H ₂ o Hidrocarburos C _n H _m Reformado interno (desulfurado), CO	> 40.000	Grandes instalaciones MW
SOFC	800-1100°C 500-800°C	O²⁻	Hidrocarburos, gas natural, biogás, gas de síntesis (CO), H₂. Reformado interno	> 40.000 (aprox 4.5 años)	mW a MW (hasta varios MW en sistemas combinados)

Sistemas de generación energética



¿Porqué SOFC ahora?

- Transparencia
 - Derecho a la Información
 - Montevideo Abierto
 - Estadísticas
 - Intendencia aclara
 - Programas
 - Comunicación
 - Agenda Montevideo
 - Normativa Departamental
 - Relaciones Internacionales
 - Enlaces
 - Gobierno
 - Reportes de gestión
 - Políticas
- CIUDADANÍA**
- Cursos
 - Centros Comunales
 - Concejos vecinales
 - Concursos
 - Contralor de la Edificación
 - Desarrollo ambiental
 - Desarrollo Local
 - Deporte
 - Educación
 - Ferías vecinales
 - Información Geográfica
 - Adulto mayor
 - Juventud
 - Mujer
 - Patrimonio
 - Registro Civil
 - Servicios
 - STM - Transporte Metroopolitano

11.06.2012 - 08:00 | OBRAS

Nueva planta de captura de biogás

La intendencia de Maldonado...

Producción Nacional

INICIO NOTAS CICLOS TV

SECCIÓN: BIOGAS



Reciclaje de residuos. Compost en Montevideo / Biogás en Maldonado

En nuestro país existen dos experiencias exitosas que demuestran que es posible, cuidando el medio ambiente, generar valor con la basura.

FEBRERO 10, 2011 2010, CICLOS TV 5 COMENTARIOS

El proyecto es importante e...

Gas Sayago

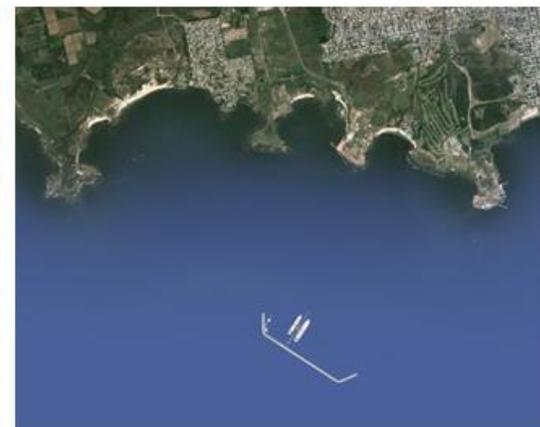
Lunes 18 de Agosto del 2014



Acceso

Buscar...

Inicio Gas Natural Licuado Proyecto GNL del Plata Inversión del Proyecto Licitaciones Links de interés Contacto



Bienvenidos a Gas Sayago

Uruguay ha tomado la decisión de introducir el gas natural a gran escala con el fin de diversificar su matriz energética. Este combustible es una de las opciones más eficientes para complementar la fuerte introducción de energías renovables, frente al crecimiento de la demanda de energía eléctrica, a la vez que pone a disposición un energético para los hogares, comercios e industrias que posee múltiples ventajas de

Novedades

Inversión del proyecto

25 Oct 2013

MEDIOAMBIENTE, NOTAS 1 COMENTARIO

Las nuevas aceitunas uruguayas
DICIEMBRE 9, 2013 12:12

¿Porqué SOFC ahora?

- El estudio “**Modelado de una Celda Combustible de Óxido Sólido para uso residencial**” (Vázquez et al. Revista Ingeniería Química, 2014) demuestra que con los costos actuales del supergás una SOFC podría alimentar una casa al mismo costo por kW/h que la tarifa comercial promedio de UTE.
- El mismo estudio muestra que utilizando Gas Natural, al costo actual que lo vende Montevideo Gas el costo sería 10% menor.
- Con el ingreso del GN de Gas Sayago los costos de generación domiciliaria serían aún menores.

Costo del kWh en \$			
	800°C	700°C	600°C
GLP	3.76	4.51	7.36
GN	2.23	2.62	4.26

Pliego tarifario UTE 2014	
Hasta 100 kWh (tarifa fija)	2.466
De 101 a 140 kWh	5.066
De 141 a 350 kWh	9.296
351 kWh en adelante	5.945

Aplicaciones comerciales actuales de SOFCs

Generación en centrales de MW

Varias celdas Bloom Box de 200 kW



Generación domiciliaria

Acumentrics 5 kW



Unidades Auxiliares de varios W

Camiones Dephi (2012)



