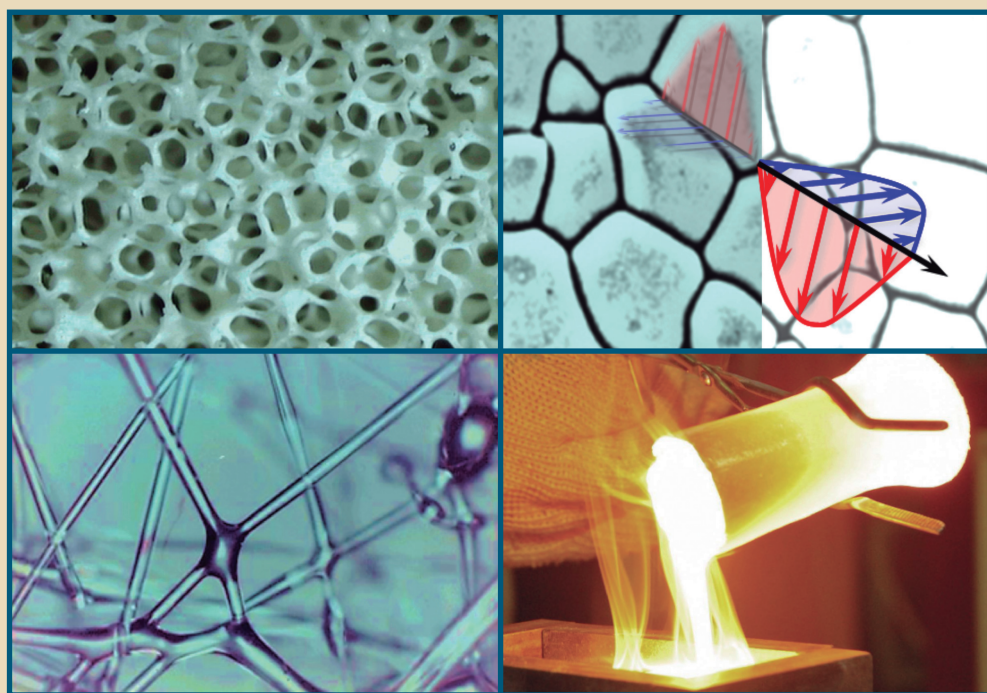


Instituto de Cerámica y Vidrio

50 AÑOS DE INVESTIGACIÓN
EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA



Francisco Capel del Águila (ed.)

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

Instituto de Cerámica y Vidrio

50 AÑOS DE INVESTIGACIÓN
EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Instituto de Cerámica y Vidrio

50 AÑOS DE INVESTIGACIÓN
EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Francisco Capel del Águila (ed.)

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
INSTITUTO DE CERÁMICA Y VIDRIO

Madrid, 2016

Reservados todos los derechos por la legislación en materia de Propiedad Intelectual. Ni la totalidad ni parte de este libro, incluido el diseño de la cubierta, puede reproducirse, almacenarse o transmitirse en manera alguna por medio ya sea electrónico, químico, óptico, informático, de grabación o de fotocopia, sin permiso previo por escrito de la editorial.

Las noticias, los asertos y las opiniones contenidos en esta obra son de la exclusiva responsabilidad del autor o autores. La editorial, por su parte, solo se hace responsable del interés científico de sus publicaciones.

Catálogo general de publicaciones oficiales:
<http://publicacionesoficiales.boe.es>

EDITORIAL CSIC:
<http://editorial.csic.es> (correo: *publ@csic.es*)



© CSIC
© Francisco Capel del Águila (ed.) y de cada texto su autor
© De las imágenes sus autores

Edición no venal
NIPO: 723-16-027-X
e-NIPO: 723-16-028-5
Depósito Legal: M-7000-2016
Maquetación, impresión y encuadernación: Cyan, S. A.
Impreso en España. *Printed in Spain*

En esta edición se ha utilizado papel ecológico sometido a un proceso de blanqueado FSC, cuya fibra procede de bosques gestionados de forma sostenible.

Índice

Prólogo.....	7
Presentación.....	9
Introducción.....	11
 Directores del Instituto de Cerámica y Vidrio	 51
 Departamentos	 63
Cerámica	65
Electrocerámica.....	95
Química-Física de Superficies y Procesos.....	115
Vidrios	129
 Unidades de Servicio	 151
 Evolución y resultados de la investigación.....	 163
Evolución de la investigación	165
Publicaciones	181
Derechos de Propiedad Industrial	193
Financiación de la investigación	211
Premios, condecoraciones y menciones honoríficas	217
 Formación, colaboración e internacionalización.....	 223
Tesis doctorales.....	225
Docencia.....	253

Relaciones ICV-SECV	263
Internacionalización	271
Anexos	279
Arqueometría y conservación del patrimonio	281
Personal que ha formado parte del ICV (1964-2014)	289
Galería fotográfica.....	297

Prólogo

Intento cumplir con mucha aplicación aquel vehemente apóstrofe de Francisco de Quevedo que decía: “Dios te libre, lector, de prólogos largos y de malos epítetos”, sobre todo en lo del tamaño del prólogo, porque lo segundo no siempre es uno capaz de lograrlo.

Hace años, en unas palabras que dirigí a los miembros de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, ponía de relieve el hecho de que la cerámica forma parte de una manera tan íntima y, por así decir, tan connatural con la cultura y la forma de ser de los pueblos mediterráneos que hemos imaginado a Dios como una especie de alfarero que habría modelado al hombre del barro de la tierra, según el bien conocido relato del *Génesis*.

Otras teogonías han propuesto que Dios habría hecho al hombre de masa de maíz, como la que propone el *Popol Vuh* de los mayas y otros pueblos, como algunas teogonías escandinavas, que postulan que los primeros hombres habrían sido hechos como muñecos tallados por Dios en madera de abedul o de fresno y luego insuflados con el divino soplo de la vida.

Nosotros, quiero decir, los judíos, los cristianos y los musulmanes reivindicamos unos orígenes cerámicos de la especie en nuestros mitos teogónicos, porque la alfarería está en esta parte del mundo desde hace milenios, desde antes incluso de que se pusieran por escrito los relatos religiosos fundacionales.

Para comprobar este hecho, por lo demás bien conocido, no hay más que acercarse a las nuevas e impresionantes instalaciones del Museo Arqueológico Nacional, en la calle Serrano de Madrid: en las vitrinas que muestran objetos del neolítico y de las edades de los metales, es decir, de varios milenios atrás, podemos contemplar ya unas vasijas espectacularmente hermosas y de impecable factura.

La cerámica, pues, forma parte de nuestra historia y de nuestra cultura casi desde siempre, pero ello no quiere decir que se trate de una antigualla arqueológica que conservamos solo por amor al pasado o por conservadurismo estético, en absoluto; muchos de

los lectores de este prólogo saben mejor que yo que España exporta cerámica por valor de millardos de euros y, en cambio, importa cantidades muy modestas de este material, de manera que la cerámica no es solo identidad y cultura, también es riqueza, exportaciones, puestos de trabajo, innovación y, por lo tanto, I+D.

La cerámica y el vidrio no se han quedado anclados sin embargo en esa figura de la alfarería, las vidrieras o el soplado de elementos artísticos. Ya hace tiempo que para esos materiales se han desarrollado tecnologías que permiten un uso más adaptado a las necesidades de los productos y procesos que requieren volúmenes o recubrimientos especiales, en los que las propiedades de las cerámicas y los vidrios resultan determinantes para su funcionalidad. De esta forma hoy en día la innovación en áreas de la industria del motor, de la industria espacial y hasta de las necesidades médicas y de trasplantes se benefician de ello.

La decisión de crear en su día, pues, el Instituto de Cerámica y Vidrio, un centro de I+D, allá por el año 1964, debe ser considerada, por lo tanto, como una medida de política científica enormemente inteligente que podríamos calificar incluso de visionaria.

Este instituto está celebrando este año su cincuentenario y puede presentar con todo merecimiento y todo orgullo una trayectoria de medio siglo de estrecha colaboración con el sector, de estrechísimas relaciones entre ambos que se retroalimentan y se enriquecen mutuamente.

En este libro que me honra prologar encontrarán ustedes pruebas fehacientes del buen hacer del Instituto de Cerámica y Vidrio y, por lo tanto, de lo acertado de su creación hace ahora medio siglo.

Como presidente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas yo estoy, simplemente, orgulloso de su existencia y de su labor.

Emilio Lora-Tamayo D'Ocon
Presidente del CSIC

Presentación

Hubo un tiempo, un espacio y unas personas ilusionadas que, hace medio siglo, el 22 de junio de 1964 convirtieron el Departamento de Silicatos del Patronato “Juan de la Cierva” del CSIC, dirigido por Vicente Aleixandre Ferrandis, en el actual Instituto de Cerámica y Vidrio, un centro de investigación que inició aquel año una carrera ininterrumpida hacia el apasionante mundo de la investigación en el campo de los materiales de cerámica y vidrio y que, en este año 2014, celebra su quincuagésimo aniversario.

Unos días antes de abandonar el Instituto de Cerámica y Vidrio, no sin cierta nostalgia, por mi jubilación, el director y la Junta de Instituto me propusieron coordinar una memoria sobre la labor desarrollada por el centro durante sus cincuenta años de existencia. En un principio me sorprendió un poco la propuesta pero, después, lo medité y me pareció una idea interesante, contar la historia del ICV, hacer una parada virtual en su camino que sirviera para reflexionar sobre el futuro, teniendo en cuenta todo lo que se ha logrado hasta ahora. En una visión retrospectiva de la vida, todos miramos las cosas que hicimos, las que no hicimos y también los errores cometidos. Me puse manos a la obra y empecé a mover papeles.

Para coordinar esta memoria he contado con un equipo de trabajo formado por los jefes de departamento, el gerente, la vicedirectora y el director del ICV. La principal tarea para llevar a cabo este proyecto ha sido la recopilación de la información y la puesta en orden de todo el material disponible: las actas de las diferentes Juntas de Instituto y de los Claustros Científicos; las memorias disponibles del ICV, las del Patronato “Juan de la Cierva” y las del CSIC. Se ha consultado el archivo histórico de la Universidad Complutense. También se han revisado los cincuenta años del *Boletín* de la SECV, coincidentes con los del ICV, y cuya interrelación merece capítulo aparte, buscando las noticias que aparecen en sus páginas relacionadas con las actividades del Instituto.

Los primeros años del ICV han sido los más difíciles de redactar por la poca o casi nula información disponible. En el año 1979 se empiezan a elaborar las primeras actas de la Junta de Instituto coincidiendo con el nombramiento de Demetrio Álvarez Estrada y Fernández-Castrillón como director, sustituyendo a Vicente Aleixandre Ferrandis.

He mantenido entrevistas con los investigadores ya retirados, como José María Fernández Navarro, que ha sido clave en la elaboración de esta memoria, Carlos Moure Jiménez, Juan Espinosa de los Monteros, recientemente fallecido, Flora Barba Martín Sonseca y Pedro Durán Botía. También he contactado con investigadores que pertenecieron al Instituto y que hoy trabajan en otros centros del CSIC. Y para obtener datos de algunos fundadores que iniciaron hace tiempo un viaje sin retorno, he recurrido a sus familiares, como Javier García Guinea, Trinidad Aleixandre Campos y Antonio H. de Aza Moya.

Esta memoria se presenta de forma cronológica teniendo en cuenta las tres sedes por las que ha pasado el ICV: el embrionario Instituto de la calle Serrano, donde se trabajaba como una gran familia en un espacio limitado en el que nos repartíamos los laboratorios, despachos y equipos; la sede de Arganda del Rey, que ha sido decisiva en la historia del centro, donde se vivieron acontecimientos de toda índole y se definieron los primeros departamentos y los objetivos del ICV para su continuidad y futuro y, por último, hace ya más de una década, la sede actual en la Universidad Autónoma, un contexto natural para un centro donde la labor investigadora sobre los nuevos materiales de cerámica y vidrio se viene desarrollando ininterrumpidamente, buscando siempre nuevos productos, nuevas calidades y nuevas aplicaciones.

Los jefes de los departamentos, Mario Aparicio Ambrós, José Francisco Fernández Lozano, Juan Rubio Alonso y María Antonia Sainz Trigo, han desarrollado una labor encomiable, encargándose de coordinar la labor de investigación realizada por sus respectivos grupos desde sus comienzos, resaltando aquellos trabajos que han conseguido mayor repercusión en el mundo científico. Otros capítulos han sido realizados por la vicedirectora María del Pilar Pena Castro y el gerente Rafael Gata López en colaboración con el resto del equipo de trabajo. En las unidades de servicio, que han venido funcionando desde la creación del ICV, se presenta la labor desarrollada y su implicación y colaboración con las distintas áreas de investigación desarrolladas en el Instituto.

Que esta mirada al pasado sirva para meditar sobre todo lo conseguido durante estos cincuenta años y anime a los actuales investigadores a seguir investigando y transmitiendo a la sociedad los conocimientos adquiridos, la parte noble de la investigación.

Mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han colaborado para llevar a buen puerto esta memoria.

Francisco Capel del Águila

Introducción

La institución que inició la política de investigación científica en nuestro país fue la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (JAE) creada en 1907 y heredera, en gran medida, de la Institución Libre de Enseñanza, la cual había sido fundada en Madrid en 1876.

La JAE, partidaria de la libertad de cátedra, de la inviolabilidad de la ciencia y del respeto a la conciencia individual, inauguró una etapa de desarrollo hasta entonces no alcanzada para la ciencia y la cultura españolas. Representó el proyecto más ambicioso de la historia de España para la regeneración de la ciencia en nuestro país, creando laboratorios e impulsando la investigación científica mediante la concesión de ayudas y becas para estancias en el extranjero [1]. En el seno de la JAE se formaron y trabajaron los mejores intelectuales y científicos de España entre 1907 y 1938. Entre las figuras más destacadas que se instruyeron fuera del país y que a su regreso a España crearon sus propios grupos de investigación se encuentran, entre otros, los físicos Blas Cabrera y Felipe (magnetismo) y su alumno Julio Palacios (difracción de rayos-X) y los químicos Ángel del Campo (análisis químico y espectroquímico), Miguel Antonio Catalán Sañudo (espectroquímica) y Enrique Moles (química física).

Dos décadas más tarde, en 1931, se crea la Fundación Nacional de Investigaciones Científicas y Ensayos de Reformas (FNICER), cuyo objetivo era desarrollar una política científica de carácter estable de apoyo a la investigación aplicada, así como poder conectar la investigación con la empresa.

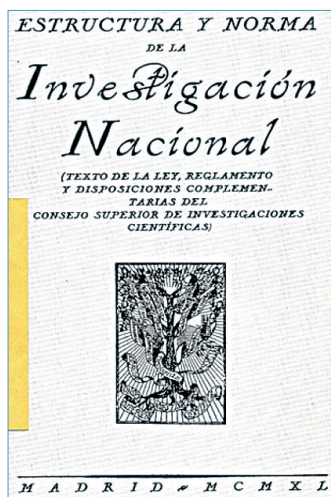
Con la guerra civil española se produce la ruptura con las dos instituciones de apoyo a la investigación que venían funcionando en el país, tanto la JAE como la FNICER, por un decreto del Gobierno, establecido en Burgos, el 19 de mayo de 1938, traspasando sus servicios al recién fundado Instituto de España y a las universidades. Según Sánchez Ron [2]:

“... la guerra civil produjo importantes consecuencias en el campo de la ciencia, motivadas tanto por el importante exilio de científicos como por las represalias sobre algunos de los que se quedaron y que fueron marginados”.

El 24 de noviembre de 1939, la JAE y la FNICER fueron sustituidas por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), cuyo primer secretario general fue José María Albareda Herrera. El primer reglamento del CSIC (BOE, 17 de febrero de 1940) establecía una serie de órganos de gobierno entre los que se encontraban los patronatos. Se constituyeron ocho que agrupaban a diecinueve institutos de la JAE y que recibieron nombres de científicos españoles: Raimundo Lulio, Marcelino Menéndez Pelayo, Alfonso X El Sabio, Santiago Ramón y Cajal, Alonso de Herrera, Juan de la Cierva Condorniu, José M.^a Quadrado y Diego de Saavedra Fajardo. En dicho reglamento, se indicaba expresamente que el Patronato de Investigación Aplicada “Juan de la Cierva” buscaría la colaboración de las empresas privadas, orientando su esfuerzo hacia el desarrollo de la independencia económica nacional y el progreso industrial del país.

El Consejo Ejecutivo del CSIC aprueba (28/6/1945) el Reglamento del Patronato “Juan de la Cierva”, le otorga plena personalidad jurídica para el desarrollo de sus fines propios y lo faculta para crear institutos y administrar sus recursos con autonomía económica y administrativa [3].

La estructura del CSIC por patronatos no dejaba de ser un reflejo de las áreas de la JAE y el Patronato “Juan de la Cierva” se arrogó los objetivos, instalaciones y parte del personal de la FNICER, como citaba el propio secretario general e ideólogo de la institución, José M.^a Albareda Herrera [4].



Estructura y Norma de la Investigación Nacional
(Biblioteca del Centro de Humanidades del CSIC).

En uno de los plenos del CSIC de 1961, el ministro de Educación Nacional, Jesús Rubio García Mina, sostenía que el Patronato “Juan de la Cierva” se situaba en el límite en la investigación aplicada:

“... una investigación que sirve de enlace entre la industria y la investigación propiamente dicha. Evidentemente, el desarrollo de esta misión resulta indispensable para nuestra revolución industrial en marcha...”.

Entre 1939 y 1959 el gobierno reclamó del CSIC el apoyo tecnológico para mantener la supervivencia de la industria española, encargando esta tarea al Patronato “Juan de la Cierva”. A él se incorporó el Instituto de la Construcción “Eduardo Torroja” y se crearon otros institutos orientados al apoyo de la industria, como el Instituto de Física Aplicada “Torres Quevedo” y el Instituto del Frío. En 1963 se fusionaron tres centros en el área de la metalurgia para crear el Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas (CENIM) y en 1966 se constituyó el Centro Nacional de Química Orgánica. En 1977 el CSIC se hizo cargo directamente de todos los institutos que hasta entonces habían formado parte de los distintos patronatos.

Origen del Instituto de Cerámica y Vidrio

Departamento de Silicatos

Uno de los primeros centros del CSIC fue el Instituto de Edafología y Fisiología Vegetal, creado en 1942 y encuadrado en el Patronato “Alonso de Herrera”, dedicado a las ciencias agrícolas, y cuyo primer director fue José M.^a Albareda Herrera, que compatibilizó su cargo con el de secretario general de la Institución. Dentro de este Instituto, Vicente Aleixandre Ferrandis dirigía un grupo de trabajo dedicado a la físico-química de las arcillas.

“En el contexto histórico de postguerra y de hambre, lo más importante era buscar comida, lo que traducido a la ciencia eran los suelos, las arcillas y los cultivos vegetales, lo que explica bastante bien el contenido del primer número de la revista *Anales* del Instituto de Edafología, Ecología y Fisiología Vegetal. La dispersión del CSIC por Granada, Salamanca, Zaragoza y Madrid junto con las universidades potenció la edafología creándose grupos de investigación sobre arcillas, mientras que otros se centraron en estudiar arenas de la única manera posible que era contar minerales bajo microscopios ópticos rudimentarios. Entre 1942 y 1947, el nuevo Instituto de Edafología tuvo que

atender peticiones privadas de estudios de arcillas para ladrillos, porque se producían muchas roturas por errores elementales en la fabricación”¹.

En el año 1947 el Patronato “Juan de la Cierva” dedicó una modesta asignación para realizar un “Estudio sobre talcos españoles y su aplicación a la fabricación de porcelanas dieléctricas”. Los autores de esta investigación fueron Manuel Demetrio Álvarez-Estrada y Fernández-Castrillón y Vicente Aleixandre Ferrandis. Los desarrollos presentados dieron lugar a una patente que adquirió una empresa española para la fabricación de aisladores eléctricos². Esta investigación, cuyo trabajo se había presentado bajo el lema KERAMOS, recibió en 1951 el premio “Juan de la Cierva” y fundamentó la memoria que presentó Álvarez-Estrada para obtener el grado de doctor por la Universidad Central de Madrid (Álvarez-Estrada, 1951). Tal vez como consecuencia del premio obtenido, se creó la Sección de Silicatos que dependía directamente del Patronato “Juan de la Cierva” y cuyo objetivo era desarrollar en España, dentro del marco de la investigación oficial, un programa general de investigación en el campo de la cerámica. Con el estudio sobre “Relaciones entre algunas propiedades físicas, químicas y técnicas de las arcillas” obtuvo el grado de doctor Antonio García Verduch (García, 1951).

Tras finalizar sus correspondientes tesis doctorales, Demetrio Álvarez-Estrada y Antonio García-Verduch realizaron una estancia posdoctoral (octubre 1951-septiembre 1952) en el instituto de investigación dedicado a la química de silicatos, *Chalmers Tekniska Högskola*, de Gotemburgo, Suecia, bajo la tutoría del profesor J. Arvid Hedwall, que era el referente de la química del estado sólido en aquella época. También trabajaron con el



Antonio García Verduch en Gotemburgo.

1 *Memorias* de Antonio García Verduch.

2 La instalación industrial para la explotación de la patente ha continuado en funcionamiento hasta finales de los años ochenta.

profesor Frechette. En dichos laboratorios desarrollaron un procedimiento de fabricación de esferas de vidrio recubiertas de una capa reflectante fabricadas mediante proyección con soplete de aire-acetileno para su aplicación en la señalización de carreteras³.

Durante dicha estancia se celebró en Estocolmo el IV Congreso de Sólidos de 1952. Dicho congreso supuso una puesta a punto de los conocimientos mundiales sobre el estado sólido y una nueva apuesta de José María Albareda, ya que consiguió que asistiera un nutrido grupo de investigadores españoles para seguir potenciando esta línea de trabajo⁴.

Tras el regreso de los investigadores españoles al Instituto de Edafología, la Sección de Silicatos pasó a convertirse en 1954 en el Departamento de Silicatos, dependiente del Patronato "Juan de la Cierva". A dicho departamento se trasladó Vicente Aleixandre con todo su grupo de colaboradores, integrado por Antonio García Verduch, Demetrio Álvarez-Estrada y Julia M.^a González Peña. Posteriormente, se incorporaron M.^a Carmen Sánchez Conde, Jaime Robredo Olave y José M.^a Fernández Navarro [1].

El 16 de febrero de 1960 se crea la Sociedad Española de Cerámica (SEC) a iniciativa de Antonio García Verduch y bajo la responsabilidad del Departamento de Silicatos del Patronato "Juan de la Cierva". Su fundación contribuyó a potenciar y difundir la labor investigadora del Departamento de Silicatos, tanto en el ámbito académico como en el sector productivo industrial [1]. Su creación fue un impulso importante para que el antiguo Departamento de Silicatos fuera convertido, en un instituto de investigación. En el año 1972 se incorporó el término "vidrio", denominándose, desde entonces, Sociedad Española de Cerámica y Vidrio (SECV). Dada la estrecha relación que el ICV ha mantenido con la SECV a lo largo de su historia, se dedicará un capítulo aparte a la vinculación entre ambas entidades.

Según manifestaciones de José M.^a Fernández Navarro, desde la creación de este Departamento de Silicatos subyacía, en estado embrionario, en la mente de Vicente Aleixandre la intención de incluir entre sus líneas de investigación el estudio de vidrios y vidriados. Un primer paso para poder disponer en nuestro idioma de un texto científico de referencia sobre vidrio en el yermo panorama español fue la traducción de un libro alemán sobre vidrio realizada por él y su colaboradora M.^a Carmen Sánchez Conde. En aquel momento, era la obra más avanzada y puesta al día que existía sobre la estructura, las propiedades y los procesos de fabricación del vidrio [5].

3 A su vuelta a España contactaron con un fabricante de pinturas y empezaron su producción a escala industrial, pero justo al empezar el proceso de fabricación les cambiaron las cerraduras de la fábrica y los dejaron en la calle. Hicieron la pertinente denuncia en el juzgado, hubo juicio y fueron indemnizados con 100.000 pesetas y pagaron 95.000 pesetas a su abogado. (*Memorias de A. G. V.*).

4 A. García Verduch y R. Lindner presentaron un trabajo sobre "Auto-difusión iónica en meta-titanato de bario"; el anfitrión, J. Arvid Hedwall habló sobre "Reactividad de sólidos y sus aplicaciones prácticas"; M. J. Buerger sobre "Precipitación de fases segregadas en soluciones sólidas" y el Premio Nobel de Física en 1914, Max Von Laüe, presentó un trabajo sobre "Interferencias de absorción en difracción de rayos X en cristales"; J. María Albareda, Vicente Aleixandre y Teófilo Fernández presentaron "La influencia de la composición de las arcillas y los cationes de intercambio sobre la oxidación catalítica de etanol gaseoso" y Vicente Aleixandre y Demetrio Álvarez-Estrada expusieron su trabajo "Talcos españoles y dieléctricos de esteatita".

II Congreso de Sólidos. Estocolmo 1952



Vicente Aleixandre y J. M.ª Albareda.



J. A. Hedwall, G. M. Schwab, V. D. Frechette
y M. Von Laüe (Nobel de Física 1914).



D. Álvarez-Estrada,
J. M.ª Albareda, A. García
Verduch y D. V. Frechette.



D. Álvarez-Estrada,
A. García Verduch
y Hedwall Jr.


Por aquel entonces se había empezado a considerar y tomar conciencia en la industria cerámica de los efectos nocivos que, para la salud, podía ejercer la presencia del óxido de plomo en los vidriados de los objetos de porcelana y loza de mesa, así como de cualquier objeto cerámico destinado a estar en contacto con los alimentos. Esta situación determinó el planteamiento de la primera tesis doctoral realizada en el Departamento de Silicatos sobre vidriados cerámicos, dirigida por Vicente Aleixandre Ferrandis, que J. M.^a Fernández Navarro defendió en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Central de Madrid (Fernández Navarro, 1963). Pocos meses después se marchó a Alemania, pensionado durante un año, por la Fundación Juan March, y prolongado seis meses más por la Sociedad Max-Planck, para ampliar sus estudios sobre vidrio en el Instituto Max-Planck de Silicatos de Würzburg bajo la tutela del profesor Rolf Brückner.

Como director del Departamento de Silicatos, Vicente Aleixandre Ferrandis presentó en 1964 una propuesta a la Junta de Gobierno del Patronato “Juan de la Cierva” solicitando que el mismo se elevara a la categoría de Instituto. Leída la propuesta por parte del secretario, Juan Luis de la Infiesta Molero, y bajo la presidencia de Manuel Soto Redondo es aprobada en la sesión celebrada el día 22 de junio de dicho año, con la denominación de Instituto de Cerámica y Vidrio (ICV), “comprometiéndose la institución a facilitarle nuevos y más amplios locales para tal fin y proporcionándole las consignaciones presupuestarias y de plantilla que proceda” [6]. Como director del Instituto se nombró a Vicente Aleixandre Ferrandis y como secretario a Demetrio Álvarez-Estrada. El personal del nuevo Instituto seguiría dependiendo administrativamente del Instituto de Edafología y Fisiología Vegetal.

1964-1971. Sede de la calle Serrano

Desde su creación hasta 1971, el ICV estuvo ubicado en el complejo de edificios anejos a la sede central del CSIC de la calle Serrano, ocupando la 1ª planta del número 113 y compartiendo edificio con otras divisiones del CSIC. La inauguración de la nueva sede del Instituto de Edafología y Fisiología Vegetal liberó espacio en el edificio y el ICV pasó a ocupar también la 2ª planta, lo que dio lugar a la incorporación de algunas técnicas nuevas. Además se posibilitó la incorporación de más personal becario para realizar la tesis doctoral, así como personal conexo a la investigación para atender los nuevos equipos y laboratorios.

En el año 1964 se incorporaron cuatro becarios, que fueron los primeros del ICV, Salvador de Aza Pendás, Juan Espinosa de los Monteros Muñoz, Pedro Durán Botía y Luis del Olmo Guillén. Los tres primeros realizaron sus tesis doctorales bajo la supervisión de Demetrio Álvarez Estrada que fueron defendidas en la Universidad Central de Madrid en el año 1967. Los nuevos doctores, Salvador de Aza Pendás y

 <p>Pres. D. Manuel Soto Redondo D. José M. Abadía He.</p>	<p>Acta de la Sesión celebrada por la Comisión Permanente de la Junta de Gobierno el día 22 de Junio de 1964</p> <p>En Madrid, a las once horas veinte minutos del día reñtidos de Junio de mil novecientos sesenta y cuatro y bajo la Presidencia del Excmo. Sr. D. Manuel Soto Redondo, Vicepresidente del Patronato, quedó reunida la Comisión Permanente en la Sala de Juntas, con asistencia</p>
<p>de los Pres. que al margen se expresa y actuando de Secretario el del Patronato.</p> <p>Excusan su asistencia los Pres. Fernando Anla y Rius Miró.</p> <p>Es lida y aprobada el Acta de la sesión anterior, correspondiente al día 5 de Junio de 1964.</p>	<p>DEPARTAMENTO DE SILICATOS</p> <p><u>Propuesta de reorganización</u></p> <p>El Secretario da lectura a un escrito del Director del Departamento de Silicatos en el que en forma razonada propone que se eleve dicho Departamento a la Categoría de Instituto, asignándole la denominación de Instituto de Cerámica y Vidrio, facilitándole nuevos y más amplios locales proyectados para tal fin y proporcionándole las consignaciones presupuestarias y de plantilla que proceda.</p>
<p>Estudiada detenidamente la propuesta formulada se acuerda crear el Instituto que se propone de Cerámica y Vidrio dentro los límites que sean oportunos.</p>	<p>Por lo que se refiere a los locales, consignaciones presupuestarias y plantilla de personal, se acuerda se tenga en cuenta para incluirlo en los planes generales del Organismo.</p>
<p>A las doce horas veinte minutos del día reñtidos de Junio de mil novecientos sesenta y cuatro se levanta la sesión</p>	<p>N.º B.º</p> <p>El Presidente</p> <p>El Secretario</p>
<p>M. Soto</p>	<p>[Signature]</p>

Acta de constitución del Instituto de Cerámica y Vidrio (22 de junio de 1964).



Sede de Serrano frente al edificio central del CSIC.

Juan Espinosa de los Monteros, realizaron estancias posdoctorales en el Departamento de Cerámica de la Universidad de Sheffield, Inglaterra, bajo la dirección del profesor White en los años 1971-1972, y Pedro Durán en el laboratorio de Altas Temperaturas del CNRS, bajo la dirección del profesor Collouges, de la Ecole Supérieure de Chimie de París.

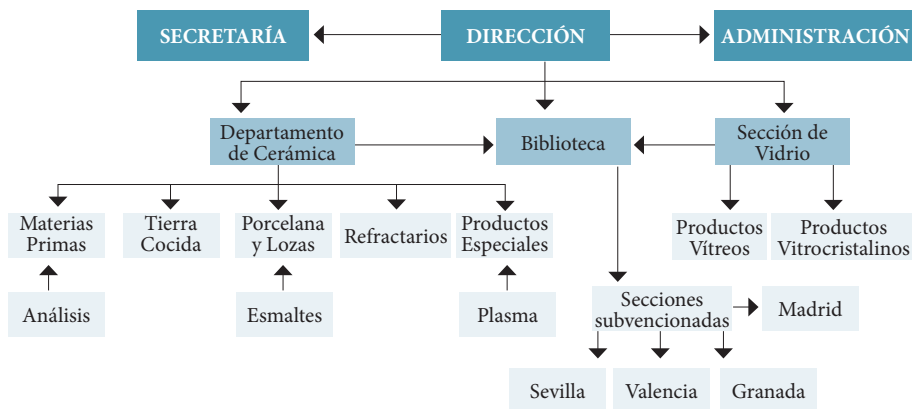
José M.^a Fernández Navarro, a su vuelta de Alemania, se incorporó al nuevo Instituto en el año 1966, generando un grupo de trabajo centrado en la investigación sobre vidrios. De acuerdo con la memoria del Patronato “Juan de la Cierva”, el ICV estaba organizado de la siguiente forma:

- Departamento de Cerámica: con cinco secciones: 1) Materias Primas; 2) Tierra Cocida; 3) Porcelanas, Lozas y Esmaltes; 4) Refractarios; 5) Productos Especiales y Plasma.
- Sección de Vidrio: Laboratorio de Productos Vítreos y Laboratorio de Productos Vitrocrystalinos.
- Sección subvencionada por la Facultad de Granada.
- Sección subvencionada por la Facultad de Valencia.
- Sección subvencionada por la Facultad de Madrid.
- Sección subvencionada por la Facultad de Sevilla.

Los trabajos de investigación se centraron en:

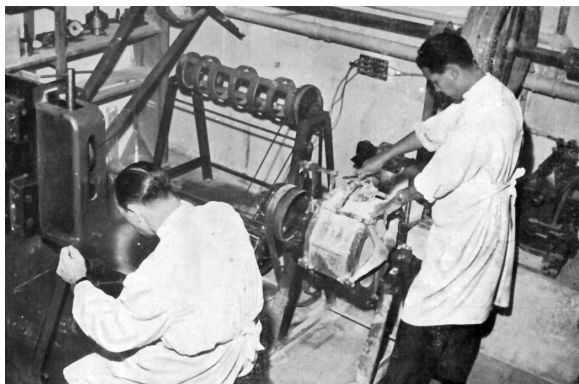
- Caracterización y estudio de materias primas de interés en cerámica y vidrio.
- Investigaciones sobre cerámica.
- Investigaciones sobre vidrio.
- Aplicaciones catalíticas absorbentes de los silicatos.

Organigrama del ICV del año 1966 (Memoria del Patronato “Juan de la Cierva”)



El personal que formaba parte del ICV por aquella época estaba formado por 36 personas en total⁵. La Junta de Gobierno del Patronato “Juan de la Cierva” nombró vicedirector a Demetrio Álvarez-Estrada, secretario a J. M.^a Fernández Navarro y jefe de Sección a Antonio García Verduch⁶.

La tesis *Refractarios básicos aglomerados químicamente en frío* de Salvador de Aza Pendás es galardonada con el premio “Juan de la Cierva” 1966, compartido con Demetrio Álvarez-Estrada. La noticia fue recogida por la prensa⁷. Era el primer premio de



Sala de procesos: molienda y prensado.

⁵ Director, 2 investigadores, 4 colaboradores, 2 colaboradores eventuales, 4 becarios, 1 ayudante, 2 auxiliares, 1 laborante, 2 mozos y 1 administrativo. Personal adscrito al Instituto de Edafología: 1 colaborador. Personal subvencionado: 4 jefes de sección, 7 ayudantes, 3 becarios y 1 laborante.

⁶ Por dicho nombramiento recibió una gratificación anual de 14.000 pesetas.

⁷ Diario *Ya*, 18 de junio de 1967.



Salvador de Aza recibiendo el premio "Juan de la Cierva" 1966.

investigación que recibía el centro desde de su creación. Un año después obtendría el grado de doctor (De Aza, 1967). Los medios técnicos de que disponía el ICV en aquella época eran muy primarios. Salvador de Aza comentaba en un artículo *in memoriam* las habilidades técnicas del vicedirector, Demetrio Álvarez Estrada [7]:

“Con él aprendí muchas cosas, desde cómo hacer un termopar hasta diseñar y construir un horno de alta temperatura, así como un equipo de análisis térmico diferencial. Verle arreglar un galvanómetro de cuadro móvil era un ejercicio de paciencia y minuciosidad, donde el tiempo, que ahora nos avasalla, entonces no contaba. Recuerdo su apuesta con Vicente Aleixandre para construir un horno que llegara a 1150 °C. ¡Ganó la apuesta!”

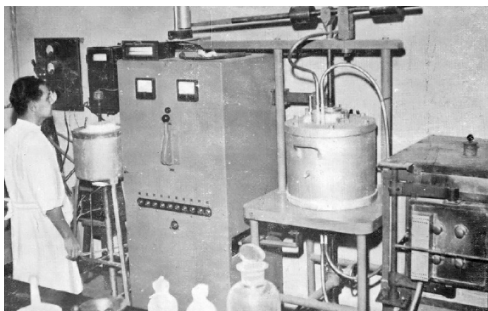
Entre los temas que comenzaron a despuntar en esos años se pueden destacar los biomateriales, tan relevantes en la actualidad, en los que Demetrio Álvarez-Estrada fue pionero al desarrollar toda una serie de porcelanas dentales. Y la tesis de Juan Espinosa de los Monteros (Espinosa, 1967) desembocó en la utilización de la sepiolita como absorbente de aceites minerales y dio lugar a una patente que adquirió entonces la compañía Silicatos Anglo-Espanoles y que se utilizó para la eliminación de los vertidos de fuel en la primera catástrofe ecológica del superpetrolero *Torrey Canyon* (18/3/1967) [8].

En el año 1968, existía en el ICV un órgano consultivo denominado Consejo Técnico Administrativo (CTA) que estaba formado por un presidente, que era el director del Instituto; un secretario, también del ICV, y 13 vocales pertenecientes a los sectores de la cerámica y el vidrio (Elsa, Bonastre y Cia, Productos Cobo, Sociedad General de

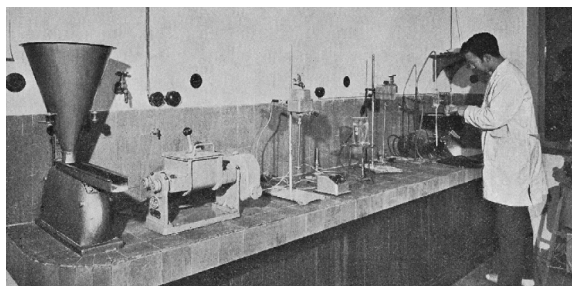
Productos Cerámicos, Cristalería Española, Cerámica Domínguez de Levante, Sindicato del Vidrio y la Cerámica, Luso Española de Porcelanas, Dídier, El Corindón Español, Vidriería Rovira, Sangrá y General de Aisladores). La función específica del CTA era la de representar los intereses científicos y técnicos de la industria privada a los que atendía el ICV, orientando a la dirección sobre los programas de investigación que pudieran ser de mayor interés para la economía del país, prestando la asistencia técnica que permitan sus instalaciones. También eran funciones del CTA la aprobación de la memoria de actividades y el presupuesto del ICV, que habría de elevarse a la Junta de Gobierno del Patronato; la de informar a dicha junta acerca de los nombramientos de director, vicedirector y secretario del Instituto, así como la designación de los vocales de la Junta de Instituto.

La finalidad del ICV, de acuerdo con las normas establecidas por el Patronato “Juan de la Cierva”, se estableció en los siguientes términos:

- Desarrollar programas de investigación científica y técnica en el campo de la cerámica y del vidrio, con especial atención a los que, por su carácter aplicado, contribuyan de un modo directo a mejorar el desarrollo técnico y económico de la industria nacional.
- Promover vocaciones, formar y seleccionar al personal investigador, especializándolo en el campo de su actividad, mediante la realización de tesis doctorales.
- Estimular y difundir los conocimientos sobre la cerámica y el vidrio a través de las publicaciones, cursos de enseñanza, coloquios, reuniones y congresos.
- Realizar investigaciones concertadas, informes, ensayos y determinaciones para la industria privada, a solicitud de empresas aisladas o de grupos mancomunados.
- Actuar dentro de su especialidad como entidad neutral en la emisión de informes y de cuantas acciones le sean solicitadas por los órganos oficiales.
- Patrocinar asociaciones para el fomento de las actividades científicas y tecnológicas dentro de la especialidad de la cerámica y el vidrio.



Sala de hornos: resistencia mecánica bajo carga de materiales refractarios.



Laboratorio de ensayos (1969).

Y como órganos de gobierno y administración del centro se establecieron los siguientes:

- Consejo Técnico Administrativo (CTA), presidido por el director del centro, un secretario y un número de vocales, no inferior a seis, elegidos en el sector industrial y nombrados por el Patronato.
- Director, que representa al ICV en su aspecto científico y técnico.
- Vicedirector, para asistir al director en las tareas del centro.
- Secretario para velar por la ejecución de las normas establecidas por la Dirección del Instituto.
- Junta de Gobierno, que es el órgano del centro que asesora a la dirección.

La Junta de Gobierno estaba formada por:

- Director: Vicente Aleixandre Ferrandis.
- Vicedirector: Demetrio Álvarez-Estrada y Fernández-Castrillón.
- Secretario: José María Fernández Navarro.
- Jefe de Sección: Antonio García Verduch.
- Jefe de Sección: José de Andrés Jiménez.

En mayo de 1968 *se* presenta un documento de “sugerencias”, elaborado por el secretario, José M.^a Fernández Navarro, para revisar la organización del centro debido al crecimiento espectacular que había tenido el Instituto en los últimos años⁸. La plantilla de personal pasa de media docena de personas, que había en sus orígenes, a más de treinta. En dicho documento se comenta la individualización que existe en el Instituto, que podría conducir a una diversificación de líneas de trabajo⁹.

⁸ Casi sin advertirlo el centro ha evolucionado de su infancia tranquila y feliz a una adolescencia agitada y bullente de inquietudes, entusiasmos y ambiciones.

⁹ Es preciso proceder a la integración del personal en grupos naturales de trabajo que constituyan células armónicas y que, dependiendo de una cabeza de grupo, orienten concordantemente su actividad dentro de un área determinada bajo las directrices establecidas por la dirección del Instituto.

Hasta ese momento el ICV estaba compuesto por químicos provenientes sobre todo del Departamento de Silicatos. El primer licenciado en Ciencias Físicas que se incorporó al centro, avalado por José Luis Oteo Mazo, fue Carlos Moure Jiménez en el año 1967. Posteriormente se incorporaron otros físicos, José Ramón Jurado Egea y José Serafín Moya Corral, quien comentaba sobre su primer encuentro con Antonio García Verduch [9]:

“Me cautivó su entusiasmo y su experiencia en grandes universidades (Imperial College, Karolinska Institute, MIT, Alfred University, etc.) con los más destacados científicos del área, como Wagner, Hedvall, Lidner, Kingery o Pask. Algo que en aquel entonces era privilegio de muy pocos. Sus ideas y su forma de contemplar la ciencia se alejaban de lo que hoy se entiende como ‘investigación incremental’. Todo lo que proponía era como un gran salto hacia delante siempre que se pudiera abordar con los limitadísimos medios disponibles. Por ello fue un visionario que se adelantó varias décadas a su tiempo. Me propuso como tema de tesis la fabricación de eucryptita, un compuesto ternario del que yo no había tenido referencia previa y del que solo encontré en la literatura 2 o 3 trabajos. La vía que me indicó para su síntesis fue a partir de caolín y carbonato de litio, la única posible con los escasos medios de los que disponíamos en el laboratorio”¹⁰.

A mediados de los años sesenta se estableció un convenio de colaboración entre el Patronato “Juan de la Cierva” y la Sociedad Max-Planck para el intercambio de visitas y estancias de científicos de ambas instituciones. De acuerdo con dicho convenio, el doctor Rolf Brückner, del Max-Planck-Institut für Silikatforschung, permaneció en el ICV, a partir de enero de 1968, durante un periodo de tres meses y, en ese tiempo, impartió una serie de doce conferencias sobre propiedades del vidrio y físico-química de las arcillas.

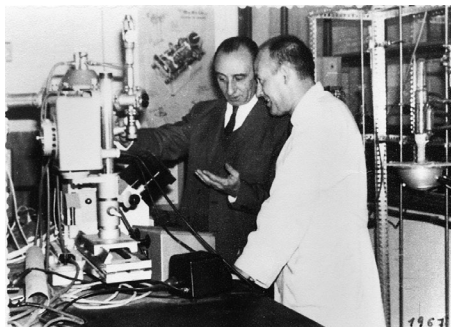
Era preocupación del Patronato “Juan de la Cierva” que el carácter de la investigación del ICV fuera de aplicación industrial dada la etapa de industrialización en la que se encontraba el país y evitar competencias extranjeras. Lógicamente dicha investigación debería ir con el desarrollo de la investigación básica con objeto de derivar en posibles aplicaciones. Otra de las inquietudes del Patronato fue la de responsabilizar a cada investigador del aspecto económico de su labor, aprovechando los escasos medios de que disponía, para sacarle el máximo rendimiento. Los centros tenían la obligación de atender las solicitudes de la industria, distinguiendo los proyectos de investigación de los ensayos de caracterización. Asimismo, se recomendó la celebración, de manera regular

10 Años más tarde, la fase microcristalina obtenida por desvitrificación (eucryptita) es la base para la fabricación de placas vitrocerámicas, espejos espaciales y telescopios avanzados.

y periódica, de un coloquio al mes como una actividad más del Instituto, con objeto de tener una mayor vinculación científica entre sus miembros y para que dicha actividad sirviera de foro de discusión de los trabajos de investigación, tanto en su fase inicial como final. Y no debería publicarse ningún trabajo sin haberse expuesto a la opinión de los investigadores.

Del 22 al 28 de septiembre de 1968 se celebró en Madrid el XI Congreso Europeo de Cerámica organizado por la SECV, en donde el ICV tuvo una participación muy activa ya que, aparte de la implicación de una parte importante de personal en dicho evento, la Secretaría del mismo estuvo a cargo de Antonio García Verduch, que a su vez era el secretario general de la Sociedad. A dicho congreso asistieron representantes de todos los países miembros de la Asociación Europea de Cerámica, así como de otros no miembros de dicha asociación.

Durante dicho año de 1968, la Sección de Vidrios de la SECV organizó en Madrid la I Reunión Técnica del Vidrio en el Salón de Actos del Patronato “Juan de la Cierva”. En dicha reunión participaron el Instituto de Cerámica y Vidrio, el Institut du Verre y la Stazione Sperimentale del Vetro. La apertura de la reunión estuvo a cargo de Vicente Alexandre Ferrandis, en su doble condición de presidente de la SECV y director del ICV, quien agradeció a Vittorio Gottardi y Jaime Robredo, de la Stazione Sperimentale del Vetro y del Institut du Verre, respectivamente, su asistencia y colaboración en el desarrollo de la reunión¹¹.



Demetrio Álvarez-Estrada y Salvador de Aza en el laboratorio de la sede de Serrano.

¹¹ Las ponencias comenzaron con el trabajo presentado por José M.^a Fernández Navarro sobre “La estructura del vidrio”. Por parte del ICV presentaron también ponencias, Julia M.^a González Peña, sobre “Aplicaciones de microscopía al estudio del Vidrio”, y Carmen Sánchez Conde, sobre “La espectroscopia infrarroja en el campo del vidrio”. La sesión de clausura correspondió a José Luis Oteo Mazo que expuso un trabajo sobre “La superficie del vidrio y su influencia en la resistencia mecánica”.

1971-2002. Sede de Arganda del Rey

Con motivo de la expansión de los centros e institutos tecnológicos en áreas emergentes, tales como la automática y robótica, fermentaciones industriales y cerámica y vidrio, que requerían espacios para plantas industriales, el CSIC optó por ubicar los mismos en la localidad de Arganda del Rey.



Sede de Arganda del Rey.

Antonio García Verduch, Vicente Aleixandre Ferrandis y Demetrio Álvarez Estrada estuvieron muy involucrados en el diseño del nuevo edificio con el equipo de profesionales que realizó el proyecto. El ICV se concibió como una síntesis de laboratorio y planta piloto, dedicándose grandes superficies a la sala de hornos y a la nave de ensayos y procesamiento. En un principio se iba a construir en el km 7 de la carretera de Valencia, en las instalaciones que finalmente serían destinadas a la Universidad Politécnica de Madrid. El Patronato “Juan de la Cierva”, a través de su presidente, Juan Luis de la Ynfesta, resolvió el traslado a la localidad de Arganda del Rey. Dicha decisión fue muy criticada por todo el personal del ICV que no entendió el traslado a un lugar tan alejado de la ciudad y en un contexto inadecuado para las actividades que desarrollaba el centro.

El CTA consideró insuficiente la dotación presupuestaria del ICV para poder atender la formación de cuadros de personal y las necesidades de material y equipamiento que, en breve plazo, exigirían las nuevas instalaciones en Arganda del Rey, imprescindibles para poder realizar los ensayos e investigaciones solicitadas por la industria. Se acordó aprobar un proyecto de ayuda económica de entre 3 y 4 millones de pesetas por las empresas integrantes de los sectores de cerámica blanca, refractarios, vidrios y tierra cocida.



Jesús M.ª Rincón, trabajando en el primer microscopio electrónico del ICV.

El 3 de diciembre de 1971 el director del Instituto, Vicente Aleixandre, comunicó al personal el traslado del centro a su nuevo emplazamiento en Arganda del Rey (Km 24,300 de la A-3) donde comenzarían sus actividades el 9 del mismo mes. El nuevo edificio tenía una superficie construida de 4.000 m² repartidos en cuatro niveles.

El primer microscópico electrónico de transmisión del ICV, que estaba sin desembalar, se traslada al Instituto bajo la supervisión de Julia M.ª González Peña, ayudada por el becario Jesús M.ª Rincón López. En un principio, el ICV compartía el edificio con el Instituto de Automática Industrial, hasta que en 1973 el centro se dedicó enteramente al Instituto, en donde ha permanecido más de treinta años¹².

El Instituto se estructuró siguiendo la configuración departamental, con jefatura de los profesores de investigación: Demetrio Álvarez-Estrada, para Cerámica; José M.ª Fernández Navarro, para Vidrios y Antonio García Verduch, para Ciencia Básica [5]. Y las líneas de trabajo desarrolladas por el ICV, desde su fundación y las que posteriormente se han ido incorporando a su programa de investigación, trataron de cubrir el campo científico y tecnológico de la cerámica y el vidrio. Las técnicas experimentales, con las que contaban el Instituto en aquella época, respondían tanto a los trabajos de investigación desarrollados en el centro como a los requerimientos de la industria. La organización del ICV por aquellos años era la siguiente:

1. Departamento de Materias Primas.
 - 1.1. Sección de Microscopía Electrónica.
 - 1.2. Laboratorio de Dilatometría.
2. Departamento de Cerámica.
 - 2.1. Sección de Refractarios.

12 El 20 de diciembre de 1973 se produce el asesinato del general Carrero Blanco. Se paralizan todas las actividades y se produce una gran conmoción entre el personal que estaba a 23 km de distancia de la capital. Ante el nerviosismo despertado, el personal del ICV regresa a sus respectivos domicilios. Ese año las autoridades del CSIC deciden adelantar las vacaciones de Navidad.

- 2.2. Sección de Cerámica Blanca.
- 2.3. Sección de Productos Cerámicos Especiales.
- 3. Departamento de Ciencia Básica.
 - 3.1. Sección de Reacciones en Estado Sólido.
 - 3.2. Sección de Cerámica Física.
- 4. Departamento de Vidrios.
 - 4.1. Sección de Físico-Química del Estado Vítreo.
 - 4.2. Sección de Tratamientos Especiales del Vidrio.
- 5. Sección de Análisis.
- 6. Planta de ensayos.
- 7. Planta de procesos y hornos.
- 8. Información y documentación.
- 9. Secretaría.
- 10. Servicios Técnicos.
- 11. Servicios Generales.

En el año 1973 el personal estaba formado por 25 científicos titulados superiores y de grado medio, 25 auxiliares y 3 administrativos. A finales de dicho año, el director del ICV ingresó en la Real Academia de Farmacia¹³.



Toma de posesión como académico de número de la Real Academia de Farmacia del Excmo. Sr. D. Vicente Aleixandre Ferrandis, director del ICV y presidente de honor de la SECV (Madrid, 1973).

¹³ El 13 de diciembre de 1973, el director del ICV Vicente Aleixandre Ferrandis ingresa como académico de número en la Real Academia de Farmacia con un discurso sobre "El vidrio en la tecnología moderna", siendo contestado por Manuel Lora Tamayo.

Cinco años más tarde, en 1978, se presentaron varias propuestas de reestructuración del ICV de acuerdo con el reglamento orgánico del CSIC (RO 3450/1977):

“Los Institutos se organizarán en unidades estructurales de investigación, correspondientes a las disciplinas o líneas cultivadas por el centro y en unidades de servicio, entre las que se incluirán, en su caso, la biblioteca y el servicio de publicaciones. Para la ejecución de proyectos concretos y de los programas a que hace referencia el artículo 27, podrán constituirse equipos de investigación en los que podrá intervenir personal de distintas unidades, previa propuesta de los propios investigadores a la Junta de Instituto”.



Exposición de materiales de cerámica y vidrio en el hall de entrada.

Debido a la gran diversidad de sectores industriales que integraban la cerámica y el vidrio se recomendó concretar los fines y objetivos del Instituto así como, la formación del personal. El Instituto debería dedicarse a investigación aplicada en el campo de la cerámica y el vidrio y fomentar las relaciones con la industria mediante contratos de investigación a medio y largo plazo.

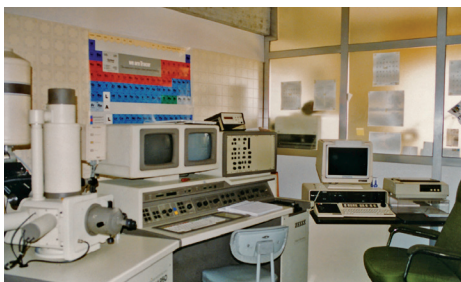
Para la reestructuración del ICV en Unidades Estructurales de Investigación (UEI) se celebraron varios claustros científicos, abiertos a todo el personal, y se estudiaron varias propuestas, presentadas por el personal investigador: una única unidad estructural de “Cerámica y Vidrio”, dos unidades estructurales, una de “Cerámica” y otra de “Vidrio” y alguna otra propuesta que contemplaba la clasificación de las disciplinas y subdisciplinas científicas elaborada por la UNESCO. El claustro, que se celebró en julio de 1978, envió una propuesta de reestructuración del centro al CSIC con dos unidades estructurales de investigación: UEI de Cerámica y Vidrio y UEI de Desarrollo Tecnológico en Cerámica y Vidrio. Como apoyo a las funciones que deberían cumplir las unidades se consideró necesario el establecimiento de una serie de unidades de servicio: Servicios Administrativos; Biblioteca, Documentación y Publicaciones; Taller, Diseño y Mantenimiento; Análisis Químico; Difracción de Rayos-X; Microscopía Óptica y Electrónica; Métodos Térmicos, y Procesos y Ensayos Técnicos.

Vicente Aleixandre Ferrandis, uno de los principales impulsores y fundadores del ICV, cesa en la dirección del centro en el año de 1978 y Demetrio Álvarez Estrada, que venía ejerciendo como vicedirector pasa a ser director en funciones.

En el año 1979 se termina la reestructuración del ICV y se constituye oficialmente la primera Junta de Instituto (19/6/1979) formada por: Demetrio Álvarez-Estrada, Francisco Álvarez, Salvador de Aza, Emilio Criado, Pedro Durán, María Chorro, J. M.^a Fernández Navarro, Francisco Morales y Francisco J. Valle¹⁴. La Junta de Instituto, oído el Claustro Científico, presentó como único candidato a director a Demetrio Álvarez-Estrada y como vicedirector a Salvador de Aza. En dicha junta se acordó que los trabajos presentados a reuniones y congresos nacionales e internacionales tenían que ser expuestos ante el claustro para su evaluación y posterior aprobación por la Junta de Instituto. El ICV quedó organizado de la siguiente forma:

- Unidad Estructural de Investigación Cerámica.
- Unidad Estructural de Investigación de Productos Especiales.
- Unidad Estructural de Investigación de Vidrios.
- Unidad Estructural de Investigación Métodos Físico-Químicos.
- Unidad de Servicio de Mantenimiento, Taller y Diseño.
- Unidad de Servicio de Biblioteca.
- Unidad de Servicio de Procesos y Ensayos Técnicos.
- Unidad de Servicio Generales.

El Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo solicitó del ICV un representante del centro para la comisión encargada de otorgar el sello INCE, un distintivo de calidad que se concede a cualquier tipo de material, producto o sistema utilizable para la construcción



Laboratorio de microscopía electrónica.



Sala de ensayos técnicos.

14 Las primeras Juntas de Instituto se realizaban en varias reuniones en distintos días. La primera oficial se llevó a cabo en siete reuniones durante el periodo del 19 de junio al 6 de julio de 1979, y algunas llegaron a las diez reuniones.

o el equipamiento de los edificios en reconocimiento de su adecuación tecnológica. Y la Junta de Instituto nombró para dicho cargo a Antonio García Verduch.

A principios de los ochenta, la Junta de Instituto plantea llevar a cabo un análisis interno del ICV para lo cual se acuerda celebrar una serie de reuniones para tratar, entre otros, los siguientes temas: política científica, política de personal, régimen interno de funcionamiento, asistencia técnica a la industria y seguridad e higiene en el trabajo.

Durante el I Congreso Iberoamericano de Cerámica, Vidrio y Refractarios, organizado por la SECV con la colaboración del ICV, que tuvo lugar en Torremolinos en 1982, los investigadores del ICV participaron de forma mayoritaria y activamente en dicho evento con la presentación de comunicaciones en las diferentes secciones¹⁵.

La historia de este primer cincuentenario del ICV no sería completa si no se hablara de un antes y un después de la década de los ochenta. En unas declaraciones realizadas al boletín de la SECV en el año 1992, Pedro Durán comentaba lo siguiente:

“Que aunque en el año 1971 es cuando el ICV empieza a realizar una labor de investigación que se puede considerar como razonablemente buena a nivel nacional, habría de transcurrir un lustro más para que, sobre la base de los conocimientos acumulados por un grupo de investigadores en sus estancias en centros extranjeros, el ICV empezaría a adquirir visos de centro que, con criterios más sólidos sobre la planificación científica, pudiera proyectarse como tal en todo el ámbito nacional e ir preparando el futuro para competir en foros internacionales. La democratización de las estructuras en la investigación científica, por un lado, y el posterior ingreso de nuestro país en el Mercado Común Europeo¹⁶, por otro, fueron esenciales para poner de manifiesto los esfuerzos realizados en otros años de penuria de medios tanto humanos como técnicos y/o económicos. De esta manera, se llega a los años ochenta en los que el ICV, ya organizado en Unidades Estructurales de Investigación, con una plantilla de investigadores aceptable (27), 13 investigadores en formación y con un personal competente de apoyo a la investigación, podía afrontar el futuro con perspectivas más halagüeñas”.