Aplicaciones móviles de pocos W

Fuente de 5V para cargar dispositivos por USB



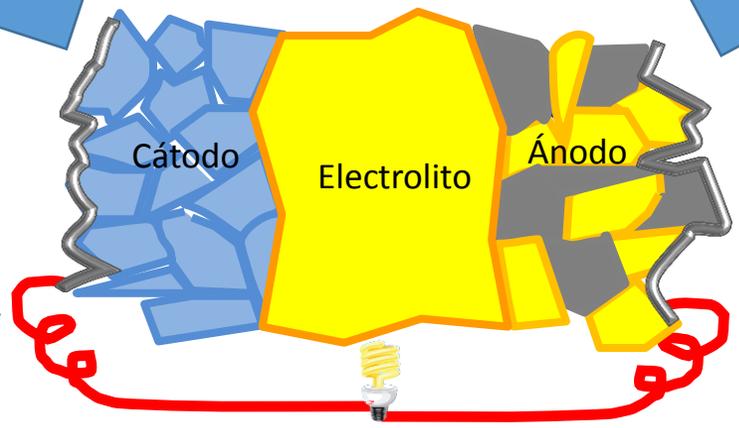
Cargadores de celulares

Lilliputian, entre 10 y 14 cargas de iPhone



Tipos de SOFC

HT-SOFC
celda convencional
LSM-YSZ-(Ni/YSZ)
900 -1000 °C



Cátodo Electrolito Ánodo

IT-SOFC
Temperatura Intermedia
Cat-CGO-(Ni/CGO)
500-800 °C

PC-SOFC
Conductor Protónico
sólo H₂

S-SOFC
Celda simétrica
(mismo material de
ánodo y cátodo)

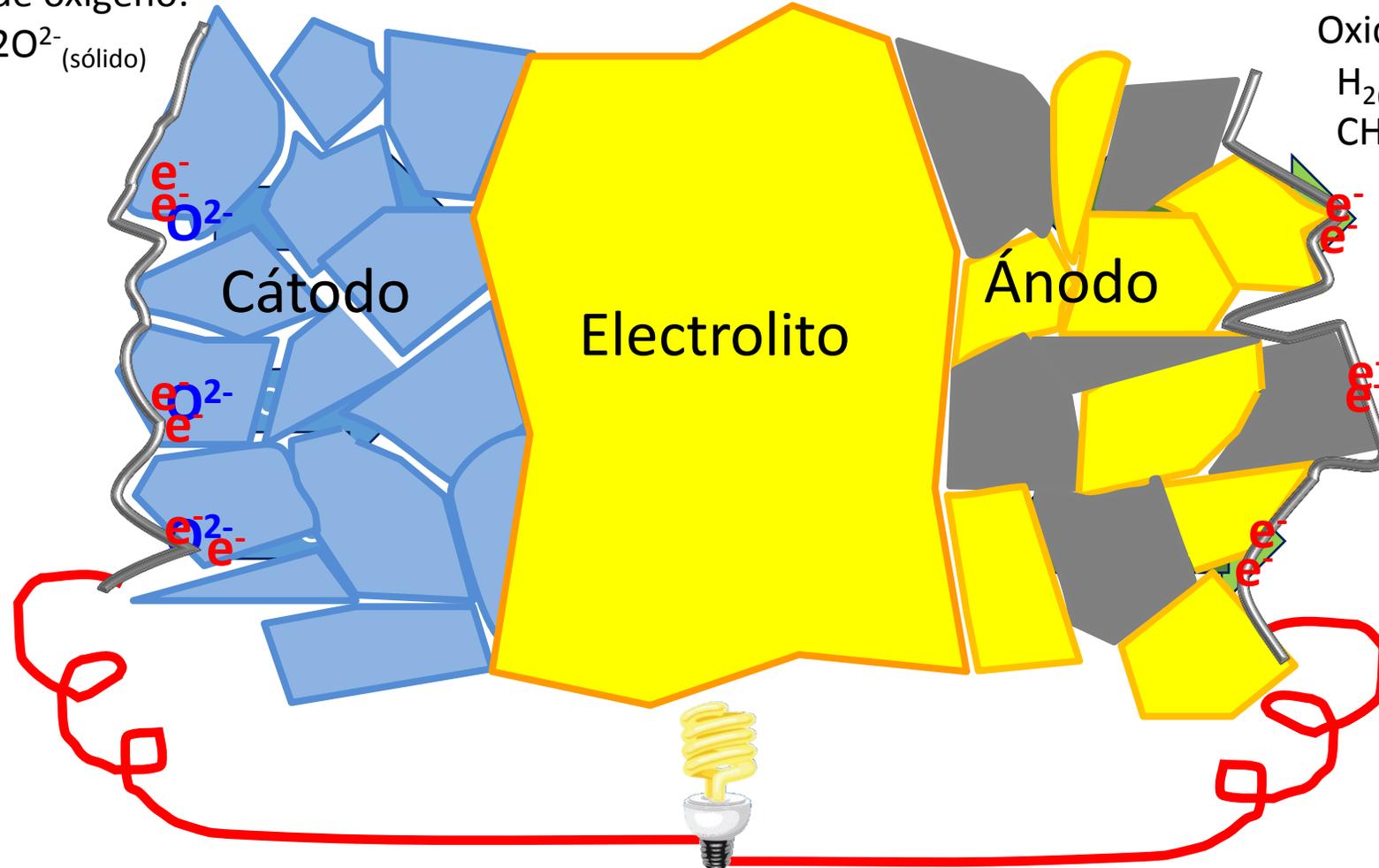
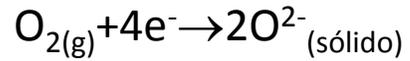
SC-SOFC
Celdas de una sola cámara
no hay separación de
combustible y comburente

Planas
(stack)

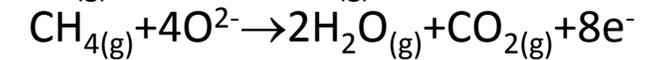
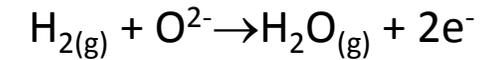
Tubulares

Mecanismos de funcionamiento de una SOFC

Reducción de oxígeno:



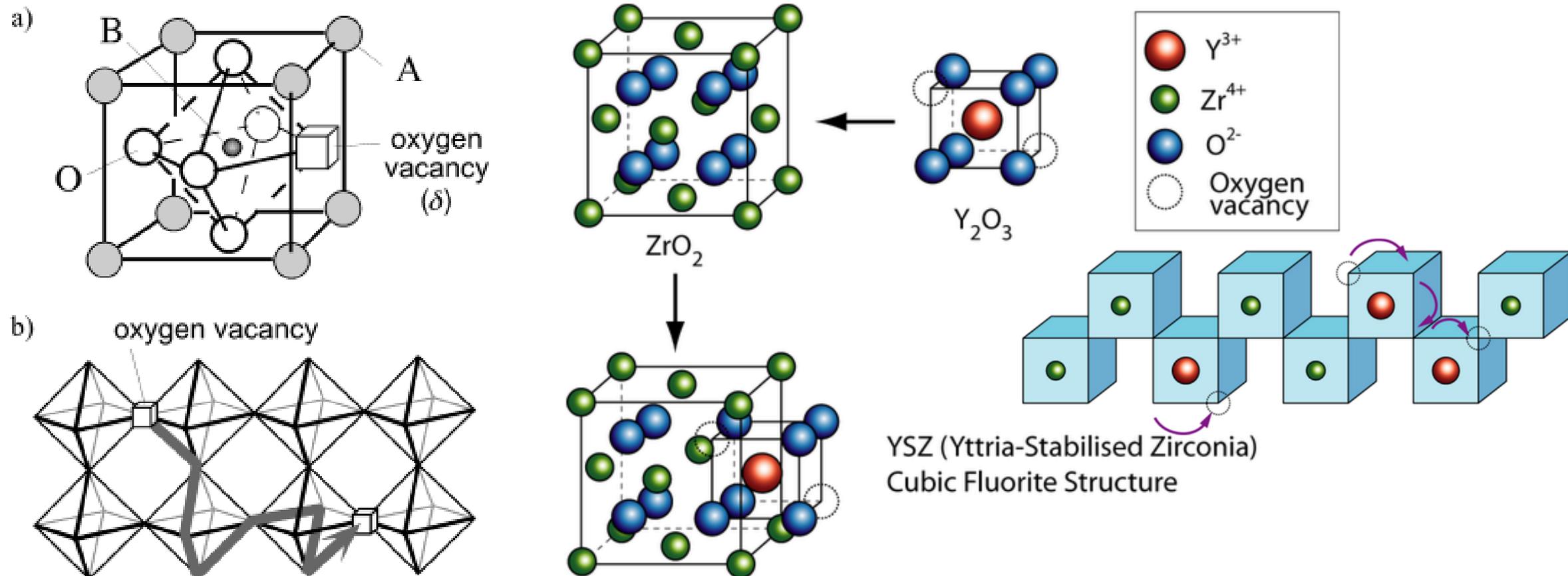
Oxidación de combustible



Una SOFC aún produce CO₂ si se utilizan combustibles basados en hidrocarburos pero con eficiencias al menos 70% mayores que la combustión.