Efectivamente, es a partir de 1983 cuando el ICV, sobre la base de tres factores fundamentales como son: a) la gran experiencia adquirida por el personal investigador en centros extranjeros, tanto en cerámica como en vidrio; b) una mejor reorganización del Instituto por Unidades Estructurales de Investigación, y c) la integración en 1986 en la CEE que, como contribuyente neto, facilitó la aportación de gran cantidad de fondos desde la Comunidad de Madrid al Instituto y el desarrollo de una investigación científica

¹⁵ En el II Congreso Iberoamericano celebrado en Buenos Aires en 1988, el ICV también tuvo una participación importante en la realización de dicho evento.

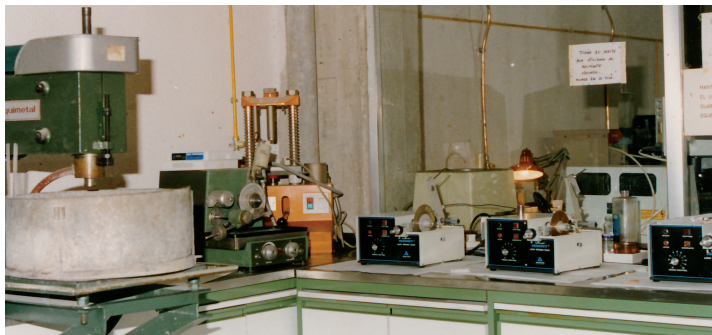
¹⁶ El 12 de junio de 1985, en el Salón de Columnas del Palacio Real de Madrid, se firma el Tratado de Adhesión de España a la Comunidad Económica Europea que entraría en vigor el 1 de enero de 1986.

y tecnológica de calidad. Se podría decir que, tanto para el CSIC en general como para el ICV en particular, la década de los ochenta fue una “década prodigiosa”. El ICV se proyectó hacia el exterior con una participación importante de nuestros investigadores en Programas de Investigación Europeos (BRITE, COST, etc.). Las directrices que emanaban de la CEE y también del CSIC se centraban en poner al país al día en la producción científica, ya que estábamos muy por debajo de la media de nuestros socios europeos. Tres grupos destacaron en el ICV por su actividad científica: el de Refractarios y Materiales Cerámicos Avanzados, liderado por Salvador de Aza y fuertemente apoyado por Serafín Moya, Pilar Pena, Ángel Caballero, etc.; el de Electrolitos Sólidos Conductores Iónicos, liderado por Pedro Durán, trabajando estrechamente con Carlos Moure, José Ramón Jurado y Carmen Pascual, entre otros; y el de Vidrios, dirigido por José María Fernández Navarro, con la colaboración de Alicia Durán, M.^a Ángeles Villegas, etc. Todos abordaron los temas más innovadores en sus campos de investigación, promoviendo la incorporación del Instituto a la escena internacional de la I+D. Un reconocimiento del nivel de formación y conocimientos de estos grupos de investigación en las distintas áreas de la cerámica y el vidrio dio lugar a que las publicaciones científicas que estaban limitadas al ámbito del Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, aún no incluido en Science Citation Index (SCI), se orientaran en esta década hacia revistas internacionales de primer orden, pasando de publicar una treintena de trabajos al año a unos 70-80 en dicha década.

La apertura hacia una nueva orientación en la elección de los temas de investigación, las buenas relaciones con otros centros de investigación y universidades de otros países, así como los nuevos desarrollos tecnológicos nacidos de estas relaciones y su posterior proyección hacia las industrias nacionales, con fuerte innovación tanto científica como tecnológica en los sectores de la cerámica y el vidrio dio lugar a un cambio cualitativo del centro.



Biblioteca y sala de lectura.



Laboratorio de pulido.

Para realizar esta ingente labor científica y/o tecnológica se contó, además, con el inestimable apoyo de los nuevos grupos de investigación surgidos en el ICV. A finales de los ochenta surgen dos nuevos grupos liderados por José Serafín Moya y José Luis Oteo Mazo. Posteriormente, a finales de los noventa, se crean tres nuevos grupos liderados por Alicia Duran Carrera, José Francisco Fernández Lozano y José Ramón Jurado Egea. De esta manera, el ICV consiguió, en esta década, ser considerado como un centro de investigación relevante o cuasi de excelencia en el CSIC. A principios del año 1983, se planteó la creación de una nueva UEI, denominada “Superficies Cerámicas y Vítreas”. El tema se analizó en el Claustro Científico y después la Junta de Instituto dio su aprobación.

El director del ICV, Demetrio Álvarez-Estrada se jubiló en el año 1983 tras haber realizado, en sus últimos cuatro años, una intensa tarea que permitió consolidar la reestructuración del Instituto y orientar sus programas de investigación con las corrientes dominantes en la cada vez más pujante ciencia de los materiales cerámicos y vítreos, sin abandonar el apoyo al sector industrial. El estudio de las nuevas propiedades en materiales cerámicos y su investigación orientada hacia un trasvase de conocimientos a su entorno productivo fue la constante de su actividad profesional y de esta idea impregnó al centro desde sus orígenes.

El vicedirector Salvador de Aza ocupa el puesto de director en funciones y se inicia un nuevo proceso electoral con las candidaturas de Antonio García Verduch y Salvador de Aza Pendás. Ambos candidatos presentaron sus programas respectivos ante el Claustro Científico (8/6/1983). Antonio García Verduch, que previamente había repartido un avance programático de 18 puntos, comenta la motivación que le lleva a presentarse a director: “No me considero el más cualificado ni el más preparado, pero sí el más antiguo”. A continuación tomó la palabra Salvador de Aza Pendás diciendo que por antigüedad no le corresponde a él, que se presenta a petición de un grupo de personal y que apoya todos los puntos presentados por García Verduch. Celebrado el proceso electoral, tras responder los candidatos a todas las preguntas sobre los distintos aspectos del centro, ganó la candidatura Salvador de Aza, cuyos resultados se enviaron al

CSIC. La Junta de Instituto (3/10/1983) una vez nombrado director por parte del CSIC a Salvador de Aza, propone como vicedirector a Pedro Durán Botía y como secretario a Francisco José Valle Fuentes.

El 30 de abril de 1984 se reúne el Claustro Científico del ICV para analizar la programación del CSIC durante el trienio 1985-1987, teniendo en cuenta las directrices marcadas por el organismo en cinco fases: elaboración del marco global (en donde se contemplan dos tipos de proyectos, sencillos y coordinados); elaboración de proyectos concretos; evaluación; ejecución y seguimiento.

El ICV ha participado activamente en los Encuentros del Grupo Español de Fractura (GEF) que, desde su creación en el año 1984, han tenido lugar de forma anual e ininterrumpida en distintos lugares de la geografía española y también en Portugal. Investigadores relacionados con el campo de las propiedades mecánicas y de la mecánica de fractura, como Serafín Moya, Pilar Miranzo, M.^a Isabel Osendi, Carmen Baudín, Felipe Orgaz y Francisco Capel, han colaborado como ponentes en los distintos encuentros. Los trabajos presentados se encuentran publicados en los *Anales de Mecánica de Fractura* que anualmente se publican coincidiendo con dichos encuentros.

En el año 1987, en base al Plan Sectorial de Investigación, se plantea en el ICV por primera vez la investigación en superconductividad en materiales cerámicos, para lo cual se solicitan dos proyectos al Plan Nacional, uno dirigido por Pedro Durán (UEI Productos Especiales) y otro por Serafín Moya (UEI Cerámica). La evaluación recibida aconseja la unión de los dos proyectos en uno solo y, después de un amplio debate y teniendo en cuenta las limitaciones del ICV para hacer determinadas medidas que se podrían hacer en otros Centros del CSIC, se acuerda que sea Pedro Durán el que lidere el proyecto conjunto. Entre los años 1987-1988 se publicaron varios artículos sobre YBaCuO en revistas internacionales y, posteriormente, se leyeron dos tesis doctorales (Saiz, 1992) y (Tartaj, 1992).

El CSIC elabora un programa sectorial para el trienio 1988-1990 y se crean varios subprogramas dentro de las UEI del ICV.

Una delegación de la American Ceramic Society formada por diecisiete personas visitó nuestro país en 1988, encabezada por Mr. W. Paul Holbrook Executive, director de la American Ceramic Society, y Dale E. Niesz, Associate, director del Center for Ceramics Research Rutgers University¹⁷. La delegación americana mantuvo un encuentro en el ICV con un grupo de científicos y técnicos españoles. A continuación,

17 Antonio García Verduch, después de sus años de estancia en EE. UU. y conocer y participar personalmente en la Sociedad Americana de Cerámica fue el que, con todo entusiasmo, inició los primeros pasos para la formación de una sociedad similar a la americana que aglutinara a los sectores científico y técnico de cerámica y vidrio en nuestro país. El director del Instituto, Salvador de Aza Pendás, dio la bienvenida a los delegados americanos e impartió una conferencia titulada "Ceramic and Glass Research in Spain". Posteriormente, el nuevo presidente de la SECV, Miguel Ángel Delgado, habló sobre "The Spanish Ceramic and Glass Society. The Ceramic and Glass Industry in Spain", exponiendo las actividades que desarrollaba la sociedad en este campo, así como una panorámica de la situación de la industria de la cerámica y el vidrio en España.

los representantes de las secciones de la Sociedad Americana de Cerámica expusieron una serie de comunicaciones sobre cerámica y vidrio, con especial dedicación a los materiales refractarios.

El día 3 de mayo de 1989 se celebró un acto de despedida con motivo de la jubilación de Antonio García Verduch. El director Salvador de Aza glosó, con cálidas palabras, la trayectoria profesional del profesor y la inmensa labor desarrollada en el centro. A continuación Antonio García Verduch se despidió del personal con interesantes reflexiones nacidas de su larga experiencia profesional. “Subrayó los valores humanos del investigador, su capacidad de trabajar en equipo, su laboriosidad, su humildad y la dimensión social de su trabajo. También señaló el valor de la Ciencia como contribución al bienestar humano”.



Antonio García Verduch (Macastre, Valencia, 1924). Terminó los estudios de Magisterio en 1943. Se licenció en Ciencias Químicas en 1947 por la Universidad Central de Madrid, obteniendo el grado de doctor en 1951. En la década de los cincuenta tuvo una beca posdoctoral de un año en Suecia y otros tres años en USA. A su vuelta a España trabajó sobre ciencia cerámica básica y participó en la creación de la SECV y del *Boletín* de la Sociedad, siendo su redactor jefe durante treinta años. También fue fundador y secretario general de la Sociedad Europea de Cerámica desde 1966 hasta 1971. Fue uno de los promotores de la creación del ICV en el año 1964. Dentro del CSIC trabajó de científico titular (1954-1959), investigador científico (1960-1970) y profesor de investigación del CSIC (1971-1989). Realizó misiones de cooperación en laboratorios y fábricas de cerámica y vidrio de España, Portugal, Suecia, UK, USA, Alemania, Francia, Dinamarca, Bélgica, Suiza, Argentina, Chile, Uruguay, Colombia, Venezuela, Paraguay, Ecuador, Bulgaria, Jamaica, Finlandia, Túnez, Madagascar y Kenia. Dirigió cuatro tesis doctorales. Publicó unos 130 artículos en revistas nacionales e internacionales, además de numerosas comunicaciones y participaciones en congresos. Era miembro de varias sociedades internacionales de cerámica y Medalla de Oro de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio y de la Asociación Española de Técnicos Cerámicos. Después de su jubilación en el CSIC fue asesor científico del AICE (Castellón) entre 1989 y 2008. En 1997 fue nombrado doctor *honoris causa* por la Universidad Jaume I de Castellón. Falleció en 2009.

En la Junta de Instituto (17/10/1989) se informa de que las autoridades del CSIC están elaborando un plan estratégico para el trienio 1990-1993. Se mantienen reuniones con el vicepresidente del CSIC, Armando Albert, y con el coordinador de área, Jesús Mendiola, y en 1990 se convoca en Miraflores (Madrid) una reunión de los directores del Área de Ciencia y Tecnología de Materiales, con el coordinador del Área y con el vicepresidente del CSIC para tratar el “Futuro del CSIC”, en donde se barajaron varias alternativas. Por parte del ICV asistió Salvador de Aza que informó a la junta sobre los pormenores de dicha reunión, manifestando que la crisis que sufría la institución era una crisis de gestión y no estructural.

En dicho plan estratégico, el ICV propone una serie de actuaciones dirigidas a Europa implicándose más con la industria y con el desarrollo de energías no nucleares. El centro establece unas líneas de investigación que abarcan desde la cerámica tradicional a la cerámica técnica avanzada, así como a la obtención de vidrios para aplicaciones especiales.

En el mes de diciembre de 1990 se jubiló Julia M.^a González Peña, quien recibió un merecido homenaje por parte del personal del Instituto.



Julia M.^a González Peña (Revilla del Campo, Burgos, 1925). Fue una de las promotoras de la creación del ICV. Obtuvo el doctorado por la Universidad Central de Madrid en 1952. Después de una estancia en la Universidad de París, con la Dra. Oberlin, especialista en el desarrollo de los métodos de réplica y de observación por microscopía electrónica en materiales vítreos y cerámicos, creó el Laboratorio de Microscopía Electrónica del ICV con la adquisición del primer microscopio electrónico de transmisión (TEM) con lentes fijas en el año 1972. Fue fundadora y tesorera de la Sociedad Española de Microscopía Electrónica. Simultáneamente, impulsó el desarrollo del estudio de las materias primas cerámicas, llegando a ser la responsable del Departamento de Materias Primas del Instituto. Fundadora de la Sección de Materias Primas de la SECV, sus aportaciones científicas han quedado recogidas en más de 150 trabajos de investigación y en la dirección de varias tesis doctorales. Con el Instituto Tecnológico y Geominero de España ha trabajado en proyectos sobre Recursos Naturales no Metálicos de Aplicación Industrial. En los últimos años de su carrera científica en el CSIC, desarrolló una labor de Gestión de Investigación, como miembro de la Comisión Científica y de la Junta de Gobierno del CSIC. Falleció en 2010.



Salvador de Aza, nombrado vicepresidente del CSIC.

El equipo directivo que venía funcionando en el ICV se mantuvo en sus cargos desde 1983 hasta julio de 1991, cuando Salvador de Aza es nombrado vicepresidente de Ciencia y Tecnología del CSIC¹⁸. Automáticamente el vicedirector Pedro Durán pasa a ser director en funciones.

Para la elección del nuevo director del ICV presentan las candidaturas en el claustro de Serafín Moya, Pedro Durán y Emilio Criado, siendo este último el que obtiene la mayoría. Los resultados son elevados a la Junta de Instituto en donde el candidato, Pedro Durán, es el más votado. Y en enero de 1992 el presidente del CSIC nombra director a Pedro Durán. La Junta de Instituto designa como vicedirector a Carlos Moure y como secretario a Francisco José Valle. El nuevo director propone la creación de una Secretaría Científico-Técnica para realizar el seguimiento de los contratos que dependería del vicedirector. Se convocó un Claustro Científico en donde el director expuso los objetivos de la misma: responsabilidad sobre la gestión económica y científica de los proyectos y contratos; distribución de los posibles proyectos y contratos entre los grupos de investigación; etc. Finalizado el debate se acuerda que la Dirección asuma la totalidad de las funciones previstas para dicha Secretaría.

El presidente del CSIC, Elías Fereres Castiel, escribe a los directores de los centros tecnológicos en abril de 1992 ofreciéndoles, a petición del rector de la Universidad de Alcalá de Henares, la posibilidad de trasladarse a dicho campus universitario. Se convoca una asamblea de todo el personal para analizar la propuesta, y después de un amplio debate sobre la nueva sede es rechazada por amplia mayoría.

En 1992, año en el que en España se celebraban el V Centenario del Descubrimiento de América, los Juegos Olímpicos de Barcelona y la Exposición Universal de Sevilla, la Sección de Vidrios de la SECV con la colaboración del ICV y bajo los auspicios de la International Commission on Glass (ICG), organizó en el Palacio de Congresos y Exposiciones de Madrid, durante los días 4 al 9 de octubre, el XVI Congreso Internacional del Vidrio. El congreso estuvo presidido por José María Fernández Navarro.

¹⁸ Salvador de Aza ocupó el cargo de vicepresidente de Ciencia y Tecnología hasta julio de 1996, fecha en la que regresa de nuevo al ICV para ocupar su puesto de profesor de investigación.



XVI Congreso Internacional del Vidrio
organizado por la SECV (Madrid, 1992).

La realización de dicho congreso en nuestro país supuso un reconocimiento, a escala mundial, del más alto nivel alcanzado por España en la ciencia y la tecnología del vidrio.

Entre el 12 y el 17 de septiembre de 1993, la SECV, con el apoyo del ICV, organiza en Madrid por encargo de la European Ceramic Society el III Congreso Internacional de Cerámica, siendo su presidente, Pedro Durán Botía. Dicho congreso reunió en nuestro país a algunos de los mejores investigadores que en el campo de la cerámica existían a nivel mundial en ese momento.

Atendiendo a las sugerencias del presidente del CSIC, José María Mato de la Paz, y en cumplimiento del artículo 19 del Nuevo Reglamento del Organismo, sobre la nueva reestructuración de los centros, la Junta de Instituto celebrada en junio de 1993, una vez oído el Claustro Científico, propone una reestructuración del ICV en cinco departamentos. Y el 11 de noviembre de 1993, Salvador de Aza, vicepresidente de Ciencia y Tecnología, comunica la reestructuración definitiva del ICV en cuatro departamentos, siendo uno de ellos el de Métodos Físico-Químicos, y cuatro unidades de servicio¹⁹:

- Departamento de Cerámica.
- Departamento de Electrocerámica.
- Departamento de Vidrios.
- Departamento de Métodos Físico-Químicos.

- Unidad de Servicios Administrativos y Generales.
- Unidad de Procesos, Ensayos Técnicos y Mantenimiento.
- Unidad de Talleres y Diseño de Prototipos.
- Unidad de Biblioteca, Documentación y Reprografía.

¹⁹ El 22 de noviembre de 1993 se firma un acuerdo-marco para regular las relaciones de cooperación entre el CSIC y la Universidad Autónoma de Madrid.

El número total de personas trabajando en el ICV en el año de la reestructuración era de 105 personas. Esta nueva reestructuración es la que viene funcionando desde su implantación en 1993 hasta la actualidad.

En marzo de 1994 se plantea la renovación parcial de la Junta de Instituto, incluido el director, a pesar de que llevaba solamente dos años en el cargo. Se presentan dos candidaturas, Pedro Durán Botía y Emilio Criado Herrero. Después de las correspondientes reuniones del Claustro Científico, de los departamentos y de los grupos de personal, la Junta se pronuncia a favor de Emilio Criado Herrero y remite al CSIC el resultado correspondiente. En el mes de abril, el presidente del CSIC nombra nuevo director del ICV a Pedro Durán Botía y este a su vez nombra vicedirector a Ángel Caballero Cuesta. El resto de los miembros de la Junta se mantienen en sus puestos²⁰.

En octubre de 1994 presenta su dimisión el director, Pedro Durán, basándose, fundamentalmente, en la política que mantiene el CSIC respecto a los traslados de personal investigador sin tener en cuenta la repercusión que dichas acciones pueden provocar en la actividad científica del Instituto. Ángel Caballero es nombrado director en funciones el 1 de diciembre de 1994. La Junta de Instituto y el Claustro Científico dirigen un documento al presidente del CSIC, José M.^a Mato, solicitándole una entrevista para resolver la situación planteada. El vicepresidente de Ciencia y Tecnología visita el centro para tratar dicho tema y ante la falta de soluciones se analiza la conveniencia de nombrar una persona externa.

A finales de 1994, ante el accidente ocurrido en el Instituto, se crea la Comisión de Seguridad e Higiene formada por los representantes de personal investigador y personal auxiliar, el director y el vicedirector del Instituto para estudiar los informes correspondientes y para que se cumplan las normas de seguridad²¹.

El CSIC comunica al ICV en enero de 1995 que debe elaborar el Plan de Actuación para el periodo 1995-1999, que presenta ante la Comisión del Área de Materiales el 7 de marzo de dicho año y en donde se recogen las líneas de investigación de los distintos departamentos [10]. El 22 de marzo de 1995 se inicia un nuevo proceso de elección de director al que se presentan dos candidatos, Ángel Caballero y Emilio Criado, que obtiene la mayoría. El resultado se remite a la Junta de Instituto, en donde el candidato Ángel Caballero es el más votado. En una carta de fecha 31 de mayo de 1995, el presidente nombra a Ángel Caballero director del ICV y le comunica que dirija el proyecto de traslado del

20 En la Junta de Instituto (14 de junio de 1994) se estudia y analiza las consecuencias que implica para el desarrollo del centro los traslados que habían solicitado los investigadores Serafín Moya, Joaquín Requena, María Isabel Osendi, aunque finalmente esta retira su petición de traslado.

21 El 23 de septiembre de 1994 se produce un grave accidente en el ICV por sobrellenado del depósito de la caldera de calefacción, destruyendo parte del laboratorio de rayos-X. El Gabinete Jurídico del CSIC y la Unidad de Salud Laboral del CSIC emiten los correspondientes informes. El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo emite otro informe sobre el accidente y también la Oficina Técnica de Obras del CSIC dictamina sobre el accidente.

Instituto al Campus Universitario de Cantoblanco. El director nombra a Francisco José Valle, vicedirector con una serie de competencias a realizar²².

Diversos factores como la ausencia de un entorno académico y tecnológico o la antigüedad de las instalaciones, hicieron que el CSIC planteara el traslado del Instituto a un lugar más adecuado a sus fines y objetivos. Aunque la primera petición formal de traslado que presentó el Instituto al vicepresidente, Jesús Sebastián, se hizo en el año 1984, no es hasta diez años después, en el Plan Sectorial del CSIC, donde se habla, por primera vez y de forma oficial, del traslado del ICV al Campus de Cantoblanco de la UAM. Dicho tema fue motivo de grandes debates y reuniones del claustro y de la asamblea de centro, dado el número importante de personas que tenía su residencia en la localidad de Arganda del Rey. Una vez desbloqueada la situación sobre la marcha del ICV a la Universidad Autónoma, la Junta de Gobierno del CSIC, en su reunión de 31 de octubre de 1995, aprueba el “Proyecto de la construcción de un nuevo edificio para el ICV” en el Campus de Cantoblanco. La parcela tiene 6.000 m² y el presupuesto es de 600 millones de pesetas, de los cuales 40-50 millones son para mobiliario. Se nombran dos comisiones, una de personal y otra de infraestructura.

En 1997, la SECV en colaboración con la Academia Rusa de Ciencias y el Instituto de Cerámica y Vidrio organizaron el Fourth Symposium on self-Propagating High-Temperature síntesis, que tuvo lugar en Toledo del 6 a 9 de octubre. Por primera vez se celebraba un congreso de esta naturaleza fuera de Rusia. La organización del congreso estuvo a cargo de Miguel Ángel Rodríguez Barbero, que dispuso del apoyo logístico del ICV.

Con motivo del futuro traslado del ICV y con el fin de analizar sus actividades y planificar sus líneas de investigación futuras, el CSIC consideró conveniente someter el Centro a una evaluación científica durante los días 28 al 30 de mayo de 1998 por un Comité Científico Internacional nombrado por el presidente del organismo y formado por las siguientes personalidades: Philippe Boch (Laboratoire Céramiques et Matériaux Minéraux, CNRS, París), Richard Brook (Oxford University and Engineering and Physical Sciences Research Council, Britain), Rolf Brückner (Technical University of Berlin), Nils Claussen (Technical University of Hamburg), José A. Coto (Cristalería Española, S. A.), Emilio Méndez (State University of New York at Stony Brook) y Antony West (University of Aberdeen).

El Comité Científico, presidido por Emilio Méndez, junto con el coordinador del Área de Materiales del CSIC, Enric Canadell, atendió las sesiones presentadas por los distintos grupos de investigación. La evaluación se inició con la presentación, por parte

22 El CSIC comunica que los traslados de los investigadores Serafín Moya y Joaquín Requena, los únicos que mantuvieron su petición de traslado, tienen que hacerse efectivos antes del 30 de noviembre de 1995.

del director del ICV, de un balance de las actividades llevadas a cabo en los últimos cuatro años, así como las necesidades del Instituto a medio y largo plazo. A continuación cada grupo de trabajo presentó sus actividades de acuerdo con el siguiente esquema: historia, líneas de investigación, trabajos en marcha, resultados más relevantes y visión sobre los temas y líneas de investigación a desarrollar en el futuro²³.

El comité de evaluación elaboró un documento en donde se refleja una serie de recomendaciones encaminadas a mejorar la calidad científica del Instituto:

- El mundo de la cerámica y vidrio ha cambiado drásticamente y el sector industrial ha evolucionado, se han creado otros institutos y han aparecido nuevos grupos de investigación con intereses similares. La estrategia y el alcance de las futuras actividades deben reflejar esta realidad.
- El comité apoyó firmemente la decisión de trasladar el ICV al Campus de la Universidad Autónoma de Madrid dado que dicho traslado era una excelente oportunidad para concentrar los esfuerzos de acuerdo con su función.
- Para cumplir con las expectativas científicas consideró que era imprescindible idear una clara definición de objetivos y una estrategia detallada para llevarlos a cabo.
- Los proyectos de investigación deben reflejar directamente los objetivos del ICV y centrarse en algunas de las áreas importantes de investigación.
- Se debe mantener un equilibrio entre la investigación básica de la más alta calidad, la investigación aplicada con potencial impacto industrial y las colaboraciones industriales.
- Debe prestarse más atención a la investigación de impacto del ICV, así como a su imagen externa.
- El personal científico debe publicar sus trabajos en revistas internacionales reconocidas ya que es el primer indicador de la calidad científica del centro. En el tema de patentes, el comité recomendó dedicar un mayor esfuerzo a patentar procesos y materiales importantes que ofrezcan una ventaja económica.

A finales de 1998, José M.^a Fernández Navarro fue destinado por el CSIC, en atribución temporal de funciones, a la Fundación Centro Nacional del Vidrio (Real Fábrica de Cristales de La Granja de San Ildefonso) y al año siguiente fue nombrado director general del Centro Nacional del Vidrio hasta 2001. Posteriormente se incorpora al Instituto de Óptica “Daza de Valdés” hasta su jubilación en 2002, continuando en dicho centro como doctor vinculado *ad honorem* hasta 2010.

23 Durante el proceso de evaluación, el físico Emilio Méndez Pérez fue galardonado con el Premio Príncipe de Asturias de Investigación Científica y Técnica 1998.



José M.ª Fernández Navarro (Madrid, 1932). Fue uno de los promotores de la creación del ICV. Después de su estancia en Alemania se incorporó al Instituto y creó un grupo de investigación sobre vidrios. Obtuvo el grado de doctor en 1963 por la Universidad Central de Madrid. Ocupó el cargo de secretario del Instituto entre los años 1967 y 1979. Fue nombrado profesor de investigación en 1971 y ha dirigido doce tesis doctorales y ocho tesis de licenciatura. Ha sido profesor invitado en varias universidades y centros de investigación. Ha publicado varios libros, contando su obra *El vidrio. Constitución. Fabricación. Propiedades*, con tres ediciones, de gran aceptación por los profesionales del sector. Ha publicado cerca de 200 artículos en revistas nacionales e internacionales, y ha presentado más de 200 comunicaciones en congresos. Socio fundador de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio y promotor de la Sección de Vidrios, ha desempeñado varios cargos, entre ellos, el de secretario general y redactor jefe del *Boletín* de la SECV entre 1983 y 1988. Ha obtenido varios premios y menciones honoríficas: Premio a la Investigación, otorgado por el Centro del Envase de Vidrio (CEVI), 1987; Socio de Honor de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, 1989; Placa de Honor de la Asociación Española de Científicos, 1999 y Placa de Honor de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, 2001.

El día 1 de diciembre de 1998 se firma un convenio de colaboración entre el presidente de CSIC, César Nombela Cano, y el rector de la UAM, Raúl Villar Lazáro, relativo a la instalación del ICV en el Campus de Cantoblanco con objeto de aproximar la actividad docente e investigadora entre ambas entidades, así como estrechar la cooperación del personal de las instituciones para el desarrollo conjunto de programas de alto interés científico y técnico.

En 1999 se prepara un nuevo Plan de Actuación para el periodo 2000-2004 en donde se deberán definir las líneas de investigación. Y el vicepresidente de Ciencia y Tecnología, Emilio Lora, comunica en 1999 que el ICV debe reordenarse en tres departamentos para ajustarse a las nuevas normativas del CSIC: Cerámica, Vidrio y Electrocerámica, así como la integración del personal científico de análisis químico en diversos grupos de trabajo. En un claustro (8/2/2000) se debate el tema y se acuerda presentar una propuesta de reestructuración a las autoridades del CSIC para mantener los cuatro departamentos a los que estará adscrito todo el personal científico del Instituto. Dicha reestructuración quedó aprobada en la Junta de Gobierno del CSIC del 28 de marzo de 2000, quedando el ICV organizado en cuatro departamentos:

- Departamento de Cerámica.
- Departamento de Vidrios.
- Departamento de Electrocerámica.
- Departamento de Química-Física de Superficies y Procesos.