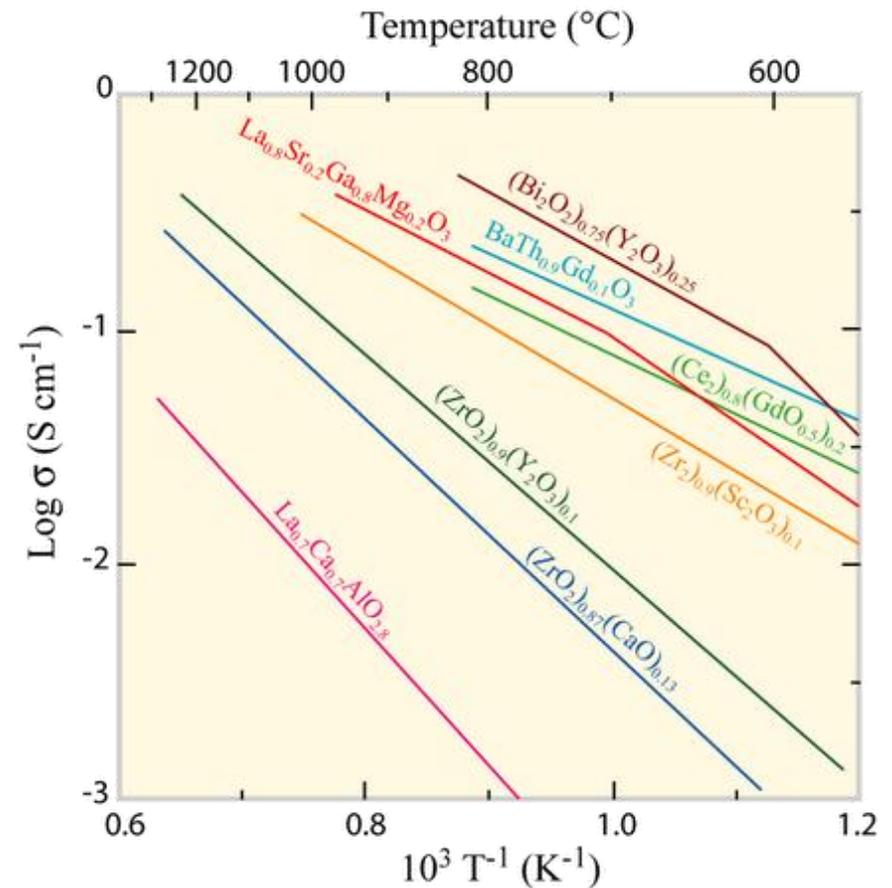
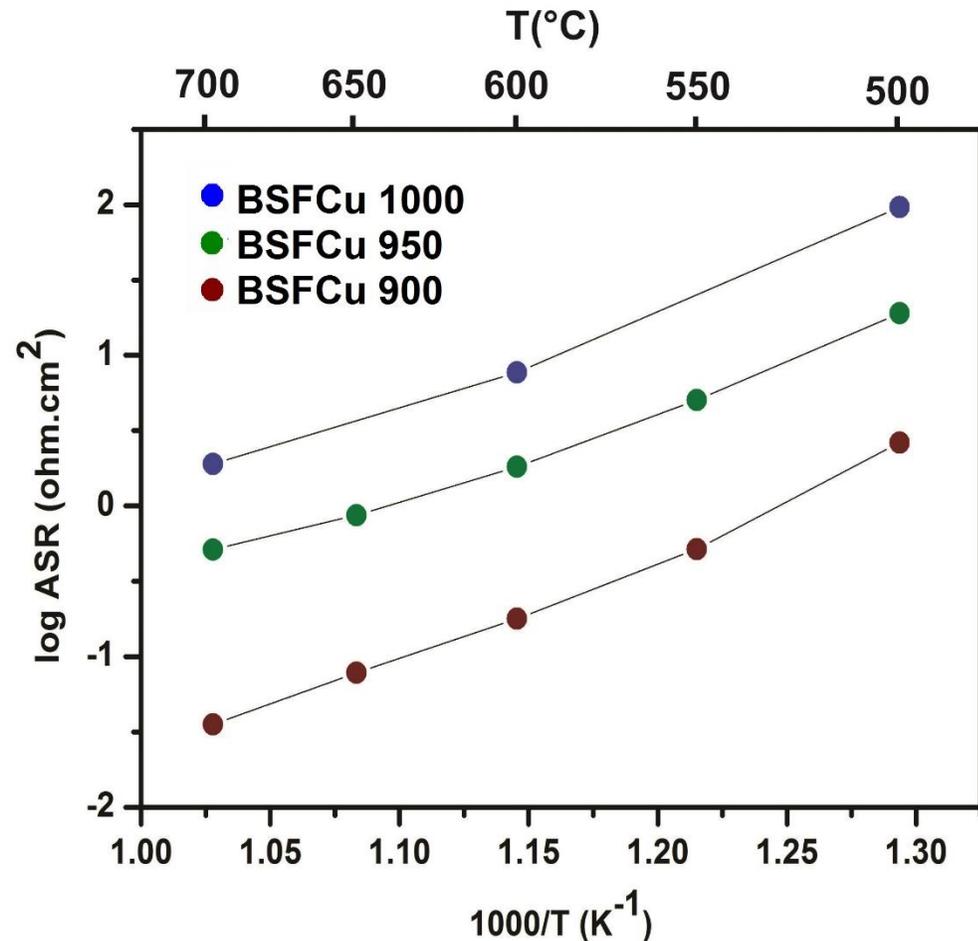
Mecanismo de funcionamiento de una SOFC

- Conductividad iónica por vacancias de oxígeno en perovskitas y fluoritas:



Mecanismo de funcionamiento de una SOFC

- Conductividad iónica por vacancias de oxígeno en perovskitas y fluoritas:

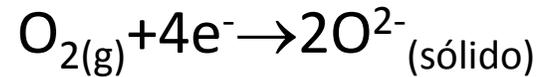


Mecanismos de funcionamiento de una SOFC

- Dispositivo de Estado Sólido basado en óxidos:
 - Conducción iónica en el electrolito (O^{2-} : oxo, H^+ : protón).
 - YSZ ($Zr_{0.84}Y_{0.16}O_{1.92}$), GDC ($Ce_{0.9}Gd_{0.1}O_{1.95}$), SDC ($Ce_{0.8}Sm_{0.2}O_{1.9}$), BCO ($BaCeO_3$)
 - Conducción mixta (iónica-electrónica) en ánodo (generalmente cer-met o perovskita)
 - Ni-cerámico, $La_{1-x}Sr_xCr_{1-y}Mn_yO_{3-\delta}$, Sr_2FeMoO_6
 - Conducción mixta en cátodo (perovskita deficiente en oxígeno)
 - LSM ($La_{0.7}Sr_{0.3}Mn_yO_{3-\delta}$), LSFC ($La_{0.7}Sr_{0.3}Fe_yCo_yO_{3-\delta}$), BSFC ($Ba_{0.5}Sr_{0.5}Fe_yCo_yO_{3-\delta}$).
 - Reacciones con mecanismos complejos y pobremente caracterizados.
 - Actividad muy dependiente de la temperatura, 800-1000 HT, 500-800 LT.

Mecanismos de funcionamiento de una SOFC

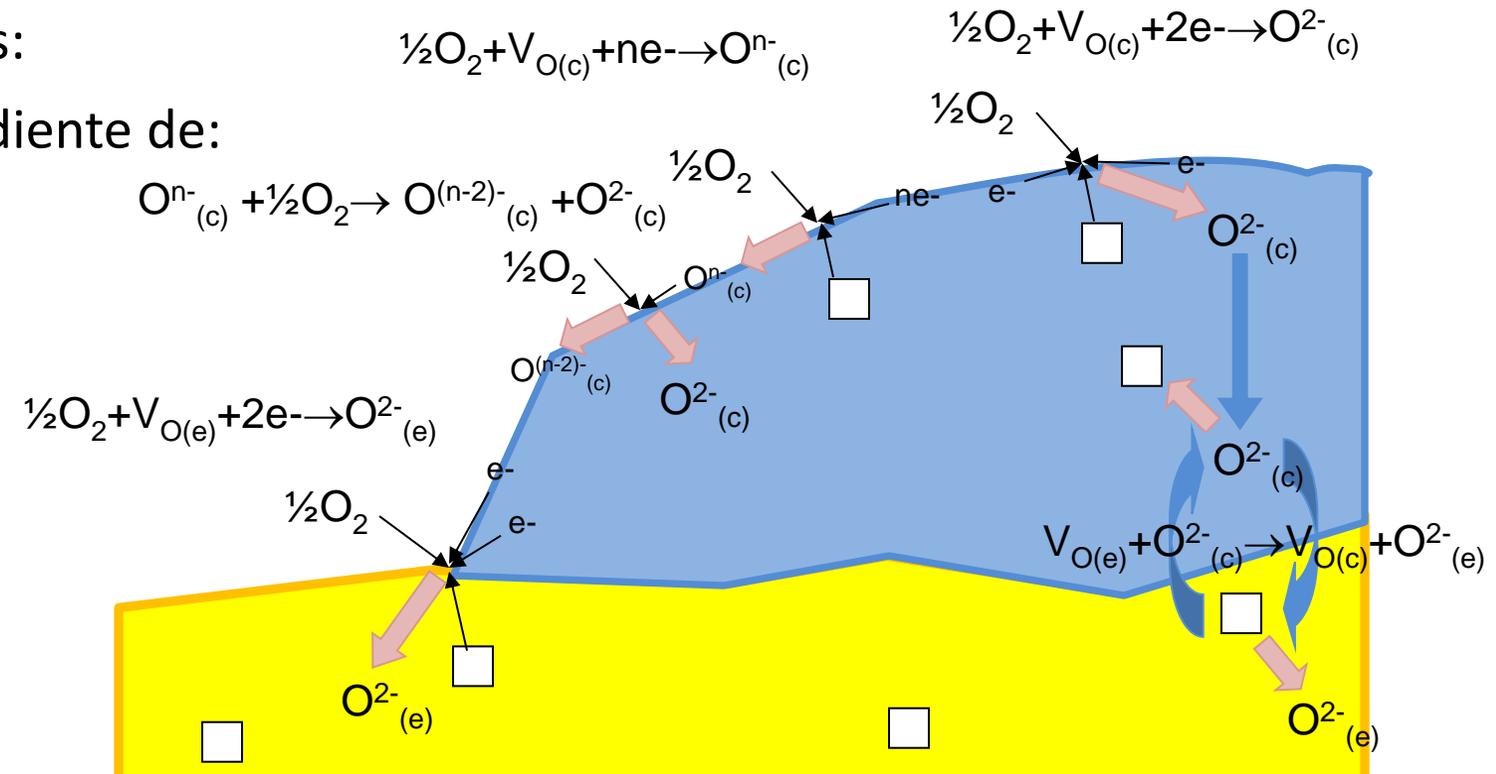
- Reacción de reducción de oxígeno en el cátodo:



- Múltiples mecanismos posibles:

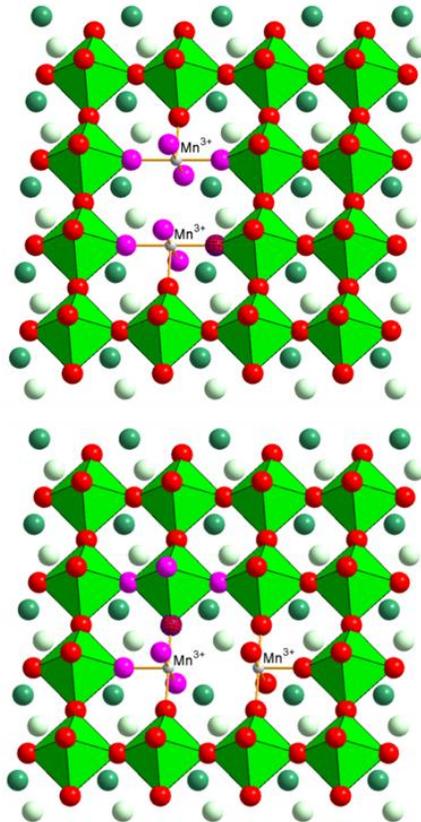
- Mecanismo dominante dependiente de:

- ✓ Estructura cristalina
- ✓ Composición química
- ✓ Contenido de oxígeno
- ✓ Microestructura
- ✓ Conductividad
- ✓ Presencia de puntos triples (TPB)