A mediados del año 2000 se comenzó un nuevo proceso para la elección de director del centro, que ya había cumplido su mandato de cuatro años. Se presentó, como único candidato, Ángel Caballero Cuesta y tras la votación favorable del Claustro Científico y la Junta de Instituto es ratificado por las autoridades del CSIC. Como vicedirector se nombró a Francisco José Valle Fuentes.

2002-2014. Sede de Cantoblanco

El 31 de agosto de 2002 se cerró oficialmente la sede de Arganda del Rey después de treinta y un años de actividad. El 1 de septiembre empezó a funcionar el ICV en las nuevas instalaciones de la sede del Campus Universitario de Cantoblanco, un edificio de tres plantas, cuyas instalaciones bordean un patio central con objeto de que todos los espacios delimitados tengan luz natural.

La comisión de obras, liderada por Rafael Martínez, para el seguimiento del proyecto del centro había estado trabajando codo con codo con el arquitecto para la distribución de espacios, ubicación de las distintas técnicas y, una vez finalizado el edificio, para la elección de mobiliario de despachos y puestos de trabajo, canalizaciones de fluidos e instalaciones técnicas.



Sede de Cantoblanco.

De acuerdo con el artículo 28 del Estatuto del CSIC (RD 1945/2000) se acordó hacer una nueva clasificación de los centros en el año 2003 que reflejara, con mayor fidelidad, la realidad de los institutos según los siguientes criterios de clasificación: media de gasto del centro en los tres últimos ejercicios, actividad científica, en la que se tendrán en cuenta el porcentaje de sexenios reconocidos sobre los posibles y cifra promedio de personal en nómina. El ICV solicita a la Secretaría General que el Instituto se clasifique en la categoría A según los criterios de gasto y de personal, aportando la siguiente documentación: gasto medio: 6.207.925 €; actividad científica: 58,4%; personal funcionario: 115. El ICV fue de los pocos centros que consiguió dicha categoría A.

En noviembre de 2003, Salvador de Aza alcanza su edad de jubilación y es nombrado profesor *ad honorem*. Con esta categoría mantendrá una fructífera actividad investigadora en el centro hasta abril de 2010, cuando fallece.

El Departamento de Electrocerámica solicitó en febrero de 2004 a la Junta de Instituto la creación de una Unidad Asociada al CSIC sobre Materiales Dieléctricos con el grupo de Materiales Dieléctricos del Departamento de Física Aplicada a las Tecnología de la Información (ETSIT-UPM).

El ICV es elegido por el CSIC como “centro piloto” en cuanto a las actividades que deberá realizar el organismo para obtener la licencia de actividad para cada uno de sus centros, con la finalidad de cumplir con la legalidad vigente en materia de seguridad, para lo cual se contrata una empresa de ingeniería que estará bajo la supervisión del Departamento de Prevención y Protección Civil del Ayuntamiento.

Se abre un periodo para la elección de nuevo director del ICV en sustitución de Ángel Caballero, quien ha renunciado a su reelección al considerar que se han cumplido los dos objetivos por los que se había mantenido en el cargo: el traslado del ICV a su nuevo emplazamiento y la mejora en la producción científica del Instituto. Después de las correspondientes reuniones de la Junta de Instituto y del Claustro Científico (19/10/2004), y de otra junta extraordinaria (2/11/2004) no se presenta ninguna candidatura, por lo que se acuerda solicitar una ampliación del plazo hasta el 30 de enero. Finalmente, el 1 de febrero de 2005 el director en funciones informa a las autoridades del CSIC de que no hay candidato para su relevo y ante la situación creada se compromete a liderar la elaboración del siguiente Plan de Actuación para el periodo 2005-2009.

La Junta de Instituto (7/3/2005) autoriza a Rafael Martínez la adscripción temporal de funciones al Área de Cultura Científica del CSIC, haciendo constar que dicha adscripción no debe interferir en su actual trabajo de investigación en proyectos.

Se aprueba el traslado de José Ramón Jurado al Hospital Nacional de Paraplégicos de Toledo (HNP) durante un año para iniciar una línea de investigación novedosa en biomateriales electroactivos para la reparación de lesiones del sistema nervioso dentro de una unidad asociada al Instituto Cajal del CSIC que ya existe.

Instalaciones de la sede de Cantoblanco



Laboratorio de difracción de rayos X.



Laboratorio de microscopía electrónica de barrido.



Sala de hornos.



Horno de sinterización asistida por corriente eléctrica pulsada "spark plasma".

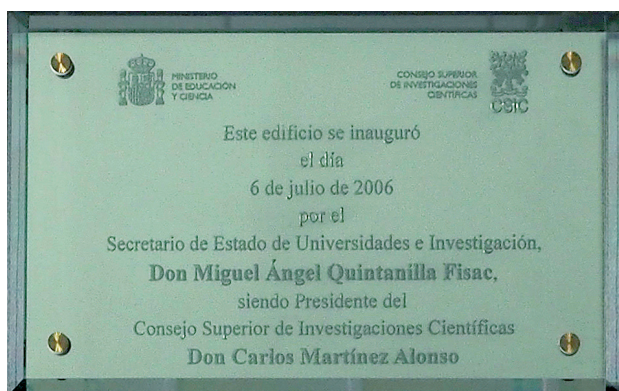


Laboratorio de análisis por fluorescencia de rayos-X.

Ante la falta de candidatos, el vicepresidente de Ciencia y Tecnología del CSIC, Víctor M. Orera, propone a Juan Eugenio Iglesias, del Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid y miembro de la Junta de Gobierno del organismo, como nuevo director del ICV. El candidato acepta el cargo con algunas condiciones, entre ellas, someterse a la aprobación del Claustro Científico que, en su reunión de 14 de febrero de 2005, apoya mayoritariamente su nombramiento, como también se hará en la Junta de Instituto que se celebró con posterioridad.

Juan Eugenio Iglesias hace suyos los objetivos del Plan de Actuación aprobado, en donde se crea una segunda vicedirección. Mantiene como vicedirector a Francisco José Valle y nombra nueva vicedirectora a Marina Villegas. El ICV queda estructurado en los cuatro departamentos con los que venía funcionando hasta ahora, así como en las unidades de servicio y los laboratorios de apoyo a la investigación. En los departamentos se establecieron grupos de trabajo con sus correspondientes líneas de investigación. En este plan de actuación se establece una línea sobre patrimonio común a los departamentos que contempla dos sublíneas de investigación en arqueometría y restauración y conservación del patrimonio y arqueometría cerámica. En los anexos hay un capítulo dedicado a dicho tema.

Aunque es a partir del 1 de septiembre de 2002 cuando el centro desarrolla su actividad en el Campus Universitario de Cantoblanco, la inauguración oficial tuvo lugar el 6 de julio de 2006, siendo director Juan Eugenio Iglesias. Dicho acto de inauguración oficial fue presidido por Miguel Ángel Quintanilla, secretario de Estado de Universidades e Investigación, junto a Carlos Martínez, presidente del CSIC, Ángel Gabilondo, Rector Magnífico de la UAM, y Ángel Caballero, antiguo director del ICV. Después de las correspondientes intervenciones, las autoridades visitaron las instalaciones quedando inaugurado el Instituto de Cerámica y Vidrio.



Placa de inauguración del ICV.

A petición del Departamento de Química-Física de Superficies y Procesos y previa aprobación en la Junta del Instituto, el director solicita al presidente del CSIC la posibilidad de ubicar un laboratorio de instalaciones temporales en el antiguo edificio de Arganda

del Rey. La subdirectora general de Obras e Infraestructura comunica en febrero de 2007 la rehabilitación de parte de dicha sede, con un presupuesto de unos 30.000 €.

En junio de 2008 se nombra vicedirector a Miguel Ángel Rodríguez en sustitución de Francisco J. Valle, que había presentado su dimisión tras ejercer el cargo durante los últimos 13 años. Se comienza la elaboración de un nuevo Plan Estratégico del CSIC para el periodo 2010-2013, en donde se establecen las diferentes líneas y sublíneas de investigación que pueden estar formadas por investigadores de diferentes departamentos. Dicho plan es aprobado por el Claustro Científico y ratificado por la Junta de Instituto, tras incluirse un cambio organizativo en la gestión de los equipos comunes con la creación de una Comisión de Técnicas y de Unidad de Servicios Científico-Técnicos.

Las necesidades de espacio motivadas por la incorporación de personal científico en plantilla generan una reestructuración del espacio disponible del Instituto, para lo cual se aprueba en Junta de Instituto las normas para regular la ocupación de despachos de personal investigador, personal técnico y titulados superiores que no están en plantilla.

En enero de 2009 Ángel Caballero Cuesta es nombrado director del Departamento de Postgrado y Especialización del CSIC y desde diciembre de 2010 es vicepresidente adjunto de Transferencia de Conocimiento.

Al cuarto año en la dirección del ICV, Juan Eugenio Iglesias se presenta a la reelección junto a la candidatura de M.^a Isabel Osendi. Los candidatos expusieron ante el Claustro Científico sus correspondientes programas y su equipo de gobierno, y en la votación que se llevó a efecto ganó la candidatura de Juan Eugenio Iglesias, así como también en la Junta de Instituto. Su nombramiento por parte del presidente del CSIC tuvo lugar en junio de 2010. Como vicedirectores se nombraron a Miguel Ángel Rodríguez y Marina Villegas. En el último trimestre de dicho año, las Vicedirecciones se renuevan totalmente ya que en octubre cesa Miguel Ángel Rodríguez como vicedirector y es sustituido por Antonio Javier Sánchez y en noviembre Marina Villegas cesa como vicedirectora, al ser nombrada jefa del Departamento de Postgrado y Especialización del CSIC²⁴. Se nombra como vicedirectora a Eva Chinarro que el 15 de febrero de 2012 cesa en el cargo y es sustituida por Fausto Rubio Alonso.

La SECV celebró el 13 de noviembre de 2011 en el salón de actos del ICV una sesión académica para rendir homenaje a Salvador de Aza Pendás por su dilatada y fructífera carrera profesional. Una serie de artículos, escritos por sus colaboradores más cercanos en cada una de líneas de investigación más relevantes en las que fue pionero e impulsor, se publicaron en un número especial del *Boletín* de la SECV. Dichos artículos estuvieron acompañados de cartas procedentes de amigos de diferentes instituciones y empresas con las que Salvador de Aza mantuvo especiales relaciones profesionales y personales [10].

24 Posteriormente Marina Villegas ocupará los puestos de subdirectora general de Proyectos de Investigación (2012-2014) del Ministerio de Economía y Competitividad y de directora general de Investigación (2013-).



Acto de homenaje a Salvador de Aza Pendás en el ICV. De izquierda a derecha: doctor Ángel Caballero, vicepresidente adjunto de Transferencia del Conocimiento del CSIC; profesor Juan Eugenio Iglesias, director del Instituto de Cerámica y Vidrio (CSIC); don Jorge Bakali, presidente de la SECV, y don Emilio Criado, secretario general de la SECV (Madrid, 13/12/2011).

En 2012 se celebra la primera edición del Concurso de Jóvenes Investigadores en el Instituto y se abre paso a una serie de conferencias denominadas “Spring y Fall Lecture”. La primera fue del profesor Ulrich Wiesner de la Universidad de Cornell “From Self-Assembled Polymers to Nanostructured Ceramics and Metals”, que tuvo lugar en junio de 2012; seguida por la de Hector Abruña en el mes de octubre “Materials Advances for Electrical Energy Generation and Storage: Fuel Cells, Batteries and Super-Caps”. Posteriormente, en 2013, Ivan Schuller “Simple Oxides” y Aldo Boccachini (“Bioactive Glass Based Scaffolds for Bone Tissue Engineering: Advances and Challenges”) fueron los encargados de impartir estos seminarios.

El 30 de septiembre de 2012 se jubila el director Juan Eugenio Iglesias y se nombra a Antonio Javier Sánchez director en funciones. Posteriormente se inicia el correspondiente proceso electoral, con las candidaturas de M.^a Pilar Miranzo y Antonio Javier Sánchez. Tras la reunión del Claustro Científico (26/10/2012) para la presentación de programas de ambos candidatos y la posterior elección gana la candidatura de Javier Sánchez, que es ratificado en la Junta de Instituto. El nombramiento por parte del presidente del CSIC se hizo efectivo el día 10 de enero de 2013. El director designa como vicedirectores a Fausto Rubio y María del Pilar Pena.

En mayo de 2013 se inicia el periodo de elaboración del nuevo Plan de Actuación para el periodo 2014-2017 mediante un sistema informático. Este plan se propone mantener la excelencia científica y el liderazgo en los nuevos retos que surjan en la frontera del conocimiento y que impliquen materiales cerámicos y vítreos. Los objetivos

propuestos por el ICV estarán enmarcados en dos grupos del Plan Horizonte de la Comunidad Europea: Tecnologías y Conocimientos Esenciales y Retos Sociales.

En junio de 2014 cesa como director Antonio Javier Sánchez y el vicedirector Fausto Rubio pasa a ser director en funciones.

Para finalizar esta visión histórica del Instituto de Cerámica y Vidrio a lo largo de sus cincuenta años de existencia, expresamos la opinión, que hizo en su día, una de las autoridades científicas más relevantes en el mundo de los materiales cerámicos y vítreos y que ha sido fundamental en el desarrollo del ICV, Salvador de Aza Pendás:

“La ingente labor que se lleva a cabo en el ICV tanto en investigación y desarrollo como en formación de personal investigador, le hacen acreedor de ser considerado como el germen alrededor del cual se ha nucleado la aparición de nuevos centros de materiales en otras comunidades autónomas y de algunos departamentos de materiales en universidades, dirigidos, algunos de ellos, por personal formado en el ICV en los últimos años y con los cuales mantiene estrecha colaboración [...]. Esta enorme tarea realizada [...] le permite estar presente en los foros nacionales e internacionales más importantes de su especialidad, figurar en los Comités Internacionales de las revistas de cerámica y vidrio más prestigiosas del mundo y ser un centro de investigación y desarrollo cuya opinión se tiene en cuenta a la hora de planificar la investigación científica nacional y europea en el ámbito de los nuevos materiales”.

En el **50 aniversario** de la creación del **Instituto de Cerámica y Vidrio**,
la Secretaria de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación



Dña. Carmen Vela Olmo

descubrió esta placa de homenaje a los
Promotores de la creación del ICV

*Vicente Aleixandre,
Demetrio Álvarez-Estrada,
Antonio García Verduch,
Julia M. González Peña,
Jose M. Fernández Navarro*

y en agradecimiento a todos aquellos hombres y mujeres que con su esfuerzo, ilusión y buen hacer han mantenido la actividad científica y técnica del Centro durante este tiempo.

23 de Junio de 2014

Placa de homenaje a los Promotores de la creación del ICV con motivo del 50 aniversario (2014).

Bibliografía

- [1] García, M.; Fernández, J. M.^a; Villegas, M.^a A. (2013). *Historia del vidrio. Desarrollo formal tecnológico y científico*. Proyecto PIE 200460E594. Madrid, CSIC.
- [2] Sánchez Ron, J. M. (1996). *Aproximación a la ciencia española contemporánea*. Madrid, CSIC, 1996.
- [3] Patronato de Investigación Científica y Técnica “Juan de la Cierva”, 1945-1970 (1971). Madrid, CSIC.
- [4] Albareda, José M.^a (1951). *Consideraciones sobre la investigación científica*. Madrid.
- [5] Salmang, H. (1962). *Fundamentos físico-químicos de la fabricación del vidrio*. Madrid, Edit. Aguilar.
- [6] Libro de actas del Patronato “Juan de la Cierva”.
- [7] *Bol. Soc. Esp. Ceram.* V, 42 [6], noviembre-diciembre (2003), pp. 403-404.
- [8] Periódico *Arriba*, 14 de mayo de 1967.
- [9] *Bol. Soc. Esp. Ceram.* V, 48 [4], julio-agosto (2009) p. XXVI.
- [10] *Bol. Soc. Esp. Ceram.* V, 50 [6], noviembre-diciembre (2011) pp. 278-328.

Otros documentos consultados

Crespo García, M. y colab. (2009). *Sesenta años de Investigación Metalúrgica en el CSIC*. CSIC. Madrid.

García Guinea, J. *Memorias de Antonio García Verduch*.
Libro de actas de constitución del CSIC.
Memoria del Instituto de Cerámica y Vidrio, 1973.

Patronato de investigación científica y técnica “Juan de la Cierva” 1945-1970. CSIC, Madrid, 1971.

Romero de Pablos, A.; Santesmases, M.^a J. *Cien años de política científica en España*. Fundación BBVA.

VV. AA. (2007): *Tiempos de investigación JAE-CSIC, cien años de ciencia en España*. CSIC. Madrid.

Directores del Instituto de Cerámica y Vidrio





Vicente Aleixandre Ferrandis (1964-1978)

Nació en Alfafar (Valencia) el 16 de noviembre de 1908. En 1927 se licenció en Farmacia por la Universidad de Madrid y en 1928 obtuvo la licenciatura en Ciencias Químicas por la Universidad de Valencia con Premio Extraordinario.

En 1932 ganó por oposición la Cátedra de Física y Química del Instituto Nacional de Enseñanza Media de Alcoy; en 1935 pasó al Instituto de Enseñanza Media Cardenal Cisneros de Madrid, siendo su director en 1960.

Desde 1933 a 1936 trabajó en el Instituto Nacional de Física y Química, creado en 1932 y financiado por la Fundación Rockefeller, con los profesores Enrique Moles y Miguel Crespí sobre adsorción de gases por las paredes del vidrio.

Es nombrado profesor agregado en el Instituto Alonso Barbá entre los años 1942-1945.

En 1943 se doctoró en Ciencias Químicas por la Universidad de Madrid y en 1945 en Farmacia por la misma universidad con la tesis *Adsorción a partir de disoluciones no acuosas*, dirigida por José M.^a Albareda Herrera. Posteriormente, empieza a trabajar en el Instituto de Edafología, siendo jefe de Sección de Física y Química de dicho centro hasta el año 1953.

En el año 1947, junto con Manuel Demetrio Álvarez-Estrada y Fernández-Castriellón, realizó un trabajo con una subvención del Patronato “Juan de la Cierva” titulado “Estudio sobre talcos españoles y su aplicación a la fabricación de porcelanas dieléctricas”, que dio lugar a una patente que adquirió una empresa española para la fabricación de aisladores eléctricos. Esta investigación, cuyo trabajo se había presentado bajo el lema KERAMOS, recibió el Premio Nacional “Juan de la Cierva”, en 1951; en

1957 obtuvo otro premio del Instituto del Hierro y del Acero por el trabajo “Tierras de Moldeo”.

En 1948 fue nombrado consejero numerario del CSIC y secretario del Patronato “Alonso Herrera” del mismo organismo.

En el año 1954 se encarga de la dirección del Departamento de Silicatos del Patronato “Juan de la Cierva” y posteriormente fue vicedirector del Instituto de Edafología y Fisiología Vegetal.

Entre los años 1956 a 1960 ostentó la vicepresidencia de la Sección de Mineralogía de las Arcillas, de la Sociedad Internacional de Ciencia del Suelo. Y en 1960 fue nombrado director del Instituto Nacional de Enseñanza Media Cardenal Cisneros de Madrid.

Fue consejero del Consejo Nacional de Educación durante 1957 y 1961 y un año más tarde director general de Enseñanza Laboral (1962-1966) y de Enseñanza Media y Profesional (1968).

Desde 1960 hasta 1972 fue presidente de la SECV y a partir del primer número del boletín publicado en 1961 fue el director de dicha publicación. Al dejar la presidencia de la sociedad se le nombró Presidente de Honor. Dicha presidencia fue simultaneada con la de la Sociedad Española de Ciencia del Suelo durante el periodo 1960-1967.

En 1964 fue nombrado director del recién creado Instituto de Cerámica y Vidrio del Patronato “Juan de la Cierva” del CSIC, cargo que ostentó hasta 1978, y en 1965 fue nombrado Consejero de Honor de la Institución Alfonso el Magnánimo por la Excelentísima Diputación de Valencia.

Miembro Permanente del Comité Directivo de la Asociación Europea de Cerámica, fue elegido presidente de dicha asociación entre 1968 y 1971.

Ha sido pensionado por Inglaterra, Holanda, Alemania y Suecia y ha representado a España en varios congresos internacionales, ostentando la presidencia del “XI Congreso Internacional de Cerámica”, celebrado en Madrid en 1968.

El 13 de diciembre de 1973 ingresa como Académico de Número en la Real Academia de Farmacia con el discurso “El vidrio en la tecnología moderna”, que fue contestado por Manuel Lora Tamayo, padre del actual presidente del CSIC. El discurso de inauguración del curso académico 1980-1981 de la Real Academia de Farmacia versó sobre “Consideraciones históricas sobre la porcelana”.

Ha publicado más de un centenar de trabajos científicos relacionados con su especialidad de cerámica y vidrio, y es autor de varios libros de física y química. Gran Cruz de Alfonso X el Sabio y Gran Cruz de la Orden del Mérito Civil, falleció el 10 de julio de 1985.



Manuel Demetrio Álvarez-Estrada Fernández-Castrillón (1979-1983)

Nació el 9 de julio de 1916 en Bárzana de Quirós, Oviedo. Cursó estudios en la Escuela Politécnica del Ejército. En 1951 fue colaborador científico adscrito al Instituto de Edafología y Fisiología Vegetal del Patronato “Alonso de Herrera”.

Premio “Juan de la Cierva” en el año 1951 compartido con Vicente Aleixandre Ferrandis, por el trabajo “Estudio sobre talcos españoles y su aplicación a la fabricación de porcelanas dieléctricas”, que dio lugar, por otro lado, a la instalación de una planta industrial para la fabricación de aisladores eléctricos, la cual ha estado funcionando hasta finales de los años ochenta. También fue premiado con el “Juan de la Cierva 1966”, compartido esta vez con Salvador de Aza Pendás.

En 1952 obtuvo el grado de doctor por la Universidad Central de Madrid y al finalizar la tesis se marchó, junto con Antonio García-Verdusch, para realizar una estancia posdoctoral al instituto de investigación sobre química de silicatos, Chalmers Tekniska Hogskola de Göttemburgo, Suecia, bajo la tutoría del profesor J. Arvid Hedwall, referente de la química del estado sólido. En 1954, tras su regreso de Suecia, se incorpora al Departamento de Silicatos que pertenecía al Patronato “Juan de la Cierva”, dirigido por Vicente Aleixandre Ferrandis.

Fue uno de los impulsores de la creación del ICV y el Patronato le nombró secretario del centro. En el año 1966, la Junta de Gobierno del Patronato de Investigación Científica y Técnica “Juan de la Cierva” le nombra vicedirector del ICV, y en 1979 fue nombrado director del ICV, cargo que ejerció hasta 1983.

Dirigió varias tesis doctorales que han supuesto la consolidación de todo un grupo de investigadores del ICV. Pionero en biomateriales, tema prioritario actualmente, donde desarrolló toda una serie de porcelanas dentales, que incluso, después de su jubilación, siguió impulsando industrialmente. Fue un investigador preocupado por la transferencia de tecnología al sector industrial. Ha publicado unos 110 trabajos en revistas nacionales e internacionales, y ha participado como conferenciante y ponente en seminarios, congresos y reuniones científicas y técnicas con más de 150 comunicaciones, así como numerosas son también sus patentes de invención.

Ha participado activamente en las tareas docentes del ICV en el curso de Tecnología de los Procesos Cerámicos y ha sido presidente, desde su constitución, de la Comisión de Normas UNE CTT 67, Cerámica.

Socio fundador de la SECV en el año 1960, ha formado parte de su junta de gobierno desde su constitución como tesorero. Hasta su jubilación en 1983, desarrolló una intensa labor en el Instituto consolidando la reestructuración del mismo y falleció el día 11 de noviembre de 2003 a los 87 años de edad.



Salvador de Aza Pendás (1983-1991)

Nació en Madrid el 13 de noviembre de 1933. Licenciado en Ciencias Químicas por la Universidad Central de Barcelona en 1960, inicia su carrera profesional en una empresa de materiales refractarios ubicada en Badalona, Barcelona. Posteriormente, en el año 1963, se traslada al Departamento de Silicatos del Patronato “Juan de la Cierva”, del CSIC, para realizar un doctorado en materiales refractarios, bajo la dirección del profesor Demetrio Álvarez-Estrada, con el título “Refractarios básicos aglomerados químicamente en frío”. En 1966 es galardonado, junto a su director de tesis, con el Premio Nacional de Investigación Técnica “Juan de la Cierva”. En 1967 obtiene el grado de doctor en Ciencias Químicas por la Universidad Complutense de Madrid.

En 1969 fue becado por la Royal Society, para trabajar con el profesor James White en el Departamento de Refractarios y Tecnología Cerámica de la Universidad de Sheffield, Reino Unido, donde estuvo hasta el año 1971. Durante este periodo desarrolla y publica la patente “An Improved Basic Refractory”. Como consecuencia de sus investigaciones en el campo de los refractarios de magnesia-circona es nombrado “Fellow of the Institut of Ceramics”, del Reino Unido, en 1971.

El año 1972 regresa al CSIC, generando el grupo de Diagramas de Equilibrio de Fases en el Instituto de Cerámica y Vidrio. En 1975 es nombrado profesor de investigación del CSIC, accediendo en 1979 a la Jefatura del Departamento de Cerámica y a la Vicedirección del centro y en el año 1983 es nombrado director del Instituto de Cerámica y Vidrio, cargo que desempeña hasta 1991.

En julio de 1991 es nombrado vicepresidente de Ciencia y Tecnología del CSIC hasta agosto de 1996, año en que regresa al ICV para desarrollar nuevamente su labor de profesor de investigación donde continúa investigando hasta la fecha de su jubilación, en el año 2003, y posteriormente como Doctor “Ad Honorem” del CSIC.

En 1993, recibe el Premio Stuijts Memorial de manos de la Sociedad Europea de Cerámica (ECERS). En 1994 es nombrado “Fellow” de la Sociedad Americana de Cerámica (ACERS), EE. UU., y en 1996 el CSIC le concede la Medalla de Plata por su labor al frente de la Vicepresidencia de Ciencia y Tecnología del citado organismo.

La investigación del profesor De Aza se orientó hacia el estudio teórico y experimental de los diagramas de equilibrio de fases y su aplicación al desarrollo de materiales cerámicos con propiedades específicas para tecnologías avanzadas y tradicionales. Siendo, sin duda, pionero en ello. Sus investigaciones compatibilizan la investigación básica de calidad con la transferencia de conocimientos al sector industrial, del cual tenía un extraordinario conocimiento, lo que le convirtió en un excepcional interlocutor para muchos

estudiantes, técnicos e ingenieros de las industrias cerámicas no solo de España sino también de Sudamérica, Japón y China. En el campo de los biomateriales cerámicos, diseña y obtiene el primer material policristalino bioactivo carente fósforo, basado en wollastonita y desarrolla la primera biocerámica bioactiva en masa, Bioeutectic®.

El profesor De Aza se dedicó más de cincuenta años a la enseñanza con pasión. Ha sido profesor honorario de la Universidad Autónoma de Madrid y la Universidad de Santiago de Compostela y profesor visitante en varias universidades de Estados Unidos, México, Colombia, República Argentina, Japón, China y Taiwán, y ha colaborado con la Asociación Latinoamericana de Fabricantes de Refractarios (ALAFAR) en la formación de ingenieros y técnicos para la industria refractaria y con el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) como profesor en el Área de Biomateriales Cerámicos.

Su actividad profesional ha dado lugar a la publicación de más de doscientos artículos de investigación científica en revistas indexadas en el SCI, dieciocho patentes, más de cincuenta contratos de I+D+i con el sector privado en el campo de los materiales refractarios, cerámicos y del cemento.

No se puede dejar de destacar, en estas últimas líneas, su estrecha y dilatada vinculación con la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, SECV, cuya Secretaría General ocupó entre 1972 y 1976 consolidando la labor iniciada por Antonio García Verduch, y a la que llegaría tras permanecer durante más de diez años como secretario de la Sección de Refractarios. Su presencia ha sido permanente en las actividades de la institución, no solo con la aportación de trabajos y comunicaciones a las reuniones generales y de sección, sino con su activa participación en los debates, que han sido una constante de su actuación personal.

Salvador de Aza ha sido una figura clave en la investigación y desarrollo de los materiales cerámicos en España. Falleció el día 13 de abril de 2011.



Pedro Durán Botía (1991-1993)

Nació en Guadalupe, Murcia, el día 3 de mayo de 1936 y estudió en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Complutense de Madrid. Doctor por la Universidad Complutense de Madrid en el año 1966, fue colaborador científico del CSIC en el año 1967, investigador científico en el año 1972 y profesor de investigación desde 1984.

Realizó estudios de especialización en Química del Estado Sólido en el Laboratoire de Hautes Temperatures del CNRS y en la Ecole Supérieure de Chimie "Pierre Curie" de París, en el Laboratoire des Hautes Temperatures et Ultra-Réfractaires de Odeillo (Francia) y en el Imperial College de Londres.

Jefe del Departamento de Electrocerámica del Instituto de Cerámica y Vidrio entre los años 1979 y 1991. Fue nombrado vicedirector del centro en 1983 y ostentó el cargo de director desde el mes de junio de 1991 hasta diciembre de 1993.

Ha sido el principal impulsor de una línea de trabajo en el campo de los materiales electrocerámicos, que actualmente constituye una de las áreas más importantes que se cultivan en el ICV. Sus contribuciones han estado relacionadas con el procesado y propiedades de materiales electrocerámicos nanoparticulados. Dentro de esta especialidad, ha sido coordinador del primer Proyecto de Investigación Europeo sobre Pilas de Combustible SOFC (1986-1988), en el que participaban seis equipos de investigación de otros tantos países de la CEE.

Coordinador de varios proyectos de investigación del CSIC y de la CICYT, ha participado como conferenciante invitado en varios congresos nacionales e internacionales. Es autor de más de 100 publicaciones internacionales siempre en el campo de los electrolitos sólidos conductores iónicos, ferroeléctricos y superconductores cerámicos de alta temperatura crítica (T_c). Ha dirigido ocho tesis doctorales.

Miembro fundador del European Electroceramics en 1984, impulsó activamente, desde sus inicios en el año 1991, las Reuniones Nacionales de Electrocerámica. Fue presidente del comité organizador y editor de las publicaciones del III Congreso de la Sociedad Europea de Cerámica celebrado en Madrid en 1992.

En 1999 la Sección de Electrocerámica de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio le concedió el premio "Epsilon de Oro" por toda su labor científica desarrollada en el campo de los materiales cerámicos.

Como consecuencia de su labor docente e investigadora la Electrocerámica se ha impartido varios años como asignatura en los cursos de doctorado de la Universidad Autónoma de Madrid.



Ángel Caballero Cuesta (1994-2006)

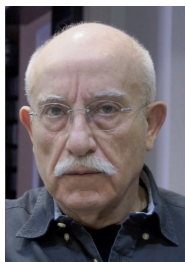
Nació en Sama de Langreo (Asturias) el 14 de diciembre de 1955 y se licenció en Ciencias Químicas por la Universidad Complutense en 1980. Es doctor en Ciencias Químicas por la misma universidad (1985). Ha desarrollado su carrera investigadora en el Instituto de Cerámica y Vidrio en el Área de Ciencia y Tecnología de Materiales.

Inició su trabajo investigador realizando estudios experimentales de diagramas de equilibrio y relaciones de fases a alta temperatura. Dicha información es fundamental para el diseño, formulación y preparación y desarrollo de materiales cerámicos avanzados para su aplicación en tecnologías avanzadas o para nuevas aplicaciones de tecnologías tradicionales. En esa etapa, los trabajos sobre rodillos cerámicos tenaces para su aplicación en hornos de cocción de pavimentos y revestimientos cerámicos permitieron a la empresa Lomba Camiña, S. A., obtener el Premio Alfa de Oro en la Feria Internacional de Cerámica (CEVISAMA-1987). En una segunda etapa puso en marcha los estudios de modelización termodinámica de los diagramas de equilibrio de fases lo que permitió el establecimiento de los diagramas de equilibrio de fases con un reducido número de ensayos y al mismo tiempo aplicar este tipo de estudios para conocer el comportamiento a la corrosión de diferentes tipos de materiales, realizando publicaciones de referencia en este campo. Desde 2009 este tipo de estudios se ha ampliado a biomateriales cerámicos realizando estudios no solo de modelización de los correspondientes diagramas de equilibrio sino también a estudios de simulación termodinámica de comportamiento “in vitro”, lo que ha dado lugar a trabajos pioneros en ese campo.

Ha publicado más de 60 trabajos en revistas indexadas en SCI e impartido numerosos seminarios y conferencias como invitado en congresos y universidades nacionales e internacionales. Ha dirigido cinco tesis doctorales y ha realizado más de cincuenta contratos de I+D+i con el sector privado en el campo de los materiales refractarios y cerámicos con importantes desarrollos de *know-how* y obtención de patentes, alguna de ellas transferida y en proceso de explotación.

Ha realizado estancias de trabajo en la Universidad de Berkeley-California y de especialización como profesor visitante en la Universidad de Rolla-Missouri. Profesor honorífico de la UAM en la licenciatura de Ciencias Químicas hasta 2012 y de doctorado en la Universidad Complutense de Madrid hasta 2011. Profesor de máster y doctorado en la Facultad de Ingeniería de Mar del Plata en Argentina (1994-1998).

Ha sido director del Instituto de Cerámica y Vidrio del CSIC (1994-2006), director del Departamento de Postgrado y Especialización de esta misma institución (2009-2010) y desde diciembre de 2010 es el vicepresidente adjunto de Transferencia de Conocimiento del CSIC. Actualmente es vicesecretario general de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio.



Juan Eugenio Iglesias Pérez (2006-2012)

Nació en Almería el 30 de septiembre de 1942. Se licenció en Ciencias Geológicas por la Universidad de Granada en el año 1966, y tres años más tarde obtuvo el título de Master of Science in Chemical Engineering en la University of Texas at Austin (USA). Entre 1967 y 1971 fue Research Assistant, University of Texas y en 1971 obtuvo el grado de PhD in Chemical Engineering en esa Universidad. Durante 1972 continuó en la citada Universidad en calidad de Postdoctoral Research Associate.

De 1973 a 1975 fue profesor agregado contratado (PNN) de la Universidad del País Vasco en Lejona (Bilbao), y en el año 1973 obtuvo el grado de doctor en Ciencias Geológicas por dicha Universidad.

En 1976 fue contratado como Wissenschaftler, en la Universität Bern, de Suiza. Obtuvo la plaza de investigador científico del CSIC por oposición en ese mismo año, y en 1984, la de profesor de investigación del citado organismo.

Ha ocupado varios cargos relacionados con la gestión de la investigación: diplomado del Curso OGEINAP, de Organización y Gestión de la Investigación en Centros Públicos, Instituto Nacional de Administración Pública, Universidad de Alcalá de Henares, 1984; vicedirector del Instituto de Físico-Química Mineral del CSIC entre los años 1983 y 1987; fundador y primer director de la Escuela de Postgrado y Especialización del CSIC durante el periodo 1985-1989; director de la Sede C del Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (CSIC) y vicedirector del Instituto, 1990-1996; y, finalmente, director del Instituto de Cerámica y Vidrio del CSIC entre 2006 y 2012, año de su jubilación. Ha realizado varias estancias en centros extranjeros: Department of Chemical Engineering, The University of Texas at Austin Texas, USA (1967-1973); Abteilung für Kristallographie und Strukturlehre, Universität Bern, Bern, Suiza (1975-1976).

Durante los años 1980-1988 perteneció a la Comisión Científica del CSIC, como vocal elegido por el Ámbito de Ciencias de la Tierra y del Espacio y durante el periodo 1982-1988, a la Junta de Gobierno del CSIC, por delegación de la Comisión Científica; en 2001 fue nombrado Representante del Personal Científico Investigador del CSIC en la Junta de Gobierno del CSIC, por elección directa de todo ese personal, cargo en el que permaneció hasta la desaparición de la citada Junta de Gobierno al convertirse la institución en agencia.

Sus publicaciones científicas, en su gran mayoría en revistas internacionales, están relacionadas con los temas: síntesis y estructura cristalina de semiconductores; espectroscopía infrarroja de materiales pulverulentos; silicatos laminares; conductores iónicos; fases tipo aurivillius y perowskitas y otros óxidos mixtos; cristalografía matemática y cienciometría.



Antonio Javier Sánchez Herencia (2012-2014)

Nació en Albacete el 26 de agosto de 1966. Licenciado en Ciencias Químicas por la Universidad Autónoma de Madrid, comenzó su carrera investigadora en el Departamento de Química Inorgánica con la realización de la tesina sobre complejos de haluros de estaño. En el año 1991 se incorporó al Instituto de Cerámica y Vidrio para la realización de la tesis doctoral bajo de dirección del profesor J. S. Moya, tesis que defendió en 1995 con la memoria titulada *Procesamiento y propiedades mecánicas de materiales cerámicos laminados* con la que obtuvo la calificación de sobresaliente *cum laude*. Tras finalizar el doctorado realizó una estancia de dos años en el Departamento de Ciencia de Materiales de la Universidad de Santa Bárbara trabajando con el profesor Fred. F. Lange, sobre el control de las tensiones en sistemas laminados para obtener mejoras en las propiedades mecánicas. En el año 2000 ganó una plaza de científico titular del CSIC en el Instituto de Cerámica y Vidrio, donde ha desarrollado la mayor parte de su carrera profesional. A partir de ese momento sus líneas de investigación divergieron, siempre con el componente común del empleo de sistemas coloidales acuosos. Así comenzó la línea de procesamiento de materiales metálicos a partir de suspensiones acuosas y posteriormente la de síntesis de nanopartículas cerámicas y metálicas por métodos de ultrasonido. En el año 2011 realizó una estancia de seis meses, como investigador visitante, en el Departamento de Ingeniería Química y Biomolecular de la Universidad de Melbourne en Australia, investigando en los métodos de procesamiento de estructuras porosas a partir de sistemas coloidales en agua. Sus líneas de investigación han abordado el estudio de coloidal del procesamiento para el diseño y fabricación de estructuras complejas cerámicas, metálicas y de sus compuestos, enfocadas tanto desde el punto de vista de la síntesis, como del procesamiento con el fin último de mejorar las propiedades mecánicas y funcionales de los materiales. Ha publicado más de setenta artículos en prestigiosas revistas del campo de la cerámica y otros ámbitos, entre las que se encuentran la revista *Science* y *Advanced Materials*. También es coinventor de tres patentes, una de ellas licenciada por la Marina de los Estados Unidos de América. Ha dirigido cuatro tesis doctorales y varios proyectos fin de máster y de carrera, ha liderado varios proyectos del Plan Nacional y de Cooperación Empresarial. En el año 1993 fue el encargado de la Sección Foro Joven y fue miembro del Comité de Redacción del *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio* entre los años 1993 y 1998. Ha sido jefe del Departamento de Cerámica entre los años 2008 y 2010 y vicedirector del Instituto desde 2010 hasta 2012. En octubre de 2012 fue nombrado director en funciones y en enero de 2013 fue nombrado director. En junio de 2014 cesa como director al ser nombrado vicepresidente adjunto de Programación Científica del CSIC.

Departamentos



Cerámica

La historia del Departamento de Cerámica transcurre paralela a la del Instituto de Cerámica y Vidrio (ICV). Los comienzos se remontan al año 1947 cuando el Patronato “Juan de la Cierva”, perteneciente al CSIC, asignó una pequeña cantidad económica para realizar un estudio sobre talcos españoles y su aplicación a la fabricación de porcelanas. Este trabajo, que fue la tesis doctoral de Manuel Demetrio Álvarez-Estrada, superó todas las expectativas y fue premiado por el propio Patronato, lo que facilitó la creación de una nueva sección de investigación, la Sección de Silicatos, teniendo como finalidad el desarrollo de un programa general de investigaciones sobre cerámicas en España. Posteriormente, esta Sección de Silicatos se transformaría en el Departamento de Silicatos y, en 1964, daría lugar al actual Instituto de Cerámica y Vidrio.

Desde el año 1947 hasta el año 1970 la investigación se centró principalmente en los estudios físico-químicos de diversas materias primas cerámicas, como arcillas (talco, caolín, sericita) y otros silicatos, cuarcitas, granito y esmaltes cerámicos. Estas investigaciones dieron lugar a numerosas tesis doctorales (García Verduch, 1951; Álvarez-Estrada, 1952; González Peña, 1952; Sánchez Conde, 1954; Espinosa de los Monteros y De Aza, 1967; Fernández Arroyo, 1969; Jiménez Calvo, 1976; Requena, 1976; Sandoval, 1980, e Ibáñez, 1993), las primeras patentes, publicaciones y el primer libro escrito por un investigador del ICV, Juan Espinosa de los Monteros, *El caolín en España*, publicado en el año 1974, y en el que se realiza un sistemático estudio de los yacimientos, la caracterización físico-química del mineral y su empleo en la industria cerámica.

En la memoria del Patronato “Juan de la Cierva” del año 1966 se documenta por primera vez la existencia del Departamento de Cerámica, constituido por cinco secciones: 1) Materias Primas; 2) Tierras Cocidas; 3) Porcelanas, Lozas y Esmaltes; 4) Refractarios y 5) Productos Especiales y Plasma. En el año 1973, dos años después del

traslado del Instituto de Cerámica y Vidrio a Arganda del Rey, en la memoria anual del ICV aparece que el Departamento de Cerámica está formado por tres secciones: Sección de Refractarios, Sección de Cerámica Blanca y Sección de Productos Cerámicos Especiales, siendo el jefe del departamento Demetrio Álvarez Estrada. En 1979 el ICV sufre una nueva reestructuración, Demetrio Álvarez Estrada pasa a ser director del Instituto y Salvador de Aza Pendás ocupa el cargo vacante de jefe de la nueva Unidad Estructural de Investigación Cerámica. Salvador de Aza fue jefe de la UEI de Cerámica hasta que es nombrado director del centro y posteriormente vicepresidente de Ciencia y Tecnología del CSIC (1991-1996), en 1997 se reincorpora de nuevo al Instituto de Cerámica y Vidrio, y continúa su labor investigadora dentro del Departamento de Cerámica como profesor de investigación hasta 2004 y como profesor emérito hasta su fallecimiento. En el año 1993 en cumplimiento del Nuevo Reglamento del Organismo (CSIC), se propone por unanimidad una reestructuración del centro y la UEI de Cerámica vuelve a denominarse Departamento de Cerámica.

Las líneas de investigación desarrolladas por el departamento desde su creación y las que posteriormente se han ido incorporando tratan de cubrir el campo científico y tecnológico que la cerámica ha ido demandando. En el Departamento de Cerámica se trabajó inicialmente en el estudio, procesamiento, propiedades y comportamiento de materiales cerámicos tradicionales (materias primas, cerámica blanca, refractarios) y a finales de los setenta se comienza a trabajar en materiales cerámicos avanzados poniendo especial énfasis en nuevas formulaciones que mediante procesos novedosos generen microestructuras específicas. Estos nuevos procesos permitieron reforzar los materiales cerámicos y enaltecer sus propiedades, ampliando al mismo tiempo su campo de aplicación.

Al querer establecer una clasificación adecuada de las líneas de investigación realizadas durante estos cincuenta años, se observa que en muchos casos se superponen e interaccionan, y algunas de ellas siguen desarrollándose hasta hoy en día. Por tal motivo, se exponen a continuación de manera secuencial, según se fueron implantando cronológicamente. También se detallan separadamente los materiales oxídicos de los no oxídicos, debido a las grandes diferencias en cuanto a sus métodos de procesamiento y propiedades. Para una mejor comprensión se puede visualizar en la tabla 1 cómo fueron surgiendo, a lo largo de las distintas décadas, las diversas líneas de investigación desarrolladas con éxito en el departamento.

Tabla 1. Líneas de investigación desarrolladas en el Departamento de Cerámica, expuestas cronológicamente

Inicio	Líneas de investigación
Década de los setenta	Materiales refractarios
	Diagramas de equilibrio de fases
Década de los ochenta	Sinterización reactiva
	Materiales cerámicos estructurales avanzados. Reforzamiento
	Procesamiento coloidal
Década de los noventa	Materiales compuestos
	Materiales laminados
	Recubrimientos cerámicos
	Cerámicos no oxidicos
Década de 2000	Materiales porosos y membranas
	Biomateriales
A partir de 2010	Materiales y recubrimientos bajo condiciones severas de trabajo
	Diseño y obtención de biocerámicas y cerámicas estructurales de alta temperatura
	Tecnologías de procesamiento coloidal innovadoras

A continuación se da una breve visión de cada una de estas líneas, destacando los aspectos científicos y tecnológicos más relevantes conseguidos.

Diagramas de equilibrio de fases. Materiales refractarios

En el año 1962 comienza la investigación en materiales refractarios que hasta ese momento no habían tenido un riguroso enfoque científico y todo el conocimiento que se tenía sobre ellos era empírico. Esta línea se inicia por el impulso de Demetrio Álvarez Estrada y la realización de la primera tesis doctoral sobre materiales refractarios en España *Refractarios Básicos Aglomerados Químicamente en Frío*, de Salvador de Aza Pendás (1967), trabajo que un año antes obtuvo el Premio Nacional “Juan de la Cierva” de Investigación Científico-Técnica (1966).

Tanta trascendencia tuvieron los trabajos realizados que, a finales del año 1963, la Sociedad Española de Cerámica, con el apoyo del Laboratorio de Ensayos e Investigación Industrial “Leandro José Torrónegui Ibarra” de Bilbao y el Departamento de Silicatos, creó su propia Comisión de Normas de Refractarios. En 1966 el IRANOR tomó la decisión de

constituir su Comisión Técnica de Trabajo CTT 61 Materiales Refractarios. Su primer secretario fue Salvador de Aza, cargo que desempeñó desde su creación el 26 de abril de 1966 hasta julio de 1972, y posteriormente fue su presidente hasta diciembre de 1978.

A mediados de los setenta, Salvador de Aza Pendás establece una nueva línea de investigación, que se convertirá en una de las principales hasta nuestros días, y que consiste en el estudio y determinación experimental de los diagramas de equilibrio de fases.

Los diagramas de equilibrio de fases son una potente herramienta para el diseño de nuevos materiales cerámicos, tanto tradicionales como avanzados, así como para predecir y obtener una mejor comprensión de su comportamiento en servicio en condiciones de alta temperatura y frente a agentes corrosivos.

Una de sus primeras contribuciones fue la puesta a punto de las técnicas experimentales y el desarrollo teórico necesario para abordar el estudio experimental de diagramas de equilibrio de fases de óxidos. Con esta metodología, a finales de los setenta se estudiaron diferentes sistemas ternarios de Al_2O_3 - SiO_2 - CaO y ZrO_2 - Al_2O_3 - XO ($\text{X}=\text{Ca}$, Si , Ti , Mg) y cuaternarios, uno de ellos, ZrO_2 - Al_2O_3 - SiO_2 - TiO_2 fue objeto de la realización de una tesis doctoral (Pena, 1979) de gran interés tecnológico y la base teórica para el desarrollo de materiales de mullita- ZrO_2 empleando la sinterización reactiva. La mayor parte de los diagramas establecidos en aquel entonces se publicaron en revistas de referencia y posteriormente fueron recopilados en libros y en los CD-ROM de la serie Phase Diagrams for Ceramists.

Una gran parte de los estudios realizados en este campo se aplicó inicialmente a los materiales refractarios, donde los diagramas de equilibrio son válidos no solo para determinar la tendencia termodinámica de equilibrio durante la cocción del material refractario, sino también para predecir el estado final de equilibrio y conocer el camino a través del cual el sistema evoluciona durante su aplicación. En el Departamento se han publicado varias monografías y libros sobre materiales refractarios, siendo el primero de ellos, *Refractory Materials in Iron & Steelmaking. Bibliographic Review 1980-1987*, de Emilio Criado *et al.* (1984), donde se recopila toda la información existente sobre las características y rendimientos de los materiales refractarios empleados en la industria siderúrgica, y que incluso hoy en día sigue siendo un documento indispensable para esa área industrial.

Debido al gran interés de este tipo de materiales, entre los años 1997-2001 se concede al grupo de Diagramas de Equilibrio el Proyecto Europeo “Development of Spinel and Calcium Hexa-aluminate bonded High Alumina Refractories”, liderado por Pilar Pena Castro, en el que se desarrollaron cementos de aluminatos cálcicos con espinela mediante síntesis en estado sólido a partir de los conocimientos del correspondiente diagrama de equilibrio. Especial mención merece la publicación “New spinel-containing refractory cements” (De Aza, A. H., *et al.* 2003, *J. Eur. Ceram. Soc.*, 23 (5): 737-744) y la patente *Cementos refractarios aluminosos conteniendo espinela. Procedimiento de Obtención*

(De Aza, A. H., *et al.*; ES2143369 (A1) 2000-05-01), documentos base para la fabricación de estos cementos (figura 1), con los que se prepararon nuevos materiales refractarios que han sido evaluados positivamente en su comportamiento en distintas acerías.

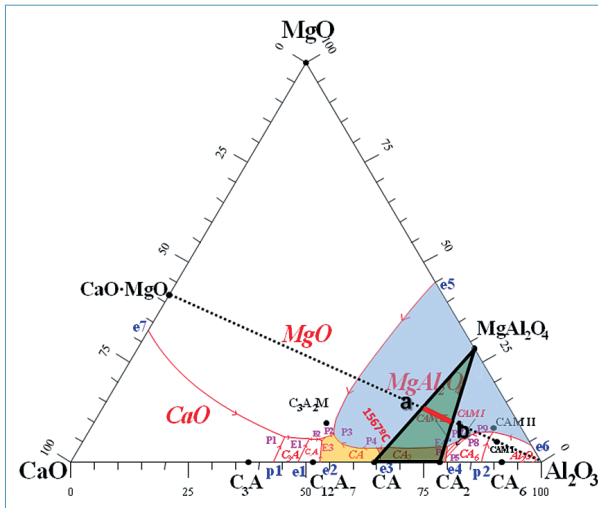


Figura 1. Sistema Al_2O_3 - MgO - CaO en el que se esquematiza el proceso de obtención de cementos refractarios aluminosos conteniendo espinela mediante un proceso de sinterización reactiva.

Simultáneamente, a finales de los noventa, Ángel Caballero Cuesta inicia un nuevo enfoque en esta línea de trabajo consistente en utilizar la simulación y la modelización termodinámica para calcular los diagramas de equilibrio de fases de sistemas multicomponentes, mediante el uso de los sistemas computacionales conocidos como CALPHAD (Calculation of Phase Diagrams). Esta metodología utiliza el programa Thermo-Calc que permite calcular y minimizar las funciones de energía libre de Gibbs (G) de las distintas fases del sistema. Por primera vez en el ICV, se establecen diagramas de fases de forma teórica mediante cálculos termodinámicos y con una experimentación mínima. Se ha trabajado productivamente en la modelización de diversos sistemas ternarios y cuaternarios, destacando la publicación “Thermodynamic assessment of the system ZrO_2 - CaO - MgO using new experimental results: Calculation of the isoplethal section MgO - CaO - ZrO_2 ” (Serena, S., *et al.* 2005. *J. Eur. Ceram. Soc.*, 25 (5): 681-693) y consolidando el cálculo termodinámico como una poderosa herramienta de cara al diseño y desarrollo de materiales cerámicos. Hasta el momento es el único grupo de investigación que aplica esta metodología a los materiales cerámicos y biomateriales en España.

Es destacable que esta línea ha tenido un gran desarrollo en el departamento hasta hoy en día y que los estudios orientados a establecer los diagramas de equilibrio de fases

han estado soportados por la concesión de numerosos Proyectos Nacionales e Internacionales y han generado una abundante producción científica. Los resultados de estas investigaciones han llevado a la realización en el departamento de numerosas tesis doctorales (Pena, 1979; Martínez, 1983; Caballero, 1985; Wohlfrom, 1991; Saiz, 1992; Sainz, 1995; De Aza, 1997; Rodríguez, 2001; Serena, 2002; Vázquez, 2004; Rivas, 2004; Durán, 2009; Palacios, 2012, y Carvajal, 2013) y más de cien publicaciones de elevado impacto.

Finalmente, este ámbito de investigación ha dado lugar a una importante vía de captación de recursos económicos para el departamento a través de numerosos contratos con las industrias de materiales refractarios e industrias básicas como la del hierro y el acero, del vidrio, del cemento, etc., para las cuales los refractarios son materiales estratégicos. Estas colaboraciones con la industria han llegado hasta nuestros días.

A finales de los setenta otras destacadas líneas de investigación se iniciaron en el departamento. Bajo la dirección de Antonio García Verduch se comenzaron a realizar estudios sobre el comportamiento termomecánico en materiales cerámicos. Fruto de estas investigaciones fue la tesis doctoral *Propiedades termomecánicas anisótropas y su aplicación para proyectar nuevos materiales cerámicos de elevada resistencia al choque térmico* (Moya, 1973). Los estudios sobre el comportamiento termomecánico alcanzaron especial énfasis con el desarrollo de los materiales cerámicos avanzados y se han seguido realizando hasta la actualidad.

A partir del año 1983, José Serafín Moya Corral junto con Salvador de Aza Pendás establecen tres nuevas líneas de investigación: estudios sobre sinterización-reactiva, diseño de materiales cerámicos estructurales avanzados y reforzamiento, e inician la de procesamiento coloidal de materiales cerámicos junto con Joaquín Requena Balmaseda. Estos trabajos definirán la investigación que se llevará a cabo en las dos siguientes décadas.

Sinterización reactiva

En los años ochenta y noventa, el departamento centró parte de su actividad investigadora en el estudio de la sinterización-reactiva de mezclas de $\text{ZrSiO}_4\text{-Al}_2\text{O}_3$. Este tipo de sinterización se caracteriza porque simultáneamente e “in situ” tienen lugar las reacciones entre las materias primas de partida junto con la sinterización del compacto y por utilizar los diagramas de equilibrio como herramienta para determinar qué reacciones pueden ocurrir. En el año 1985 José S. Moya *et al.* establecieron y publicaron en el *Journal of Materials Science* (revista referente en la época) tres artículos en los que se diseñaron, procesaron y caracterizaron materiales de mullita-zircona basándose en el conocimiento previamente establecido de los correspondientes diagramas cuaternarios de $\text{ZrO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-(CaO,MgO,TiO}_2\text{)}$. Siendo el primero de ellos “Multicomponent toughened ceramic

materials obtained by reaction sintering - Part 1 $\text{ZrO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-CaO}$ system” (Pena, P. *et al.* 1985. *Journal of Materials Science*, 20 (6): 2011-2022). En estos trabajos se analiza el impacto de estos diagramas en distintas áreas de la ciencia y la tecnología cerámicas, tales como chamotas refractarias, industria del aluminio, etc. También se proponen posibles campos de aplicación de estos materiales, como es el caso de las prótesis dentales sustituyendo a los materiales utilizados de circona parcialmente estabilizada.

Estas investigaciones dieron lugar a la obtención de los primeros proyectos europeos del departamento, del ICV y de los primeros a nivel nacional, siendo estos: “High Temperature Mechanical Behaviour of TiO_2 , CaO or MgO Containing Reaction-Sintered Mullite-Zirconia Tough Ceramic Composites for Engine Applications”, liderado por José Serafin Moya, CEE EURAM MA1E/0058/C (1988-1991), y “Development of ceramic and ceramic composite materials for structural applications at high temperatures with improved creep resistance chemical stability and reliability”, encabezado por Salvador de Aza, CEE BRITE RI-1B-0202-C (1988-1992). En el marco de ambos proyectos se estudiaron aplicaciones de los materiales desarrollados de mullita-circona y fueron el punto de partida para la realización de numerosos avances y estudios en esta área y en la línea de reforzamiento.

Posteriormente, la investigación sobre sinterización-reactiva se ha aplicado a otros sistemas con el fin de obtener materiales compuestos e incluso recubrimientos con excelente adherencia por ser conseguidos mediante reacción química con el sustrato. Ha sido una línea de gran importancia dentro del departamento y ha dado lugar a la realización de numerosas tesis doctorales (Miranzo, 1985; Baudín, 1986; Torrecillas, 1990; Wohlfrom, 1991; Saiz, 1992; Uribe, 2001; Rodríguez, 2001, y Serena, 2002) y cuantiosas publicaciones de alto impacto.

Materiales cerámicos estructurales avanzados. Reforzamiento

Hasta la década de los ochenta se trabaja en el estudio de la fisicoquímica de los materiales cerámicos con objeto de diseñar materiales resistentes a alta temperatura frente a ambientes corrosivos (alta resistencia al ataque químico). La década de los ochenta fue la del gran auge mundial de los materiales estructurales avanzados y se comenzó a trabajar con éxito en su desarrollo mediante la optimización de su procesamiento y comportamiento termomecánico. Esta optimización permite el diseño de materiales que, manteniendo su excelente comportamiento en ambientes corrosivos, posean buena respuesta mecánica bajo condiciones extremas de tensión y temperatura y alta resistencia al desgaste. En su fabricación se usan materias primas de elevada pureza, con composición química y propiedades morfológicas controladas, granulometría submicrónica y se tiene un control

preciso de su procesado, y del tratamiento térmico. Asimismo, poseen una microestructura bien controlada, que asegura su alta fiabilidad o respuesta a la utilización para la cual han sido diseñados.