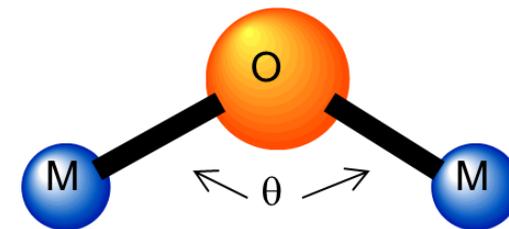
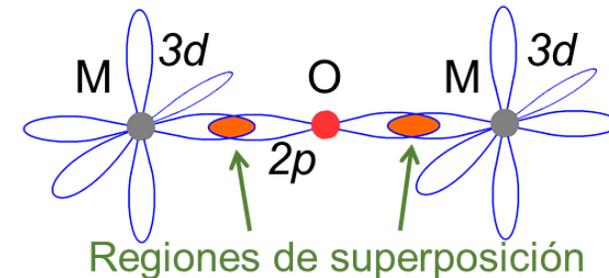
Factores que determinan conductividad mixta

La conductividad iónica requiere isotropía estructural.



Los materiales de alta simetría estructural (cúbicos o pseudo-cúbicos) de tipo Perovskita (fórmula general $ABO_{3-\delta}$) conteniendo metales de transición 3d con valencia variable (Mn, Fe, Co, Ni, Cu y alta tendencia a la formación de múltiples poliedros de coordinación tienen las propiedades adecuadas aunque se investigan materiales alternativos.

La conductividad electrónica requiere covalencia y buena superposición orbital.



Bandwidth
 $w \propto k^* \cos^2(\theta)$

Búsqueda de nuevos materiales para SOFC

- No existen métodos de predicción de propiedades suficientemente desarrollados por lo que se trabaja por ensayo y error.
- Cátodo: Proyecto FSE_2009_1_51 (2011-2013)
 - Se pretende encontrar materiales tipo perovskita cúbica o pseudo-cúbica con buena actividad electroquímica en la RRO y conductividad mixta en el rango de temperaturas intermedias (IT-SOFC 500-800 °C).
 - Se procuran materiales novedosos con propiedades adecuadas y microestructura adecuada:
 - Nuevas composiciones químicas
 - Nuevas estructuras cristalinas
 - Nuevas microestructuras (nanomateriales)
- Electrolito:
 - Hay pocos materiales conductores iónicos efectivos y aislantes electrónicos.
 - Se procura modificar procesos de preparación para obtener materiales más finos y resistentes.
- Ánodo: Proyecto FSE_2013_10689 (2014-2016)
 - Área más activa de investigación actual.
 - Nuevas microestructuras porosas en ánodos cer-met clásicos
 - Nuevos materiales conductores mixtos

Evolución del trabajo en SOFC



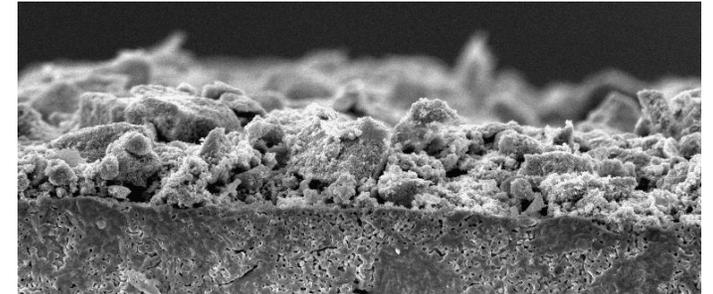
Resultados principales del proyecto

Síntesis mejorada de Cátodos y Electrolitos



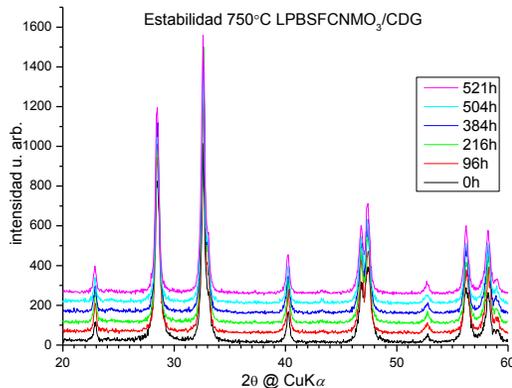
Las muestras se preparan por el método de Combustión de Gel Asistida (CGA) modificado utilizando EDTA o ácido cítrico como combustible-quelante y NH_4NO_3 como promotor de la combustión o por sol-gel utilizando citrato-etilenglicol como quelante-gelificante. Se obtienen nanopartículas entre 10 y 40 nm a distintas T.

Preparación de celdas simétricas cátodo-electrolito



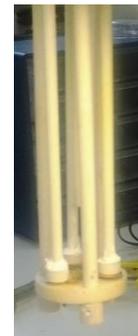
Se deposita por spin-coating el cátodo nanoestructurado sobre el electrolito denso CGO y se adhiere entre 900 y 1000 °C. Se mide el espesor de la capa de cátodo por Microscopía Elec-trónica de Barrido (SEM).