Las investigaciones en estos materiales se centran inicialmente en emplear los diagramas de equilibrio de fases para establecer la composición final del material deseado y en diseñar su microestructura para implementar sus propiedades. En este ámbito de investigación, el primer trabajo publicado en el ICV fue “Effect of ZrO_2 (ss) in mullite on the sintering and mechanical properties of mullite/ ZrO_2 composites” (Moya, S. J., *et al.* 1983. *Journal of Materials Science Letters*, 2 (10): 599-560), donde se recogen algunos de los resultados más relevantes obtenidos durante la realización de la tesis doctoral *Materiales cerámicos tenaces compuestos de Mullita-Circona* (Osendi, 1984). Este trabajo también marca un antes y un después en la obtención de mullita sintética a partir de un precursor, la premullita, no descrita hasta ese momento en la literatura científica. Estas investigaciones permitieron la obtención del Proyecto Europeo “Preparation of Reactive Premullite, Mullite and Sialon Powders”, liderado por José S. Moya y Rafael Martínez (1989). En el Departamento, la obtención y el estudio de las propiedades y aplicaciones de la mullita ha sido un campo de investigación muy importante durante las décadas de los ochenta, noventa y 2000, que se plasma en la realización de numerosas tesis doctorales donde la mullita es parte fundamental (Osendi, 1984; Miranzo, 1985; Baudín, 1987; Torrecillas, 1990; Sainz, 1995; Barea, 2004; Burgos, 2008, y Queirós, 2012) y más de cien publicaciones en el SCI.

Se puede decir que el desarrollo de los materiales estructurales avanzados se ha realizado utilizando dos aproximaciones fundamentales: la optimización del procesado y de la microestructura de materiales monofásicos y, a partir de la década de los noventa, mediante el desarrollo de materiales compuestos, tanto monolíticos como laminados. En este contexto se inscribe el trabajo realizado en el departamento en las últimas décadas dentro de la línea de reforzamiento de materiales.

Materiales compuestos

El interés de los materiales compuestos reside en la combinación de propiedades de las diferentes fases que lo forman con la finalidad de mejorar las propiedades finales del material. Se emplean como fases secundarias partículas, fibras cortas, fibras continuas o láminas. Los materiales compuestos son utilizados en numerosas aplicaciones de alta temperatura y en la industria aeroespacial por sus propiedades mejoradas.

Debido al gran interés de este tipo de materiales entre los años 1990 a 1994 se consigue el Proyecto Europeo “Composite Ceramic Reinforced by Whiskers or Platelets for Cutting Tools and Wear Applications”, liderado por Pilar Miranzo y José S. Moya, y se

trabaja en la obtención y caracterización microestructural, mecánica y tribológica de materiales de alúmina reforzados por plaquetas de Al_2O_3 y plaquetas de SiC. Se demuestra que la presencia de plaquetas de SiC provoca el reforzamiento del material, aumentando tanto la tenacidad como la resistencia al choque térmico (Belmonte, 1995). Posteriormente se estudia el comportamiento mecánico en condiciones dinámicas de materiales cerámicos reforzados de matriz alúmina, y se establecen los parámetros microestructurales que influyen en el comportamiento a flexión y a compresión dinámica en los diferentes materiales analizados. Estos estudios dieron lugar a la tesis doctoral *Comportamiento mecánico en condiciones dinámicas de materiales cerámicos tenaces* (Khalifa, 2003), que ese mismo año fue Premio Extraordinario de Doctorado en el Programa en Ingeniería Mecánica y de Organización Industrial de la Universidad Carlos III de Madrid.

En este ámbito, también se han utilizado distintas vías de procesamiento y diferentes tipos de materiales de partida para obtener nanocomposites de materiales de aluminamullita con la finalidad de mejorar las propiedades mecánicas a elevada temperatura (Burgos, 2008).

Asimismo en el procesamiento de sistemas compuestos metal-cerámica (CERMETS) se ha trabajado con éxito. En el año 2000, Rodrigo Moreno inicia una línea de investigación sobre obtención de estructuras metálicas y metalocerámicas mediante procesamiento coloidal. Estos materiales compuestos metal-cerámica requieren un estricto control de la dispersión de ambas fases en suspensión, ya que estas condicionan las propiedades finales del material y, por lo tanto, su capacidad para aplicaciones concretas. En este tipo de materiales, la elevada densidad de los polvos metálicos junto con su inestabilidad físico-química en suspensiones acuosas dificultan la obtención de suspensiones concentradas y limitan su aplicación (Hernández, 2005). La importancia de estas investigaciones se plasma con la consecución de un programa de cooperación con la Universidad de Santa Catarina (Brasil) en el cual se desarrollan CERMETS a partir de diversos metales (Ni, Cu, Fe, etc.) y óxidos cerámicos (SiO_2 , ZrO_2 , Al_2O_3 , etc.), y con la creación, impulsada por Begoña Ferrari, de la primera Unidad Asociada del Departamento de Cerámica-CSIC con el Grupo de Tecnología de Polvos de la Universidad Carlos III de Madrid.

Últimamente también se ha trabajado con CERMETS en aplicaciones funcionales, como es la síntesis y el procesamiento por técnicas coloidales en medio acuoso de sistemas nanoparticulados base ZrO_2 (Gonzalo-Juan, 2010) y base Ni (Cabañas, 2012) para su empleo en ánodos de pilas de combustible de óxidos sólidos (Ni-ZrO_2) y supercondensadores (Ni-NiO), respectivamente. En los últimos diez años se está investigando sobre el desarrollo de materiales compuestos de $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CNTs}$, $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{grafeno}$, ZrO_2/CNTs , $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{CNTs}$, $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{grafeno}$ y $\text{SiC}/\text{grafeno}$ (véase cerámicos no oxidicos), con el fin de ampliar el espectro de sus aplicaciones, en especial, en aquellas emergentes relacionadas con la energía y el transporte.

Esta línea se ha soportado por la obtención de varios proyectos nacionales, autonómicos e internacionales y ha dado lugar a varias tesis doctorales ya mencionadas, varias patentes y más de cien publicaciones, entre las que destaca “Revisiting the mechanical behavior of alumina/silicon carbide nanocomposites” (Miranzo, P., *et al.* 1998. *Acta Materialia*, 46 (15): 5399-5541) por elevado número de citas.

Materiales laminados

Este tipo de materiales toma como modelo las estructuras laminares naturales, como las conchas o la dentina, materiales cuyo excelente comportamiento mecánico se debe a su textura a escala macroscópica.

En el departamento debido a los avances obtenidos sobre procesamiento coloidal en los años ochenta, se introducen nuevas técnicas de conformado como son el colaje secuencial y el colaje en cinta que han permitido obtener materiales laminados. En esta década se trabaja con éxito mediante el procesado coloidal de las piezas y se establece que, mediante el diseño de estructuras laminares con función gradiente en materiales frágiles, se pueden conseguir materiales compuestos con una resistencia a la fatiga cíclica muy superior a la que presentan los correspondientes materiales cerámicos monolíticos (estos materiales se exponen en el apartado de procesamiento coloidal).

Para abordar con éxito el reto de los materiales estructurales avanzados mencionados, se precisaba establecer una sistemática de análisis de las relación microestructura-comportamiento mecánico de materiales cerámicos, inexistente en España, para lo cual fue necesario por parte del departamento el desarrollo y puesta a punto de un laboratorio de caracterización mecánica de materiales cerámicos. En concreto en la línea de materiales monofásicos es de destacar la puesta a punto de la metodología para la caracterización mecánica a alta temperatura de estos materiales. En la actualidad, el laboratorio de propiedades mecánicas del ICV, cuya dotación se ha realizado por medio de Proyectos de Infraestructura y de Investigación I+D+i, es uno de los más completos a nivel europeo y permite la caracterización, a temperatura ambiente, a alta temperatura y en distintas atmósferas, de un amplio abanico de materiales.

La línea de estudio de materiales cerámicos estructurales avanzados se ha seguido desarrollando con éxito hasta nuestros días, soportada por la concesión de numerosos proyectos nacionales e internacionales, y generando numerosas tesis doctorales (Moya, 1973; Sandoval, 1980; Osendi, 1984; Miranzo, 1985; Baudín, 1986; Torrecillas, 1990; Wohlfrom, 1991; Sánchez, 1995; Belmonte, 1995; Álvarez, 1997; Uribe, 2001; Khalifa, 2003; Gurauskis, 2006, y López, 2012) y más de trescientas publicaciones de alto impacto, siendo las más citadas: “High-temperature mechanical-behavior of stoichiometric magnesium spinel” (Baudín, C., *et al.* 1995. *Journal of the American Ceramic Society*, 78 (7): 1857-1862), en la línea de

materiales cerámicos para alta temperatura, y “Laminar ceramics that exhibit a threshold strength” (Rao, M. P. y col. 1999. *Science*, 286 (5437): 102-110), en la de materiales cerámicos para temperatura ambiente.

Procesamiento coloidal de materiales cerámicos

En los años ochenta, el procesamiento coloidal experimentó un importante auge a nivel mundial frente al cerámico tradicional y permitió obtener piezas con la forma definitiva y evitar la costosa etapa de su mecanizado final. En los procesos coloidales de conformado de piezas cerámicas se parte de suspensiones estables y homogéneas de compuestos cerámicos, cuya preparación exige el conocimiento de las distintas fuerzas de interacción existentes en el seno de la suspensión, es decir, conocer su reología.

En el departamento inicialmente se estudia el procesamiento por colaje de óxidos cerámicos, analizando sistemas de un componente, mezclas de dos componentes y mezclas que por sinterización-reactiva dan lugar a materiales de mullita. Se establecen las condiciones de mayor estabilidad desde el punto de vista electroforético y se preparan suspensiones de alto contenido en sólidos que den lugar a piezas sin defectos.

En esa década se trabaja con éxito en esta línea, siendo el primer estudio realizado sobre procesamiento coloidal de materiales cerámicos en el ICV la tesis doctoral *Procesamiento por colaje de materiales cerámicos avanzados* (Moreno, 1986) y publicándose el trabajo “Alúmina and alúmina/zirconia multilayer composites obtained by slip casting Requena” (Requena, J., et al. 1989. *Journal of the American Ceramic Society*, 72 (8): 1511-1513), que se puede considerar el punto de partida que en los años noventa dará lugar a nuevos métodos de conformado.

A partir de la década de los noventa, el procesamiento coloidal sigue siendo una línea destacada del Departamento de Cerámica y durante las siguientes se han desarrollado diversos métodos de conformado de piezas como son: el colaje, el colaje con presión, cuyos avances dieron lugar a la obtención del Proyecto Europeo “Developments in Cost Effective Forming of Defect Free Ceramics: Extension of Pressure Slip Casting to High Performance Ceramics”, liderado por R. Moreno (1992-1996), los métodos de conformado por gelificación, moldeo por inyección a baja presión soportado por el Proyecto Europeo “Low Pressure Injection Moulding of Aqueous Suspensions”, liderado por R. Moreno (2000-2002), y la liofilización (véase materiales porosos).

Asimismo se han desarrollado otros procesos de conformado, destacando por su impacto las técnicas de colaje en cinta y la deposición electroforética (véase recubrimientos). También se ha investigado en la obtención de materiales compuestos de cerámica y metal (CERMETS, véase materiales compuestos, descritos anteriormente). Algunos de

los resultados más relevantes de estos métodos de conformado se describen brevemente a continuación.

Gracias al conocimiento adquirido y a la implantación del colaje secuencial y del colaje en cinta, se estuvo en disposición de desarrollar materiales laminados y con función gradiente. Inicialmente se trabajó en la obtención de materiales con función gradiente (figura 2) mediante la filtración coloidal por ser una ruta sencilla que permite obtener, modelizar y diseñar materiales cerámicos laminados partiendo de diversos óxidos cerámicos clásicos, como son la alúmina y la circona (Sánchez-Herencia, 1995). En este tipo de materiales se trabaja con éxito y se establece por primera vez en la literatura científica que mediante el diseño de estructuras laminares con función gradiente en materiales de mullita se pueden obtener materiales compuestos con una resistencia a la fatiga cíclica muy superior a la que presentan los correspondientes monolíticos (Bartolomé, 1997).

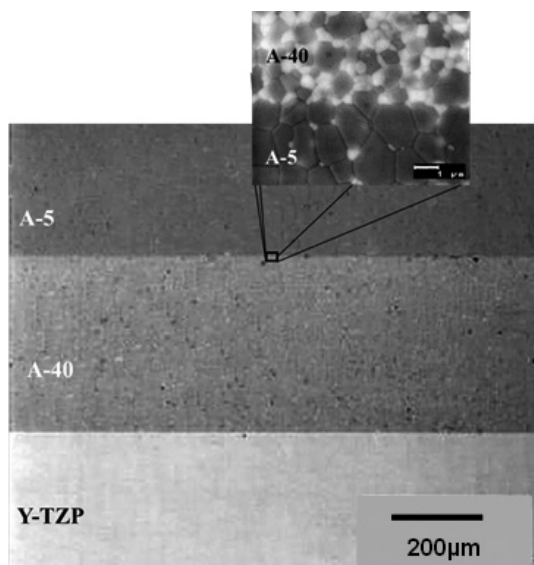


Figura 2. Material de alúmina y circona con gradiente composicional desde alúmina con 5% de Y-TZP hasta circona pura, obtenido a partir de las suspensiones coloidales del polvo cerámico correspondiente con aglomerante.

En el ámbito de los materiales laminados es destacable el Proyecto Europeo “Structural Integrity of Ceramic Multilayers and Coatings” (2002-2006), liderado por Carmen Baudín, que sirvió de soporte para la realización de diversos trabajos como el diseño y caracterización de materiales cerámicos laminados con base alúmina-titanato de aluminio donde se combinan valores de tensión de fractura del orden de la de los materiales de alúmina y con tolerancia a los defectos semejante a la del titanato de aluminio (Bueno, 2005). Asimismo, se desarrollaron materiales laminados de alúmina (Al_2O_3) e YTZP (t-ZrO_2 estabilizada Y_2O_3) obtenidos por el proceso de laminación a baja presión y temperatura ambiente, y utilizando pequeñas adiciones de un aglomerante. El reforzamiento

a escala microestructural se obtiene por la presencia de YTZP como segunda fase y el reforzamiento a escala macroestructural se deriva de las tensiones residuales de compresión desarrolladas en las capas externas (Gurauskis, 2006).

En la década de los noventa, con la finalidad de obtener piezas complejas se inician investigaciones sobre otras técnicas de conformado a partir de suspensiones como es la gelificación de polisacáridos (agar, agarosa, carragenatos, etc.), impulsadas por Rodrigo Moreno y María Isabel Nieto. El punto de partida es la relativa sencillez del método, el empleo de agua como medio de dispersión y la baja concentración de aditivos necesaria para obtener las piezas. Para ello, se adaptaron los procesos de conformado con las técnicas de consolidación mediante gelificación. Se estudian los procesos de conformado de piezas cerámicas de Al_2O_3 o alúmina/circona (piezas masivas, cintas y recubrimientos) a partir de suspensiones acuosas, aprovechando las propiedades gelificantes de una serie de polisacáridos. Una aplicación industrial de la técnica de gelificación que se propuso fue utilizar el moldeo por inyección a baja presión para la obtención de tazas de porcelana con asas en un solo paso (Santacruz, 2004). También se han obtenido piezas cerámicas óxido-no óxidos, de Al_2O_3 y Si_3N_4 , aprovechando las propiedades gelificantes de una serie de polisacáridos, con especial énfasis en los procesos de moldeo por inyección a baja presión y colado en moldes metálicos, como una vía para la obtención de piezas complejas con acabado casi final. Debido a la importancia de estos trabajos la tesis doctoral *Conformado de materiales cerámicos por gelificación térmica de polisacáridos* (Millán, 2001) obtuvo el Premio Extraordinario de Doctorado en Químicas de la Universidad Autónoma de Madrid en 2002. Asimismo, es destacable la publicación “Shaping of dense advanced ceramics and coatings by gelation of polysaccharides” (Nieto, M. I., *et al.* 2014. *Adv. Eng. Mater.*) por ser una revisión exhaustiva de este tipo de procesamiento.

En los últimos años se ha trabajado en métodos de síntesis de sistemas coloidales (soles) nanoparticulados homogéneos empleando el método sol-gel. Así, se han preparado materiales de TiO_2 (anatasa) dopados con iones lantánidos (Ln^{3+}), concretamente Eu^{3+} y Er^{3+} , cuyas emisiones principales se encuentran en el rango visible e infrarrojo del espectro electromagnético de la luz, respectivamente. Dichos materiales han sido evaluados para sus aplicaciones fotoluminiscentes estudiando las diferentes propiedades estructurales en función de la temperatura (Borlaf, 2013).

Asimismo mencionar las investigaciones realizadas sobre la notable influencia de distintos parámetros de la reología y de la estabilidad de las suspensiones cerámicas en los resultados analíticos obtenidos mediante Espectrometría de Emisión Atómica con Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-AES), que es hoy en día la técnica más adecuada para el análisis químico directo de materiales cerámicos en suspensión. Estos estudios se recogen en el artículo “Effect of Colloidal Stability of Ceramic Suspensions

on Nebulization of Slurries for Inductively Coupled Plasma Atomic Emission” (Fariñas, J. C., *et al.* 1994. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 9: 841-849).

La investigación en la línea general de procesamiento coloidal ha dado lugar a la realización en el departamento de numerosas tesis doctorales (Moreno, 1986; Sánchez, 1995; Homem de Mello, 1996; Ferrari, 1997; Bartolomé, 1997; Gutiérrez, 2001; Millán, 2001; Santacruz, 2004; Gurauskis, 2006; Burgos, 2008; Tallón, 2008, y Borlaf, 2013) y más de cien publicaciones de alto impacto entre las que destacan, “The Role of Slip Additives in Tape-Casting Technology. 1. Solvents and Dispersants” (Moreno, R. 1992. *Am. Ceram. Soc. Bull.*, 71 (10): 1521-1531) y “The Role of Slip Additives in Tape-Casting Technology. 2. Binders and Plasticizers” (Moreno, R. 1992. *Am. Ceram. Soc. Bull.*, 71 (11): 1647-1657). Asimismo, por su especial relevancia entre la comunidad científica destaca la publicación del libro *Reología de suspensiones cerámicas*, de Rodrigo Moreno (2005), siendo uno de los escasos volúmenes dedicados a la aplicación de la reología en cerámica.

En la década de los noventa, la sociedad demanda materiales que han de satisfacer complejas condiciones de contorno que son difíciles o literalmente imposibles de cumplir con los clásicos materiales monolíticos e isótropos. En el departamento se comienza a trabajar en recubrimientos cerámicos que hacen posible que estos nuevos materiales ofrezcan mejores propiedades que los monolíticos correspondientes. Por ejemplo, que sean especialmente resistentes al desgaste por abrasión, al ataque químico, al choque térmico y a la fatiga cíclica, de manera que su función pueda ser realizada de forma apropiada durante un periodo de tiempo superior.

Recubrimientos cerámicos

En el departamento se desarrollan principalmente tres procesos de obtención: mediante serigrafiado, deposición electroforética y proyección térmica. En este contexto se inscribe parte del trabajo realizado en las tres últimas décadas.

Recubrimientos reactivos

Se comienza a trabajar en la obtención de recubrimientos reactivos mecánicamente estables sobre sustratos cerámicos empleando la técnica de serigrafiado a partir de suspensiones cerámicas. Este tipo de recubrimientos se diseñan de acuerdo al correspondiente diagrama de equilibrio de fases y teniendo en cuenta las posibles reacciones que durante el tratamiento térmico tienen lugar in situ entre el recubrimiento y el sustrato. Esta nueva ruta ofrece un gran potencial tecnológico dada su sencillez, buena adhesión química, flexibilidad y su bajo coste. Como ejemplo, se estudian y caracterizan recubrimientos de

ZrTiO_4 sobre sustratos de TiO_2 (Steier, 1997) o recubrimientos de ZrO_2 sobre sustratos de mullita a partir de un recubrimiento reactivo de circón.

Recubrimientos cerámicos mediante deposición electroforética

Este método fue impulsado en el ICV por Rodrigo Moreno e inicialmente se llevó a cabo el diseño, instalación y puesta a punto del equipamiento básico para la obtención de recubrimientos cerámicos mediante la técnica de deposición electroforética (EPD). La primera tesis doctoral en este ámbito fue *Recubrimientos cerámicos sobre un soporte conductor mediante deposición electroforética a partir de suspensiones coloidales* (Ferrari, 1998) que ese mismo año fue Premio Extraordinario de Doctorado de la Universidad Politécnica de Madrid. En este trabajo para distintos sistemas recubrimiento/sustrato estudiados se establecen los parámetros a controlar para la obtención de recubrimientos homogéneos y con espesor controlado. La formación de estos depósitos viene determinada por las propiedades coloidales y eléctricas de la suspensión y por las condiciones impuestas sobre el sistema (densidad de corriente y tiempo de deposición) que afectan a la homogeneidad del depósito. Estos estudios permitieron establecer cómo controlar los distintos parámetros que intervienen en el proceso de EPD, y con ello posteriormente diseñar y preparar diferentes materiales de microestructura compleja como los laminados $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Y-TZP}$, usando Zn, Ni y grafito como sustratos, láminas de nanopartículas de zirconia dopada con ytria (Y-TZP) y láminas delgadas de ZnO con una elevada densidad de empaquetamiento que les permite ser transparentes y flexibles o plaquetas de $\text{Ni}(\text{OH})_2$ compactadas de forma organizada sobre sustratos de Ni (figura 3).

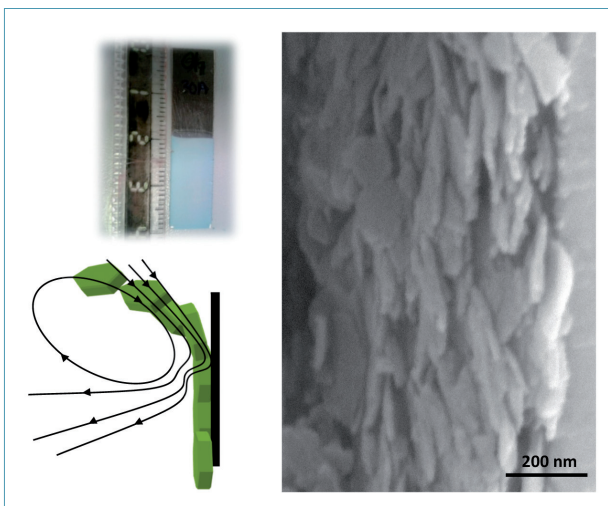


Figura 3. Plaquetas de $\text{Ni}(\text{OH})_2$ compactadas por deposición electroforética (EPD) de forma organizada sobre sustratos de Ni.

En este campo se han realizado varias tesis doctorales (Ferrari, 1998; Santacruz, 2004; Gonzalo, 2010; Verde, 2013, y Borlaf, 2013) y se han publicado más de cuarenta artículos en revistas de alto impacto entre los que destacan “Electrophoretic deposition of aqueous alumina slips” (Ferrari, B., *et al.* 1997. *Journal of the European Ceramic Society*, 17 (4): 549-556), que cuenta con gran número de citas, y la revisión “EPD kinetics: A review” (Ferrari, B. y Moreno, R. 2010. *Journal of the European Ceramic Society*, 30 (5): 1069-1078).

Recubrimientos cerámicos mediante proyección térmica

En la década de 2000 numerosas investigaciones se centran en el desarrollo de sistemas de generación de energía más eficientes y menos contaminantes a través, por ejemplo, del aumento de la temperatura de operación en motores y turbinas. Una de las posibles estrategias consiste en utilizar recubrimientos cerámicos sobre los componentes metálicos que trabajan en zonas de elevada temperatura permitiendo aumentar la temperatura del sistema y protegiéndolos de la oxidación, son las denominadas barreras térmicas (TBC); y por otro lado, se diseñan recubrimientos que protegen a otros componentes cerámicos no oxidicos, fundamentalmente nitruro de silicio (Si_3N_4) y carburo de silicio (SiC), de la recesión que sufren por efecto de ambientes corrosivos que contienen vapor de agua, son las denominadas barreras medio-ambientales (EBC). Los criterios básicos de selección de materiales en estas aplicaciones se basan en sus valores de conductividad térmica, similitud de coeficientes de expansión térmica, la compatibilidad entre componentes y la estabilidad a elevada temperatura de los mismos.

En este contexto se inicia la línea de obtención de recubrimientos cerámicos mediante proyección térmica con llama y por plasma, buscando su aplicación como barreras térmicas y ambientales. Esta actividad arranca con el proyecto de colaboración conjunta con EE. UU. “Novel Thermal Barrier Coatings (1999-2000)”, liderado en el ICV por M. I. Osendi, para su realización fue necesario crear y poner a punto un laboratorio de proyección térmica de llama, inexistente hasta ese momento en todo el entorno científico del ICV.

Inicialmente se diseñaron, obtuvieron y caracterizaron recubrimientos cerámicos de CaZrO_3 y de mullita/zircona sobre acero inoxidable (AISI 304L) para su empleo como barreras térmicas (TBC). Es destacable que algunos de estos recubrimientos estudiados presentan una conductividad térmica inferior a los empleados actualmente (YSZ). Además, en este tipo de recubrimientos se puso a punto un método para ensayar los materiales frente al ciclado térmico (Cano, 2008). También se han desarrollado recubrimientos multicapa de composición variable de mullita/ ZrO_2 (figura 4) entre el

substrato de SiC y la capa superior de ZrO_2 , para su empleo como barreras ambientales (EBC). Estos recubrimientos presentaron muy buena adherencia al sustrato y además se demostró que cumplen la función de proteger al sustrato frente a la oxidación en presencia de vapor de agua (Queiroz, 2012).

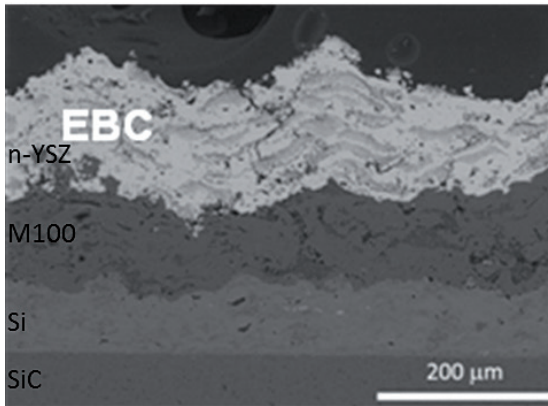


Figura 4. Micrografía de una multicapa de composición variable mullita (M100) y zircona nanoestructurada (n-YSZ) obtenida por proyección térmica, para su uso como barrera ambiental.

En este tipo de materiales es de especial importancia el estudio de la conductividad térmica, por ello se desarrolló una metodología con la cual se determinó por primera vez en la literatura científica la conductividad térmica de materiales bifásicos. Se trabajó exitosamente realizando modelos teóricos adecuados para explicar el comportamiento de cada material que forma el material compuesto. Asimismo, se empleó el método de elementos finitos (FEM) para simular la microestructura de los materiales. Se compararon diferentes modelos de conductividad térmica con los datos obtenidos por elementos finitos y con los modelos desarrollados. Simultáneamente, se desarrolló un equipo para medir la conductividad térmica mediante el método comparativo (Barea, 2004).

También se han aplicado recubrimientos nanoestructurados de titania y titania/alúmina por técnicas de plasma (APS). El objetivo ha sido mantener la nanoestructura de los recubrimientos para mejorar sus propiedades mecánicas y se ha demostrado la importancia de optimizar las suspensiones de sistemas nanoparticulados por técnicas coloidales y reológicas en el proceso de atomización.

Esta reciente línea de investigación ha dado lugar a la realización de varias tesis doctorales en el departamento (anteriormente citadas), y a diversas publicaciones entre la que destaca *Low-thermal-conductivity rare-earth zirconates for potential thermal-barrier-coating applications* (Wu *et al.*, 2002), con centenares de citas en la actualidad, que da idea del interés de estas investigaciones entre la comunidad científica.

Cerámicos no oxidicos

A nivel mundial existe la necesidad de desarrollar sistemas más eficientes energéticamente y menos contaminantes, como es el caso de las turbinas de gas o de los motores diésel. Una posible vía es la sustitución de muchos de los componentes metálicos utilizados en este tipo de aplicaciones (con puntos de fusión ≈ 1350 °C) por materiales cerámicos monolíticos no oxidicos, como pueden ser el Si_3N_4 o el SiC , capaces de resistir severas condiciones de temperatura, fricción y desgaste.

Así desde finales de los ochenta, a raíz de esta búsqueda de nuevas aplicaciones de los materiales cerámicos avanzados se inicia otra línea de estudio de especial relevancia en el departamento que consiste en el diseño, obtención, caracterización, comportamiento y reforzamiento de materiales cerámicos no oxidicos. La investigación en este ámbito supuso un cambio radical de mentalidad y de la infraestructura necesaria para llevar a cabo investigaciones en estos nuevos materiales.

Los primeros estudios realizados en el departamento en materiales cerámicos no oxidicos fueron sobre la obtención y caracterización de sialones, encabezados por Rafael Martínez y Serafín Moya a finales de los ochenta, y desarrollando la patente de un método de producción, *A method for the production of beta'-sialon based ceramic powders* (Serafín Moya *et al.*, EP0289440 (A1) 1988-11-02). Posteriormente se trabaja en la síntesis mediante el procedimiento de reacciones de combustión autopropagadas de alta temperatura (SHS) de materiales no oxidicos, debido a la financiación obtenida en el Proyecto de Innovación Industrial “Desarrollo de la tecnología de síntesis por auto-combustión (SHS)” (1993-1995), liderado por José Serafín Moya, y el Proyecto Europeo “Innovative and efficient cutting tools obtained by self-propagating high-temperature synthesis (SHS) process” (2000-2002), cuyo responsable en el ICV fue Miguel Ángel Rodríguez. Estos proyectos fueron el punto de partida de este ámbito de investigación y el procedimiento de síntesis y sinterización que se utilizó fue muy innovador a nivel mundial.

Asimismo se realizaron estudios sobre síntesis y sinterización de nitruro de silicio (Si_3N_4) y nitruro de aluminio (AlN) mediante SHS, con el fin de estudiar y entender el comportamiento diferencial que presentan estos materiales de Si_3N_4 en sus propiedades mecánicas (módulo de elasticidad, tenacidad, resistencia a la rotura y fatiga mecánica) y los de AlN en su conductividad térmica (Bermudo, 1997) en relación a los obtenidos por otras técnicas. También se investiga sobre las condiciones idóneas del proceso para obtener nitruro de silicio con diferentes contenidos de fase α y de fase β , al variar los parámetros para producir materiales con el máximo contenido en fase α - Si_3N_4 , con el máximo contenido en fase β - Si_3N_4 y con crecimiento de fibras de β - Si_3N_4 (García, 2002).

También se llevaron a cabo numerosos estudios de obtención de materiales de Si_3N_4 mediante la sinterización en un horno de prensado en caliente (Hot-Press). El control del proceso de sinterización puede dar lugar a materiales con una microestructura bimodal compuesta por granos elongados (fase β) embebidos en una matriz de granos más pequeños equiaxiales (fase α). El desarrollo de este tipo de microestructura produce el reforzamiento “in situ” del material a través de mecanismos de puenteo y deflexión de grieta (figura 5), aumentando la resistencia a la propagación de grieta o tenacidad del Si_3N_4 . Paralelamente se estudian otras rutas de conformado de materiales de Si_3N_4 , tales como el colaje en escayola y el colaje bajo presión a partir de suspensiones acuosas de polvos de $\alpha\text{-Si}_3\text{N}_4$. Se analiza la influencia de los distintos parámetros de procesamiento involucrados en la obtención de los materiales de Si_3N_4 (Homem de Mello, 1996).

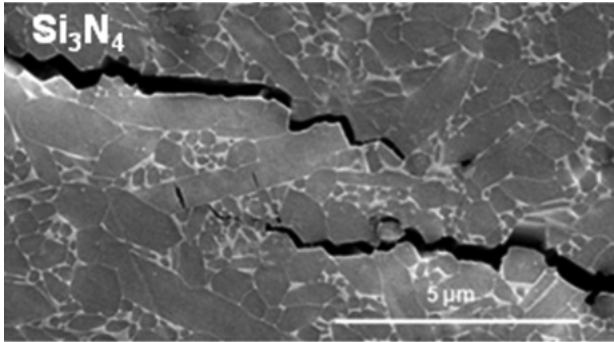


Figura 5. Micrografía obtenida por microscopía electrónica de barrido (MEB) de un material de Si_3N_4 con microestructura bimodal. Se observan diferentes mecanismos de reforzamiento (deflexión y puenteo de grieta).

Posteriormente con la finalidad de reforzar los materiales de Si_3N_4 y mejorar las propiedades mecánicas, térmicas y tribológicas, en la última década se ha estado trabajando en el desarrollo de materiales texturados y en materiales compuestos de Si_3N_4 que contienen nanoestructuras de carbono.

Para conseguir un elevado grado de texturación de los materiales de Si_3N_4 se han introducido semillas de $\beta\text{-Si}_3\text{N}_4$ en una mezcla inicial de polvos de $\alpha\text{-Si}_3\text{N}_4$ y se ha realizado un proceso combinado de extrusión de piezas en verde y su posterior sinterización mediante prensado en caliente. De esta forma se favorece la alineación de los granos que conduce a un comportamiento anisótropo de sus propiedades, y mejora las propiedades térmicas, mecánicas y tribológicas respecto al material sin texturar.

Otras investigaciones se orientan al desarrollo de materiales con mejores propiedades tribológicas (fricción y desgaste) que disminuyan las elevadas pérdidas energéticas producidas por procesos de fricción entre los componentes. Especial interés merecen en este campo las investigaciones realizadas en materiales compuestos de Si_3N_4 /nanotubos de carbono (CNTs) y Si_3N_4 /grafeno iniciadas a partir de 2006.

En lo que respecta a los compuestos basados en $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{CNTs}$, las expectativas son optimistas debido a que los CNTs presentan una elevada relación de aspecto, lo que les permite ser utilizados como potenciales reforzantes debido a su elevado módulo de elasticidad y resistencia mecánica. Es importante destacar que además los CNTs presentan una conductividad térmica superior a la del diamante y alcanzan valores de conductividad eléctrica elevados, por ello, los CNTs pueden aumentar considerablemente los valores de la conductividad eléctrica de las cerámicas monolíticas. A la hora de obtener compuestos basados en $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{CNTs}$, los mayores problemas encontrados son la falta de homogeneidad, la degradación de los CNTs en el tratamiento térmico y la porosidad en el material final. En el departamento se ha patentado un proceso que asegura una buena dispersión de los nanotubos en el seno de la matriz cerámica y una elevada densificación de los materiales compuestos sin que se degraden los CNTs, usando para ello la técnica de Spark Plasma Sintering (SPS) (*Dense and homogeneous ceramic material consisting of carbon/silicon nitride nanotubes, production method and applications thereof*. M. Belmonte *et al.*, WO2009118442 (A1) 2009-10-01; ES2326018 (A1) 2009-09-28; ES2326018 (B1) 2010-07-05).

La incorporación de CNTs en el nitruro de silicio ha permitido aumentar la conductividad eléctrica del material cerámico en 13 órdenes de magnitud, gracias a lo cual se ha logrado mecanizar un microrotor de 4 mm de diámetro mediante la técnica de electroerosión (figura 6). Además, las propiedades tribológicas mejoran considerablemente disminuyendo la fricción y aumentando la resistencia al desgaste, por lo que se ha empleado con resultados excelentes, en términos de eficiencia mecánica, en motores de inyección directa de gasolina (GDI).

Asimismo, desde el año 2009, el grupo de cerámica técnica lidera a nivel internacional una línea exitosa sobre reforzamiento y multifuncionalidad de cerámicas mediante la incorporación de nanoestructuras de grafeno, tanto en Si_3N_4 como en SiC. Teniendo en cuenta que el grafeno es un material de los más resistentes mecánicamente, que conduce la electricidad tan bien como un metal y que es un excelente conductor de calor, su incorporación a las cerámicas tiene grandes expectativas. Efectivamente este grupo de investigación ha demostrado que la incorporación de un 4 vol% de nanoestructuras de grafeno en el nitruro de silicio, densificadas por SPS, hace eléctricamente conductor al material y produce una mejora de la tenacidad del 135%, en comparación con un Si_3N_4 sin grafeno de similares características (Ramírez Maglione, 2014).

Paralelamente desde finales de los noventa, en materiales no oxídicos se realizaron investigaciones para poder llevar a cabo uniones de materiales cerámicos de alto interés tecnológico, como son el nitruro de silicio y el óxido de circonio empleando metales y vidrios como interfases responsables de la unión. El trabajo desarrollado se dirigió fundamentalmente al estudio y caracterización de las interfaces metal/cerámica y vidrio/cerámica, generadas tras el proceso de unión en estos materiales consigo mismos o bien con piezas metálicas. Asimismo

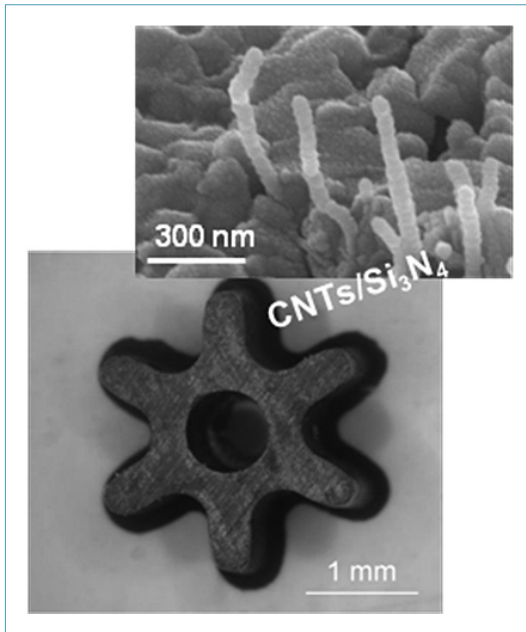


Figura 6. Micrografía de MEB de nanotubos de carbono (CNTs) anclados a la matriz de Si_3N_4 y microrotor de $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{CNTs}$ mecanizado por electroerosión.

se desarrolla con éxito métodos experimentales capaces de conseguir uniones consistentes, que permitan su posterior manipulación y estudio (Polanco, 2007).

Esta línea de materiales cerámicos no oxídicos se ha seguido desarrollando con éxito hasta nuestros días, soportada por numerosos proyectos nacionales e internacionales y ha dado lugar a más de sesenta publicaciones de alto impacto, siendo la primera publicación “Single crystal $\beta\text{-Si}_3\text{N}_4$ fibers obtained by self-propagating high temperature synthesis” (Rodríguez, M. A., *et al.* 1995. *An. Mec. Fract.*, 12: 239-242) y la más citada “Revisiting the mechanical behavior of alumina/silicon carbide nanocomposites” (Pérez-Rigueiro, J. *et al.* 1998. *Acta Materialia*, 15: 5399-5411).

A finales de la década de los noventa se inician en el departamento investigaciones que merecen especial mención sobre materiales porosos y membranas cerámicas.

Materiales porosos y membranas cerámicas

Esta línea se inició en 1998 soportada por el Proyecto Europeo “New Design Tool for the Development of premixed Radiant Burners for Domestic Applications, using a Lifetime Prediction Methodology”, M. I. Osendi, del ICV, fue el investigador responsable. Inicialmente se estudia el comportamiento de quemadores de gas de cordierita para aplicaciones en calderas de calefacción estancas y modulables, se estudian los cambios que se producen en los

quemadores envejecidos en las cámaras de combustión diseñadas, con la finalidad de encontrar parámetros que evidencien su deterioro. Se propone un mecanismo de degradación para explicar el envejecimiento de los quemadores (García Granados, 2002). Posteriormente, se desarrollan otras composiciones para obtener un conjunto calefactor radiante, basado en un innovador quemador poroso, que permita una mayor eficiencia frente al calentamiento radiante y aplicable a múltiples procesos industriales. Para ello se diseñan y desarrollan estructuras cerámicas porosas capaces de confinar la llama, que soportan muy elevadas temperaturas así como las tensiones termomecánicas inducidas (figura 7). También se diseñan y desarrollan estructuras cerámicas con muy baja conductividad térmica, capaces de soportar gradientes de temperatura entre sus caras de más de 1200 °C, sin permitir el retroceso de la llama. Estas investigaciones dieron lugar al desarrollo de dos patentes (*Quemador radiante poroso*, M. I. Osendi *et al.* ES2319151 (A1) 2009-05-04; ES2319151 (B1) 2010-07-09).



Figura 7. Imagen de un quemador de SiC: con llama en modo radiante y una vez ensayado.

Otra vía de obtención de materiales porosos en la que se ha trabajado ha sido utilizando el método de liofilización como método de conformado para la obtención de gránulos porosos y estructuras con distribución de poros alineados (*freeze-casting*). Uno de los principales problemas del método es la dificultad para controlar la velocidad de enfriamiento, lo que conduce a gradientes en los tamaños de los poros y falta de homogeneidad. Se ha trabajado principalmente en la obtención de alúmina (figura 8) con porosidad direccional a partir de suspensiones acuosas, optimizando su comportamiento reológico. Asimismo, se ha estudiado la liofilización de disoluciones de sales como método de síntesis de nanopartículas de óxidos, aplicándolo a la obtención de alúmina y circonita (Tallón, 2008).

Asimismo, hay que mencionar el empleo de materiales cerámicos porosos en la línea de bioremediación (la capacidad natural de muchos microorganismos de capturar y eliminar los metales pesados) de aguas contaminadas, iniciada por María Flora Barba. La mejor forma de explotar esta capacidad microbiana es inmovilizando los microorganismos en forma de biopelícula sobre un soporte adecuado, en un biorreactor, lo que permite

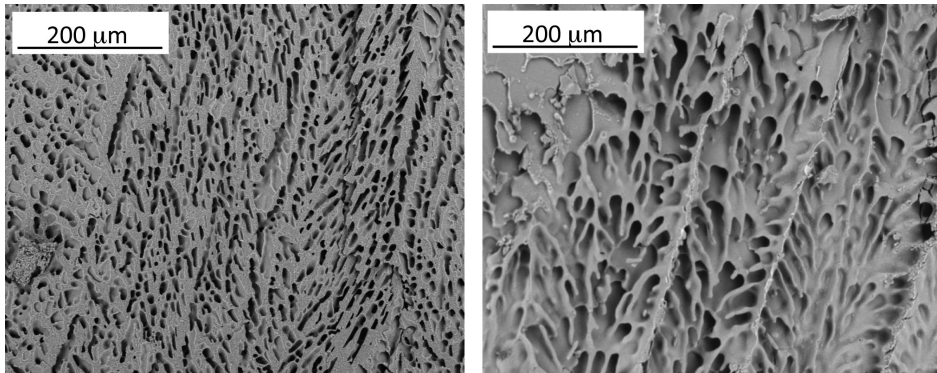


Figura 8. Microestructura de piezas de alúmina con porosidad direccional obtenidas a diferente velocidad de enfriamiento (6.8 y 1.0 °C/min.) usando distintos aditivos (glicerol y PVA).

retenerlos con baja tasa de crecimiento. El soporte ideal es aquel con gran superficie por unidad de volumen, barato, de alta durabilidad y que no se colapse fácilmente. A este fin se han diseñado con éxito, entre otros, materiales porosos vitrocerámicos de hidroxiapatita (HA)-sílice para la inmovilización de metales pesados (Pb, Cd, Zn).

También se ha trabajado con éxito en la obtención de membranas cerámicas, que en la actualidad compiten con las membranas orgánicas en muchas aplicaciones debido a que muestran una alta estabilidad térmica y química, un largo periodo de funcionamiento y una gran facilidad para ser limpiadas. En especial se han obtenido membranas multicapas para el tratamiento de aguas contaminadas de aceite utilizando la alúmina y la cordierita como soportes, así como $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ para capas intermedias y $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ para las capas superiores de elevada porosidad (obtenidas por el proceso sol-gel). Se han caracterizado estructuralmente todas las capas de las membranas y se ha relacionado el efecto de la temperatura y la concentración del sol sobre la calcinación de la estructura de la membrana, con el fin de conseguir un tamaño de poro y porosidad adecuada (Benito, 2006). Mención merece la publicación “Preparation and characterization of tubular ceramic membranes for treatment of oil emulsions” (Benito, J. M., *et al.* 2005. *J. Europ. Ceram Soc.*, 25 (11): 1895-1903). En los últimos años se trabaja en la obtención de andamiajes de carburo de silicio (SiC) y de nitruro de silicio (Si_3N_4) usando la técnica de “Robocasting”, figura 9, a partir de tintas cerámicas conteniendo óxido de itrio y óxido de aluminio como aditivos de sinterización. La densificación de las estructuras tridimensionales, previamente calcinadas a 600 °C para eliminar los aditivos orgánicos, se realizan en un horno de “Spark Plasma Sintering” (SPS). Se analiza el efecto de la cantidad de aditivos de sinterización (7-20% en peso) y del tamaño de partícula inicial del polvo en el procesado de las tintas, en la microestructura, la dureza y el módulo elástico de las estructuras sinterizadas.

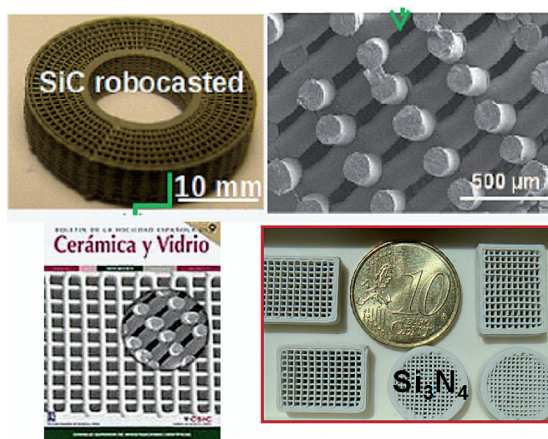


Figura 9. Fotografías digitales y de microscopía electrónica de andamiajes de carburo de silicio y nitruro de silicio obtenidos por la técnica de Robocasting.

Biomateriales

No menos importantes son las investigaciones realizadas en los últimos veinte años sobre materiales cerámicos con aplicación biomédica. La finalidad de estos biocerámicos es que sean empleados en la regeneración y/o sustitución ósea. El sustituto óseo ideal debe ser un material osteogénico, biocompatible, reabsorbible, capaz de proporcionar soporte estructural y de vehiculizar otras sustancias, fácilmente utilizable en clínica y con una adecuada proporción coste-beneficio. En la práctica, es deseable que en determinadas aplicaciones una o varias de dichas características predominen sobre otras en función de la necesidad del caso a tratar.

El primer intento de obtener un biomaterial en el ICV lo realizó Manuel Demetrio Álvarez Estrada en el año 1958 patentando “Un procedimiento de fabricación de dientes y toda clase de piezas de porcelana especial para prótesis dental”, ES237713 (A1) 1958-03-01, pero no fue hasta finales de los noventa cuando Salvador de Aza crea la línea de biomateriales en el departamento. Salvador de Aza fue el primer investigador que predijo y obtuvo a nivel internacional un material cristalino bioactivo exento de fósforo, la wollastonita, en contraposición a los biovidrios y vitrocerámicas de Hench y Kokubo. Las cerámicas bioactivas se caracterizan porque se unen directamente al hueso sin formación de tejido conectivo interpuesto, característica singular y muy beneficiosa de estos materiales. Diseñó y preparó la primera biocerámica tridimensionalmente bioactiva, el Bioeutectic®, cuando solo se conocían materiales superficialmente bioactivos. En esta línea hay que destacar la publicación “Bioeutectic: A new ceramic material for human bone replacement” (De Aza, P. N., *et al.* 1997. *Biomaterials*, 18 (19): 1285-1291). Finalmente, demostró cómo la microestructura es capaz de determinar la bioactividad in vitro y en última instancia el comportamiento biológico de los materiales cerámicos.

Utilizando los diagramas de equilibrio $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ - CaSiO_3 - $\text{CaMg}(\text{SiO}_3)_2$ y $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ - Ca_2SiO_4 - SiO_2 se han diseñado, procesado y caracterizado materiales bioactivos de fosfato

tricálcico con sílicio y/o magnesio y/o cinc en solución sólida, materiales bifásicos de wollastonita-TCP, dióxido-TCP y wollastonita-dióxido, materiales con microestructura eutéctica y vidrios o vitrocerámicos de composiciones eutécticas. Sobre los materiales optimizados se han realizado estudios *in vitro* en suero fisiológico artificial (SFA) y cultivos celulares principalmente de células mesenquimales multipotenciales de médula ósea. Por último, se ha demostrado que estos biomateriales son biocompatibles y pueden aplicarse en la regeneración o sustitución ósea como implantes de relleno, dentales, en la formulación de cementos o como recubrimiento de implantes metálicos.

En algunos de los materiales diseñados se han realizado estudios *in vivo* analizando la respuesta orgánica en hueso y cartílago de oveja y/o conejo. Para ello los materiales y muestras implantadas en animales se han caracterizado histológica, estructural y microestructuralmente. A modo de ejemplo, se observa en la figura 10 que al implantar un material denso de $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ - CaSiO_3 (40/60% en peso) en la tibia de una oveja merina el implante se integró perfectamente en el hueso transcurridos tres meses de la implantación sin signos de reacción inmunológica del tejido y mostrando una íntima unión con el hueso. Se puede ver cómo transcurridos doce meses el nuevo hueso que se va formando va reemplazando al biomaterial según este es reabsorbido (generándose osteoinducción) y cómo se van generando nuevos vasos sanguíneos (angiogénesis). Estos estudios han demostrado que estos materiales mejoran la osteointegración.

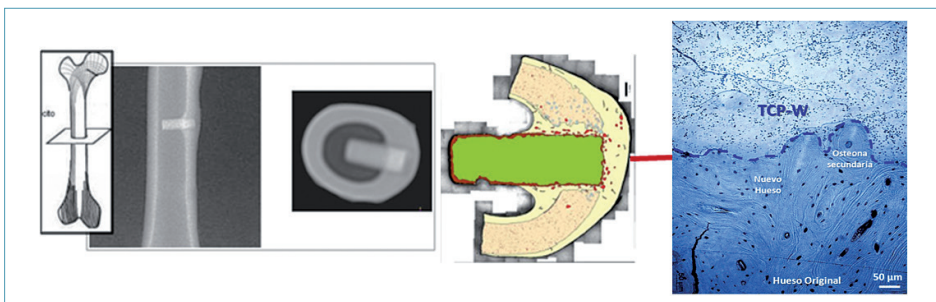


Figura 10. Esquema del proceso de implantación en la cara medial de la tibia de una oveja merina de un implante denso de $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ - CaSiO_3 (40/60% en peso), donde se puede observar que el nuevo hueso que se va formando va reemplazando al biomaterial.

En los biomateriales, el reto hoy en día es dar una adecuada forma tridimensional a las biocerámicas para que el crecimiento óseo se desarrolle en una determinada localización y dirección. Se ha propuesto la porosidad del material como cualidad necesaria para el crecimiento del tejido blando y posterior regeneración ósea tras la implantación. Sin embargo, la porosidad por sí sola no es suficiente para el crecimiento óseo, y resulta indispensable la interconexión de los poros. Además, el diámetro de la interconexión entre poros condiciona el tipo de tejido que crece en el implante, y se considera que debe ser

mayor de 100 μm para el crecimiento de formas osteoides, y entre 10 μm y 40 μm para el tejido fibrovascular. Así, en la actualidad, el grupo está trabajando en andamios macroporosos (figura 11) que permitirán la infiltración por el tejido, y facilitarán la osteoconducción que refuerza la unión implante-tejido y mejora el crecimiento de nuevo hueso.

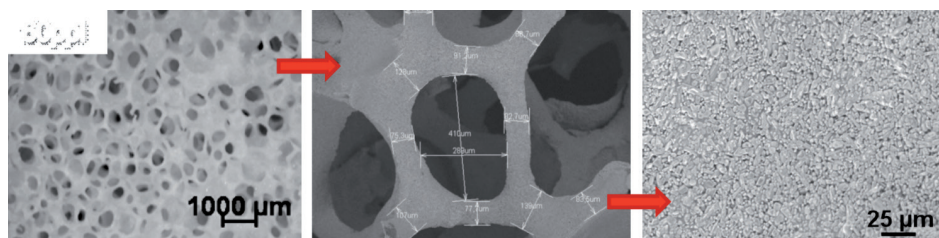


Figura 11. Micrografías a distintos aumentos de un material de $\text{CaSiO}_3\text{-CaMg}(\text{SiO}_3)_2$ obtenido mediante replicación polimérica, con tamaño de poro $\geq 200\mu\text{m}$ y porosidad interconectada para su empleo como andamiaje en regeneración ósea.

Asimismo, por su especial singularidad y relevancia son reseñables las investigaciones realizadas sobre la aplicación del cálculo termodinámico tanto para el estudio de los diagramas de equilibrio de los sistemas de los biocerámicos estudiados, como para su aplicación a la simulación termodinámica de la bioactividad de estos materiales. Con esta herramienta, se podría diseñar a medida materiales bifásicos y trifásicos y predecir teóricamente el comportamiento in vitro del material sin hacer largos ensayos experimentales. En esta área hay que mencionar la publicación “Influence of design on bioactivity of novel $\text{CaSiO}_3\text{-CaMg}(\text{SiO}_3)_2$ bioceramics: In vitro simulated body fluid test and thermodynamic simulation” (Sainz, M. A., et al. 2010. *Acta Biomaterialia*, 6 (7): 2797-2807), por ser la primera donde se estudia un material bifásico de wollastonita-dióxido y donde se aplica la simulación termodinámica al estudio de la bioactividad.

Los análisis orientados a obtener materiales biocerámicos con propiedades implementadas han estado soportados principalmente por la concesión de numerosos Proyectos Nacionales y recientemente se ha concedido un “Cost Acción” sobre materiales para ingeniería ósea, “New Generation Biomimetic and Customized Implants for Bone Engineering” (Cost Action MP1301), liderada en el ICV por C. Baudín. Los resultados de estas investigaciones han permitido la realización de diversas tesis doctorales (De Aza, P. N., 1995; Magallanes-Perdomo, 2010; García-Páez, 2011; y Carvajal, 2013) y han generado una abundante producción científica con más de sesenta publicaciones de elevado índice de impacto, entre las que destaca “Crack growth resistance of alumina, zirconia and zirconia toughened alumina ceramics for joint prostheses” (De Aza, A. H. y col. 2002. *Biomaterials*, 23 (3): 937-945).

En cuanto a la actividad científica actual, decir que el Departamento de Cerámica se ha remodelado de acuerdo a la legislación vigente y en la actualidad se encuentra constituido por cuatro grupos de investigación: Grupo de Cerámica Técnica, Grupo de Diagramas de Equilibrio

de Fases, Grupo de Síntesis y Procesamiento Coloidal y el Grupo de “Tailoring through Colloidal Processing”. Las líneas de investigación en las que están trabajando son las siguientes:

- Materiales cerámicos y vidrios para la energía, el medio ambiente y el transporte.
 - Sublínea: materiales y recubrimientos bajo condiciones severas de trabajo.
- Procesamiento avanzado de materiales y sistemas cerámicos con aplicación estructural y multifuncional.
 - Sublínea: diagramas de equilibrio de fases en sistemas de interés cerámico. Aplicación al diseño y obtención de biocerámicas y cerámicas estructurales de alta temperatura.
 - Sublínea: tecnologías de procesamiento coloidal innovadoras.

Para más información sobre la investigación que se lleva a cabo actualmente en el Departamento de Cerámica, visitar la web. www.icv.csic.es.

Personal

El Departamento de Cerámica ha sido desde sus comienzos el que ha estado integrado por mayor número de personas. En el caso del personal investigador ha llegado a estar formado en algunos momentos por el 40% del total del personal investigador del ICV y ha contado a lo largo de su historia con un gran número de estudiantes predoctorales y posdoctorales en formación. La producción científica ha sido fructífera y de elevada calidad gracias a todos ellos.

Resaltar que la amplia labor investigadora desarrollada durante este medio siglo ha sido posible gracias al apoyo, buen hacer y profesionalidad del personal técnico que ha formado parte de él. Muy especial mención merecen por ello: Socorro Benito, Pío Callejas, Ángel Carvajal, Luis Contreras, Ángel De Pablos, Pedro Luque, Alberto Pérez, Fernando Priego, Marisa Rubio y Sara Serena.

Internacionalización

En relación a la faceta de internacionalización, el Departamento de Cerámica ha sido muy activo durante estos cincuenta años. Ha mantenido, desde sus comienzos, estrechas colaboraciones con prestigiosos grupos de investigación de diversas universidades y fundaciones internacionales que han llegado hasta nuestros días. A modo de ejemplo citar las iniciadas en los años setenta con los profesores Joseph A. Pask (UC Berkeley, Department of Materials Science and Mineral Engineering, Estados Unidos), Michel R. Anseau (Université de Mons, Department

of General, Organic and Biomedical Chemistry, Mons, Francia), Robert Moore (University of Missouri-Rolla, Estados Unidos), G. Thomas y Antoni P. Tomsia (Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, Estados Unidos), Gilbert Fantozzi (INSA Lyon, Francia), Marc Arlen Anderson (University of Wisconsin Madison Estados Unidos); y más recientemente con Thomas Coyle (Universidad de Toronto, Canadá), Paul Bowen (Ecoles Polytechniques Fédérales de Lausanne EPFL, Suiza), Nitin P. Padture (Brown University, School of Engineering, Providence, Estados Unidos), Arturo Salomoni (Centro Cerámico de Bolonia, Italia) y Aldo R. Boccaccini (Universitat Erlangen-Nurnberg, Department of Materials Science and Engineering, Alemania); todos ellos de reconocido prestigio mundial. Asimismo, a través de la promoción de actividades de colaboración internacional y del empuje de los investigadores en sus relaciones con instituciones de investigación, universidades, centros tecnológicos o empresas de otros países, la internacionalización se ha plasmado en la obtención y participación en numerosos proyectos europeos e internacionales, intercambios de estudiantes, en convenios bilaterales de colaboración con instituciones científicas internacionales y en convenios intergubernamentales financiados por otros organismos. El propósito general ha sido la colaboración científica para conseguir una adecuada excelencia científica y/o tecnológica.