Caracterización de la estabilidad química de pares cátodo-electrolito

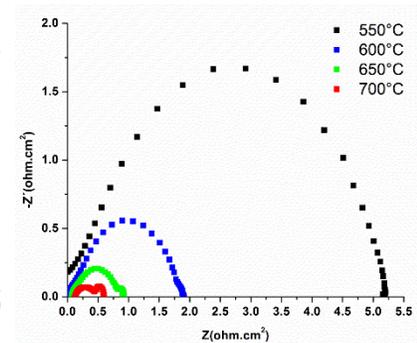
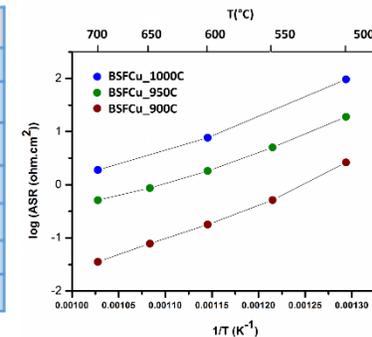


Mezclas cátodo-electrolito prensadas para aumentar área de contacto se calientan por tiempos prolongados para simular condiciones de operación de la celda. La DRX muestra que el compuesto LBPSFCNM no reacciona con CGO a 750°C aún después de más de 500 h.

Caracterización por Espectroscopía de Impedancia Electroquímica (EIS)

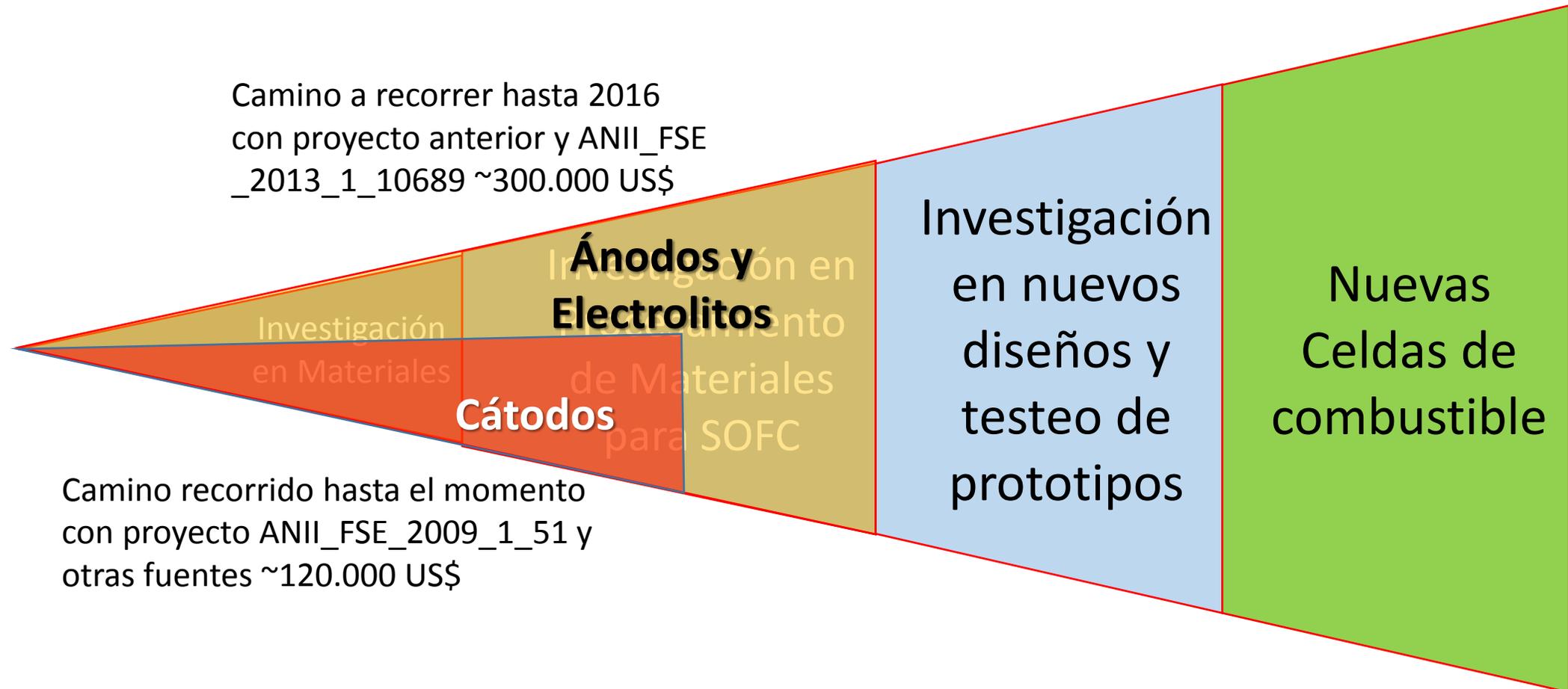


$T_{\text{medida}} (^{\circ}\text{C})$	$T_{\text{pegado}} (^{\circ}\text{C})$		
	1000	950	900
500	96.25077	18.9556	2.63461
550	-	5.04991	0.51647
600	7.66943	1.81369	0.17795
650	-	0.86843	0.07828
700	1.90302	0.51391	0.03544

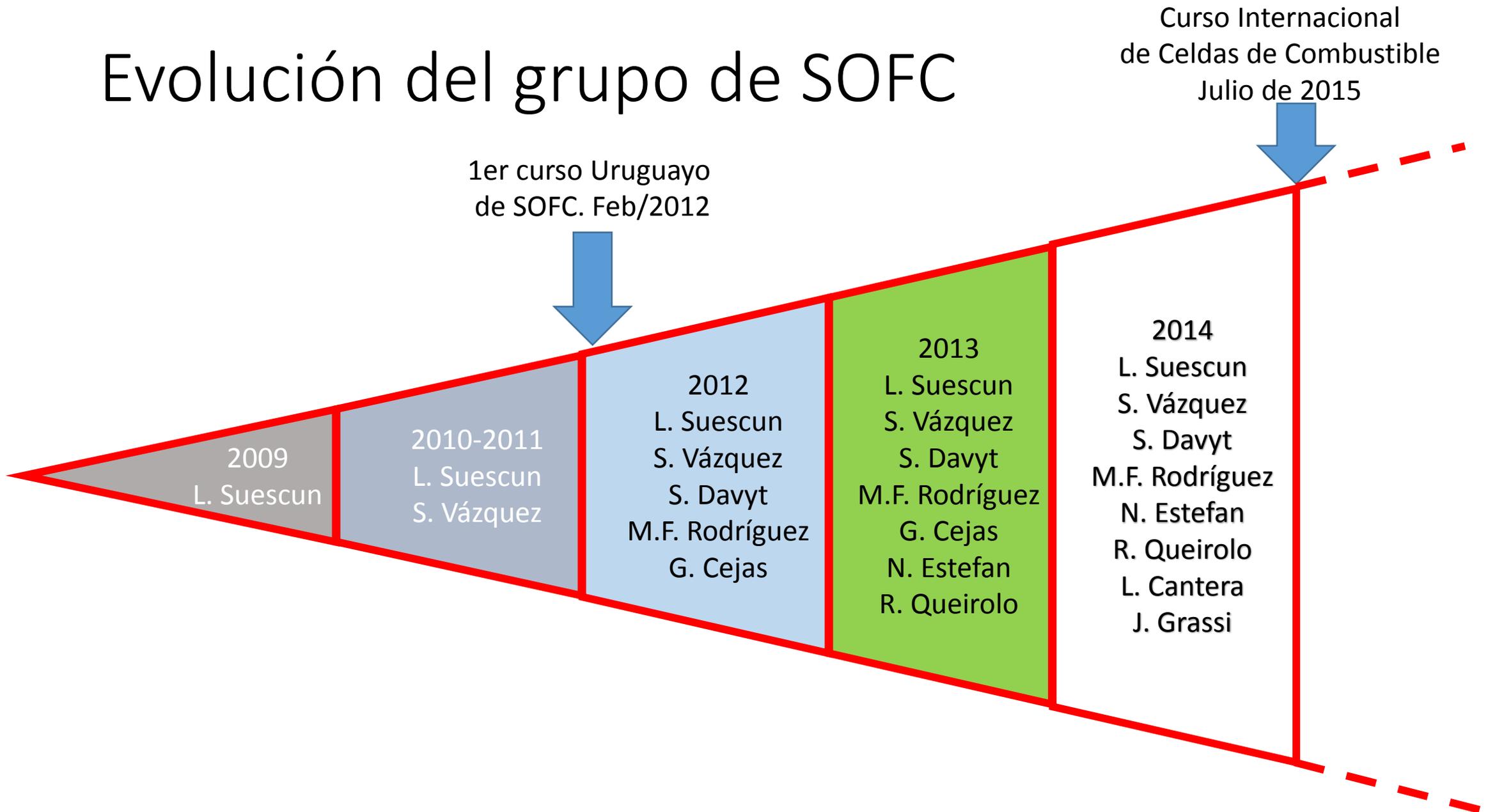


Medidas de Espectroscopía de Impedancia Compleja para determinar actividad catalítica en la reacción de reducción de oxígeno del cátodo BSFCu a distintas temperaturas.

Evolución del trabajo 2010-2015



Evolución del grupo de SOFC



Perspectivas del proyecto

- Ánodos: nuevos materiales y procesamientos.
- Nuevas texturas de materiales, micro-porosidad.
- Equipamiento del laboratorio y más colaboraciones con exterior para realización de medidas.
- Realización de Curso Internacional de Celdas de Combustible.
- Incorporación de nuevos estudiantes de posgrado.
- Construcción de primer sistema cátodo-electrolito-ánodo precursor de una celda de combustible en 2 años.
- Colaboración con I.M.E.S. y el Ejército Nacional

Necesidades del proyecto a corto y mediano plazo

- Financiamiento para materiales y equipamiento.
- Becas para estudiantes y jóvenes investigadores.
- Contribución interdisciplinaria.
- Espacio para instalación de equipos y laboratorios (nuevo edificio de FQ en 2018?).

Objetivo a largo plazo:



Grupo SOFC Hoy y Agradecimientos



Rodolfo, Sebastián, Santiago, Leopoldo, Nicolás, Ma. Fernanda
Leandro (Joaquín)

Colaboradores:

- **Adriana Serquis y Alberto Caneiro**, Grupo de Caracterización de Materiales, Centro Atómico Bariloche, CNEA, Bariloche, Argentina.
- **Diego G. Lamas**, Universidad Nacional de San Martín, Buenos Aires, Argentina.
- **Konrad Swierczek**, AGH University of Science and Technology, Cracovia, Polonia.
- **Gilles H. Gauthier**, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

Agradecimientos:

- A.W. Mombrú, R. Faccio, H. Pardo, M. Romero, y compañeros de la Cátedra de Física/DETEMA, Facultad de Química, Udelar.
- Centro NanoMat/Cátedra de Física/Departamento Polo Tecnológico de la Facultad de Química, Udelar.
- Espacio Interdisciplinario de la Universidad de la República.
- Laboratorio Nacional de Luz Sincrotrón, CNPEM, Campinas, SP, Brasil.

Financiación:

FSE_2009_1_51
FSE_2013_10689