Infraestructura científica

Desde sus inicios el Departamento de Cerámica ha sido referente en el ICV en la adquisición de equipamiento científico y en la creación de laboratorios como fueron: el laboratorio ceramográfico, el de procesamiento de polvos con el que se consiguió pasar al nivel micrométrico en los materiales, el laboratorio de caracterización térmica, el laboratorio de caracterización mecánica que permitió realizar la caracterización de materiales cerámicos a temperatura ambiente, a alta temperatura y en distintas atmósferas, el laboratorio de procesamiento coloidal y electroforesis y el laboratorio de proyección térmica de llama.

Asimismo, se debe remarcar que el Departamento de Cerámica ha sido pionero en la gestión de adquisición y puesta a punto de importantes técnicas de infraestructura, siendo destacables por su singularidad: el horno de prensado en caliente (Hot-Press, Proyecto GR92-0045 1992), el equipo de medida de la conductividad térmica por pulso láser (Programa Nacional CICYT-MAT. IN95-0380 1995), el diseño, desarrollo e instalación de una máquina de ensayo del módulo de rotura en caliente (1400-1550 °C) en atmósfera de nitrógeno y/o aire (Proyecto con Altos Hornos de Vizcaya), el horno de “Spark Plasma Sintering”, SPS-510CE (Proyecto de Infraestructura 2006) y un equipo de caracterización tribomecánica (CTER, modelo UMT/APEX, CPV 38570000-1, 2011) que han permitido realizar en el ICV una investigación puntera a nivel mundial en materiales cerámicos.

Cooperación con la industria cerámica

Finalmente, decir que durante estos cincuenta años el Departamento de Cerámica se ha caracterizado por la generación de conocimiento, como la vía más adecuada para hacer frente a los retos científicos y, al mismo tiempo, poder transferir tecnología al sector productivo, bajo la convicción de que el conocimiento científico es la base de los desarrollos tecnológicos más innovadores. Así, desde sus comienzos ha mantenido numerosas colaboraciones de I+D+i con el sector industrial tanto con recursos propios del sector privado a través de contratos, ensayos e informes, como con programas de apoyo a las empresas de la propia Administración, como los programas, PROFIT, PETRI, INNPACTO, etc., que han supuesto una parte importante de esta financiación. Los principales esfuerzos se han dirigido a un amplio abanico de industrias cerámicas españolas y se han enfocado al diseño, procesamiento y caracterización de las materias primas cerámicas, de cerámicas sanitarias, pavimentos y revestimientos cerámicos, cerámicas artísticas, cerámicas técnicas y materiales refractarios. Todo ello ha permitido realizar numerosos informes, proyectos, contratos y registrar diversas patentes nacionales e internacionales.

María Antonia Sainz Trigo

Jefa del Departamento de Cerámica

Electrocerámica

El término electrocerámica se emplea por primera vez en los años cincuenta por parte de la Sociedad Americana de Cerámica para aglutinar en sesiones temáticas un creciente número de trabajos destinados a materiales cerámicos con funciones eléctricas. Durante la primera mitad del siglo XX, el desarrollo en materiales cerámicos para aplicaciones eléctricas estuvo dominado por los materiales pasivos frente al campo eléctrico, como son los aisladores cerámicos y vítreos que propiciaron la generación y distribución de energía eléctrica. Es en la segunda mitad de siglo XX cuando cobran fuerza nuevos materiales cerámicos, que se comportan de forma no lineal en presencia de un campo eléctrico. En Europa en la década de los ochenta el término electrocerámica cobra entidad propia en los primeros congresos especializados en este ámbito.

Antecedentes

Los predecesores en España de trabajos científicos en materiales cerámicos destinados a aplicaciones eléctricas se pueden remontar a un periodo previo a la formación del ICV, versando sobre trabajos en porcelanas dieléctricas para alta frecuencia a partir de talcos españoles (Álvarez-Estrada, 1952). Los primeros trabajos de tesis doctoral de materiales electrocerámicos que se realizan en el ICV-CSIC abarcan ferritas magnéticas (Moure, 1973), vidrios semiconductores (Jurado, 1974) y diagramas de equilibrio en conductores iónicos (Pascual, 1980).

Es en 1983 cuando el interés en materiales de síntesis y con características eléctricas reúne en una Unidad Estructural de Investigación, UEI, de Productos Especiales en el ICV-CSIC a los pioneros de estos materiales en España: Pedro Durán Botía, Carlos Moure Jiménez y José Ramón Jurado Egea.

Los principales hitos científicos surgidos en la década de los ochenta se podrían resumir en dos publicaciones internacionales de la Sociedad Americana de Cerámica. Por un lado, se establece el diagrama de equilibrio del sistema $\text{ZrO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3$ (1), que es la primera base de los electrolitos sólidos en pilas de combustible de óxidos para alta temperatura; y, por otro, se produce la obtención de materiales cerámicos piezoeléctricos basados en PLZT transparentes sinterizados en atmósfera de aire (2). Ambos trabajos alcanzan una importante repercusión internacional y establecen de forma seminal las dos líneas iniciales de investigación a desarrollar en el embrión del departamento: materiales cerámicos para energía y dieléctricos no lineales.

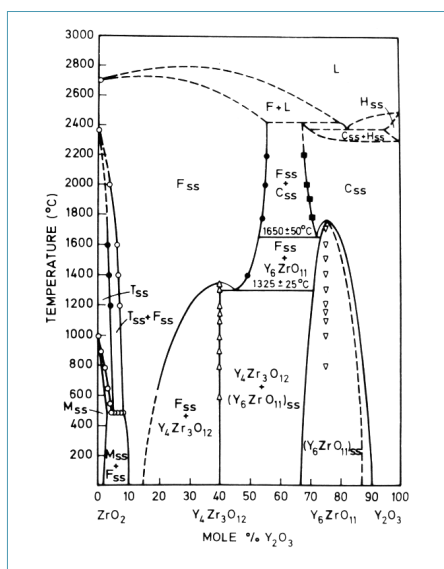


Figura 1. Diagrama binario de equilibrio del sistema $\text{ZrO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3$ (1).

Los materiales conductores iónicos basados en electrolitos sólidos constituyen el elemento cerámico principal de las pilas de combustible sólido (Solid Oxide Fuel Cell, SOFC). Esta temática se ve potenciada en la década de los ochenta por las crecientes relaciones internacionales y se sustenta mediante la participación en proyectos europeos, lo que supone la incorporación de jóvenes investigadores para la realización de tesis doctorales en electrolitos sólidos. En esa línea se incorpora en plantilla Carmen Pascual Centenera y Paloma Recio de la Rosa. Se concluyen tesis doctorales en electrolitos sólidos basados en circonia tetragonal (Hernández, 1990); sistema $\text{ZrO}_2\text{-CeO}_2\text{-Yb}_2\text{O}_3$ (González, 1992); superconductores cerámicos de alta temperatura crítica (Tartaj, 1992), $\text{ZrO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ como electrolitos sólidos en pilas de combustible (Navarro, 1994), electrodos para pilas de combustible (Palma, 1994), materiales electrocatalíticos

(Colomer, 1995) y materiales cerámicos de circonia tetragonal en los sistemas ZrO_2 - TiO_2 - CeO_2 y ZrO_2 - TiO_2 - Y_2O_3 (Capel, 1998). En esta etapa, el trabajo sobre conductores iónicos en este grupo fue tan relevante que el mismo fue invitado por la Comunidad Europea para liderar y coordinar el primer proyecto europeo sobre pilas de combustible de óxido sólido (SOFC) en el que participaban además otros seis países europeos. El proyecto se desarrolló a lo largo de siete años entre 1985 y 1992.

La línea de dieléctricos no lineales encuentra un primer apoyo en la colaboración con el Grupo de Materiales Ferroeléctricos del Instituto Torres Quevedo. De forma conjunta, en 1983 se solicita la primera patente sobre materiales cerámicos piezoeléctricos a partir de materias primas reactivas. Sin embargo, el hecho que va a resultar fundamental para el devenir de esta línea de investigación es la financiación de proyectos de investigación por parte del sector industrial. Inicialmente la empresa Río Rodano, S. A. (grupo Rhône Poulenc) financió proyectos sobre condensadores cerámicos basados en BaTiO_3 y posteriormente sobre superconductores cerámicos de alta temperatura. La incorporación de nuevos estudiantes de doctorado en el desarrollo de materiales piezoeléctricos basados en titanato zirconato de plomo, financiada por ERCROS, S. A., potenciaría en gran medida esta área de estudio. De esta forma, se concluyen tesis doctorales en procesamiento de materiales cerámicos de BaTiO_3 (Fernández, 1990); materiales cerámicos piezoeléctricos y relaxores (Villegas, 1993), control de la microestructura en condensadores cerámicos (Caballero, 1994) y materiales piezoeléctricos en lámina (Nieto, 1995).

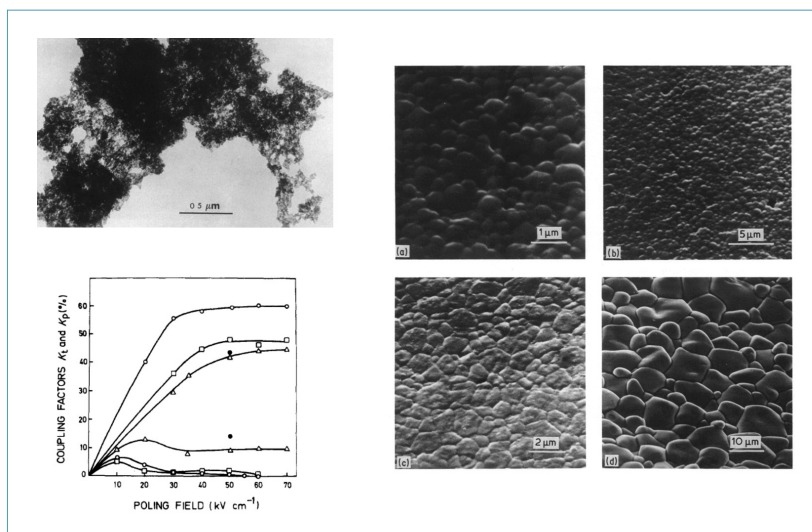


Figura 2. Piezoeléctricos cerámicos de titanato de plomo con alta anisotropía electromecánica obtenidos por precipitación química siguiendo la vía de oxalatos para la obtención de polvos nanométricos (3).

Los aspectos que, sin duda, marcaron el devenir de la UEI de Productos Especiales en el final de la década de los años ochenta están relacionados con el desarrollo de procesos químicos de obtención de polvos cerámicos mediante el empleo de rutas químicas, principalmente procesos de precipitación y sol-gel, que permitirían disponer de materiales reactivos con composiciones definidas y baja temperatura de procesamiento. La perspectiva de los años ha resaltado que estos procesos químicos fueron, asimismo, el inicio del desarrollo de las actividades en la línea de los nanomateriales. Por otro lado, es en esta década cuando se produce el desarrollo de programas informáticos para la automatización de las medidas de Espectroscopía de Impedancia Compleja y caracterización dieléctrica-ferroeléctrica-piezoeléctrica (4), que permitiría disponer de herramientas experimentales ágiles y únicas para la caracterización eléctrica de materiales en un amplio rango de temperaturas.



Figura 3. Portadas de diferentes publicaciones relacionadas con eventos significativos del Departamento de Electrocerámica. De izquierda a derecha: libro de resúmenes I Reunión Nacional de Electrocerámica, celebrada en El Escorial, 1991; publicación en el Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio de los trabajos presentados en la I Reunión Nacional de Electrocerámica 1991; libro de resúmenes de la IV Reunión Nacional de Electrocerámica y II Reunión Iberoamericana de Electrocerámica Madrid 1999; publicación en el Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio de los trabajos presentados en la IV Reunión Nacional de Electrocerámica, mostrando el Épsilon de Oro; Introducción a la Electrocerámica publicado en 2003 por CYTED; anuncio Kick-Off Workshop de la red COST 525, celebrado en Madrid en 2001; libro de resúmenes del X International Meeting on Ferroelectric, celebrado en Madrid en 2001; libro de resúmenes de la Conferencia Internacional Electroceramics X, celebrada en Toledo, 2006; portada de Journal of the European Ceramic Society, vol. 27, n° 13-14, de 2007, donde se publicaron los trabajos de Electroceramics X; libro de resúmenes de la XI Reunión Nacional de Electrocerámica, celebrada en Zaragoza en 2013.

A principio de los años noventa los trabajos desarrollados adquieren un fuerte empuje nacional e internacional. Mientras que al inicio de las nuevas líneas de investigación, la mayor parte de los resultados se diseminan principalmente a través de los libros de actas de reuniones científicas, a medida que el grado y relevancia de los resultados científicos avanzan se procede a su publicación en revistas internacionales. En el inicio de la década de los noventa, los aspectos de diseminación cobran una gran relevancia, así destaca la organización de III European Ceramic Society Conference, en 1993, en Madrid. Como anticipo a este evento se inicia la serie de congresos científicos “Reunión Nacional de Electrocerámica”, que celebra su primera edición en El Escorial en 1991 y que actualmente continúa organizándose cada dos años.

En esta época se produce la incorporación como personal en plantilla de José Francisco Fernández Lozano y la adscripción de Francisco Capel del Águila.

Las UEI de Productos Especiales cambiará su denominación a Departamento de Electrocerámica en 1995, gracias al crecimiento que experimenta y debido a la marcada orientación de los trabajos en dicha área temática. En el seno del departamento y como consecuencia de la estructuración del ICV-CSIC se nuclean dos grupos de trabajo: Grupo de Pilas de Combustible de Óxidos Sólidos y Grupo de Materiales para Sistemas Inteligentes. Mientras que el primer grupo se orienta hacia materiales cerámicos para producción, distribución y almacenaje de energía eléctrica limpia, el segundo grupo, que está inicialmente basado en materiales ferroeléctricos (dieléctricos no lineales) se orienta hacia materiales funcionales basados en su respuesta eléctrica y con aplicación industrial. El grupo de materiales cerámicos para sistemas inteligentes inicia una andadura en la transferencia de tecnología para valorizar la investigación, que resultará fundamental para su desarrollo.

El término electrocerámica es reconocido a nivel nacional e internacional y, dentro de esta acepción, el Departamento de Electrocerámica es un referente, tanto por la calidad de sus trabajos y el impacto de los mismos a nivel científico y tecnológico como por la



Figura 4. Prototipos cerámicos de alúminas transparentes mediante procesamiento convencional sin presión.

labor de formación, promoción y diseminación realizada. Esta labor se ha desarrollado realizando importantes avances en un número relevante de materiales con estructura, microestructura y propiedades diferenciadas. Estos avances se resumen a continuación en el marco de las principales líneas de actividad desarrollada: materiales para energía y materiales para función eléctrica.

En 2008, con la incorporación de Felipe Orgaz Orgaz se inicia una nueva línea de investigación dirigida a generar el conocimiento básico necesario para el desarrollo, mediante procesamiento convencional sin presión, de cerámicas transparentes estructurales para aplicaciones tales como: a) prototipos cerámicos funcionales para blindajes transparentes con banda ancha de transmisión óptica, entre 0.2 y 5 micras, para aplicaciones de protección personal y plataformas para la defensa y la seguridad; b) lámparas para iluminación a alta temperatura, energía termo-solar y ventanas de protección térmica; c) cerámicas con propiedades ópticas especiales que requieran alta resistencia al desgaste y al impacto de alta velocidad; y d) al desarrollo de nuevos materiales y sistemas en aplicaciones que requieran una alta integridad mecánica estructural cuando son sometidos a cargas de compresión a alta velocidad de deformación.

Materiales para energía. Pilas de combustible de óxido sólido (SOFC)

El estudio de los materiales cerámicos utilizados en la fabricación de pilas de combustible de óxido sólido viene constituyendo una línea prioritaria de investigación del departamento. La razón inicial es la importancia que tiene el desarrollo de modos alternativos en la generación de energía eléctrica, sustitutivos de los puramente térmicos para mejorar el rendimiento y superar problemas de precios y escasez de combustibles fósiles y, lo que es más importante, problemas medioambientales. El estudio de las SOFC tiene, por tanto, una cierta tradición. El interés por este tipo de dispositivos viene incrementándose con el paso del tiempo, y actualmente su importancia es tal que, a nivel nacional y europeo, se han creado redes temáticas para aunar esfuerzos en la consecución de objetivos tecnológicos que lleven a superar algunos de los problemas que aún limitan una utilización masiva de las SOFC. Una de las actuales líneas de interés es la de contar con SOFC capaces de trabajar a temperaturas moderadas, menos exigentes a la hora de disponer de una infraestructura soporte.

El Grupo de Pilas de Combustible de Óxido Sólido del Departamento de Electrocerámica mantiene una línea continuada de investigación en los materiales que forman este tipo de pilas desde 1985, en que formó parte del grupo europeo de SOFC, hasta la actualidad. El grupo posee una muy amplia experiencia en este campo, tal como se desprende de

su historial. La pertenencia a la red de pilas de combustible y baterías avanzadas CSIC-Universidades supuso la posibilidad de un continuo intercambio científico para sustentar un área de actuación consolidada. En este campo se incorpora en plantilla Jesús Tartaj Salvador.

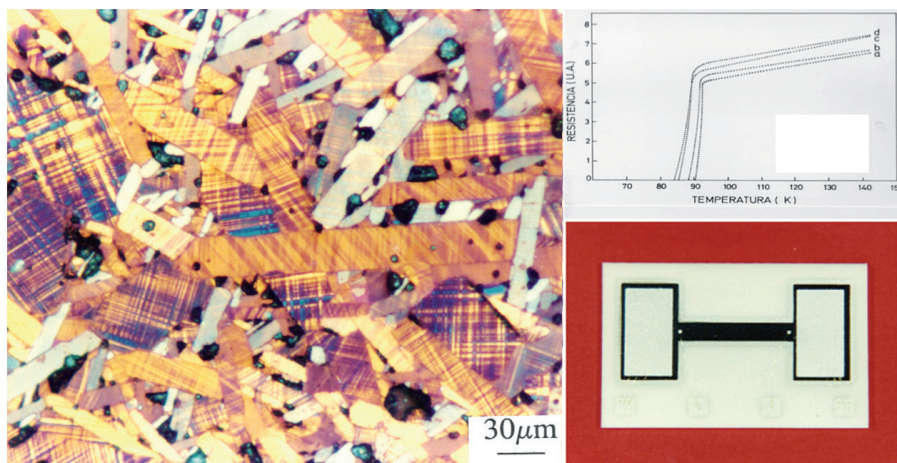


Figura 5. Micrografía obtenida mediante microscopía óptica de reflexión con luz polarizada de un material cerámico de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ presentando transición superconductora a $\sim 90\text{K}$ (Tartaj, 1992), empleado en la fabricación de circuitos electrónicos híbridos.

A partir de los años noventa, el campo de los electrolitos sólidos aniónicos fue ampliándose con nuevos materiales. La circonita tetragonal con excelentes propiedades de conducción presenta problemas de estabilidad en medios húmedos a temperaturas no muy altas. Al mismo tiempo que se buscaban soluciones a estos problemas, como, por ejemplo, la formación de composites cerámicos, se comenzaron a explorar nuevos materiales dentro de un grupo de composiciones químicas con estructura tipo fluorita como las circonas estabilizadas. En esta dirección se estudió el diagrama de fases pseudobinario $\text{ZrO}_2\text{-CeO}_2$ con novedosos resultados (5). Una de las técnicas más recientes en el control de microestructuras cerámicas es el semillado con nanopartículas, que dio muy buenos resultados en la preparación a bajas temperaturas de cerámicas de circonia itria (6).

La evolución tecnológica de las pilas de combustible de óxidos sólidos hacia funcionamientos a más bajas temperaturas requirió la obtención de electrolitos con menor espesor o bien óxidos con una mayor conductividad iónica, como, por ejemplo, CeO_2 modificado con óxidos de menor valencia. Este fue el camino que el grupo abordó a mediados de los noventa. La disparidad en la conducción iónica entre el grano cerámico y los bordes de grano se abordó mediante diferentes procedimientos de modificación de la naturaleza del borde de grano y de su composición (7), así como mediante técnicas de mecano-síntesis para mejorar la sinterabilidad de los electrolitos de ceria modificada (8).

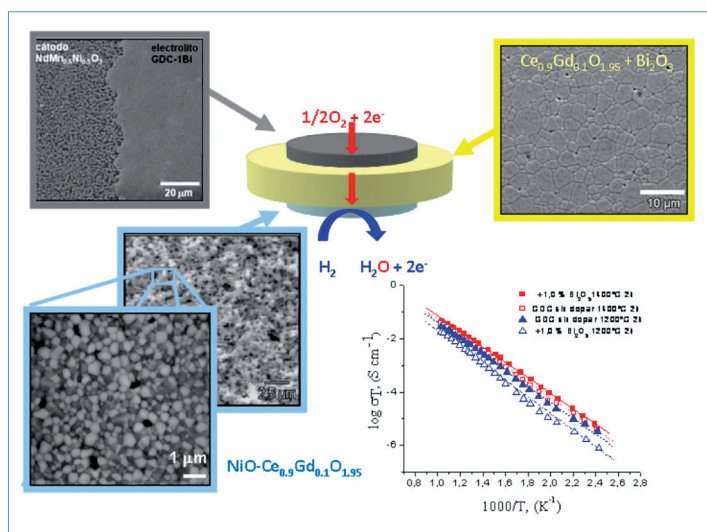


Figura 6. Materiales y componentes de una pila SOFC desarrollados en el Departamento de Electrocerámica.

La celda de combustible es una estructura compleja en la que hay que considerar no solo el electrolito sino también los electrodos colectores de corriente, ánodo y cátodo, que han de formar un todo monolítico con el electrolito, planteando así el problema de compatibilidades termomecánicas y termoquímicas. Además, se profundiza en el desarrollo de estos componentes en pilas SOFC de temperatura intermedia (Gil, 2006). Nuevas familias de conductores de oxígeno libres de metales multivalentes requieren una atención preferencial. Se inicia y se potencia el desarrollo de electrolitos de tipo perovskita basados en soluciones sólidas $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Ga}_{1-y}\text{Mg}_y\text{O}_{3-\delta}$ (9). A diferencia de los electrodos, sobre todo cátodos, utilizados en pilas de YSZ y de CGO, se emplean perovskitas basadas en manganitas (Gutiérrez, 2001), y cobaltitas con un mejor comportamiento de compatibilidad (10). Se aborda la preparación de Cermets para su uso como ánodos en pilas SOFC de temperatura intermedia con mejores prestaciones y más económicos (11).

A partir del año 2000, y como una consecuencia del estudio de manganitas perovskitas utilizables como cátodos en pilas de combustible, se abordó toda una temática relacionada con las propiedades magnéticas de dichos compuestos. En estrecha colaboración con el CNRS francés, Sede de Rennes, se ha estudiado un amplio espectro de composiciones LnMnO_3 , con diferentes tierras raras y con cationes semejantes al Mn, tales como Co, Cu, Ni. Se estudiaron las diferentes fases de tipo perovskita con estructuras magnéticas complejas y los resultados obtenidos fueron notables. Así, se pudo establecer la existencia de fenómenos no usuales, tales como inversión térmica del momento magnético, *crossing branches* en los ciclos de histéresis, e imanación discreta, es decir, a saltos en los ciclos de histéresis (12).

El trabajo desarrollado por el grupo sirvió para incorporarse a la red de excelencia del CSIC “Pilas de combustible, hidrógeno y baterías avanzadas” que ha agrupado a varios grupos españoles del CSIC, y más delante de la UE con intereses comunes. El ICV-CSIC se responsabilizó de la coordinación del área de pilas de óxidos sólidos. Esta red sirvió de plataforma para la celebración de varias reuniones bienales en las que los diferentes grupos intercambiaban experiencias, resultados e inquietudes. Igualmente, a partir de los componentes de la red se puso en marcha un máster para licenciados e ingenieros a partir de 2003. El máster soportado en principio por el CSIC fue, a partir de 2006, patrocinado por la UIMP como uno de los varios másteres que dicha universidad imparte. Las asignaturas del máster relacionadas con esa temática también fueron responsabilidad del mismo grupo.

Materiales con función eléctrica

Esta línea de trabajo nucleada en el seno de la UEI Productos Especiales se impulsa en un primer momento gracias a la incorporación de estudiantes iberoamericanos dentro de la Red Iberoamericana CYTED en Electrocerámica (1997-2001) y con la colaboración del Departamento de Tecnologías Aplicadas a la Comunicación, de la Escuela Superior de Ingenieros de Telecomunicación de la Universidad Politécnica de Madrid. El funcionamiento y crecimiento del área ha estado marcado por la fuerte interrelación con el sector privado, mediante acuerdos de transferencia de tecnología que han provisto el grueso de los fondos de investigación disponibles, y que han financiado en gran medida el personal en formación.

Dentro del Departamento de Electrocerámica se han incorporado en plantilla en esta línea: Marina Villegas Gracia, Amador Caballero Cuesta y Miguel Ángel García García-Tuñón. Desde 2008 y hasta la actualidad dos grupos de trabajo orientan sus investigaciones: Grupo de Materiales Cerámicos Funcionales y Grupo de Materiales Cerámicos para Sistemas Inteligentes.

La mayoría de los materiales electrocerámicos presentan propiedades funcionales muy relevantes que están en muchos casos limitadas de forma extrínseca por su desarrollo microestructural. Una de las limitaciones más importantes radica en la dificultad de densificar adecuadamente los materiales a partir de polvos cerámicos submicrónicos y nanométricos. Estos aspectos condicionan la integración de los distintos elementos en electrónica y microelectrónica, estando asumidos como una constante en el desarrollo de los materiales funcionales y en la búsqueda de nuevas propiedades.

A raíz de los desarrollos previos en materiales cerámicos ferroeléctricos, el impulso industrial propicia el estudio de condensadores y piezoeléctricos cerámicos. Los principales

hitos científicos desarrollados están basados en el control del crecimiento de grano durante la sinterización de materiales funcionales. Por un lado, se logran avances en materiales nanoestructurados a partir de polvos cerámicos obtenidos por vía química con partículas primarias de tamaño nanométrico, débilmente aglomeradas, con escasa presencia de cuellos interpartícula y porosidad monomodal. Por otro, se definen nuevos conceptos en el control de crecimiento de grano mediante procesos de modificación superficial donde el dopante se distribuye en la superficie de las partículas cerámicas (13). El nivel de dopante empleado en estos procesos se encuentra dentro de la aproximación de solución regular, dopante con un límite de solución sólida bajo y nula interacción entre los cationes del dopante (Caballero, 1994). Estos trabajos darían lugar a procesos de ingeniería de borde de grano que han permitido modular las propiedades de materiales ferroeléctricos, en primer lugar, y que posteriormente se trasladarían a otros materiales electrocerámicos. La puesta a punto de la técnica de Colado en Cinta de materiales electrocerámicos permitió integrar estos avances en materiales con aplicación industrial, destacando procesos que se han aplicado dentro de proyectos industriales para la obtención de condensadores avanzados multicapa que constituyen, hoy en día, un estándar en la industria o en el desarrollo de actuadores multicapas para válvulas de motores de combustión en automóviles.

De las diferentes contribuciones científicas se pueden destacar: la relación entre el factor de forma de los granos sinterizados y la conductividad eléctrica en piezoelectricos de alta temperatura basados en compuestos de la familia Aurivillius (16) y los procesos de sinterización en piezoelectricos cerámicos libres de plomo basados en niobatos alcalinos modificados (17). En esta área de trabajo se ha formado un importante

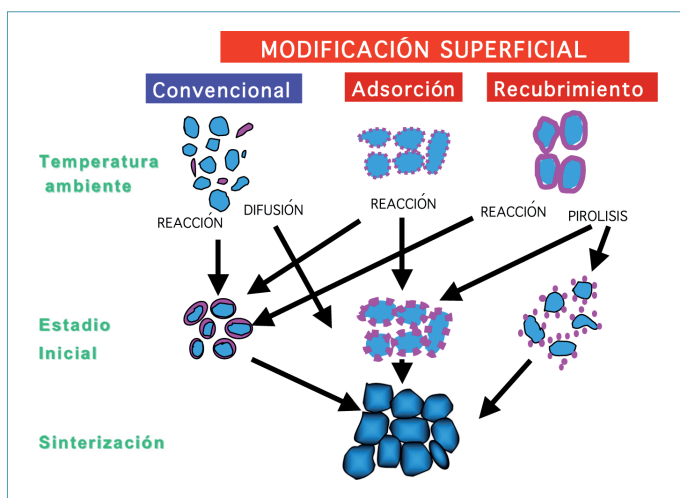


Figura 7. Esquema de los procesos de modificación superficial desarrollados en el Departamento de Electrocerámica (13).

conjunto de doctores en modificación superficial de partículas para control de crecimiento de grano en PZT (Celi, 2000), piezoeléctricos de la familia de Aurivillius (Lascano, 2000), modulación de las propiedades de piezoeléctricos de alta temperatura (Jardiel, 2006); modelización de composites piezoeléctricos (Ochoa, 2006); materiales piezoeléctricos libres de plomo (Rubio-Marcos, 2009); efecto de las fases secundarias en piezoeléctricos de alta temperatura (Navarro-Rojero, 2009); materiales multiferroicos basados en BiFeO_3 (Bernardo, 2013).

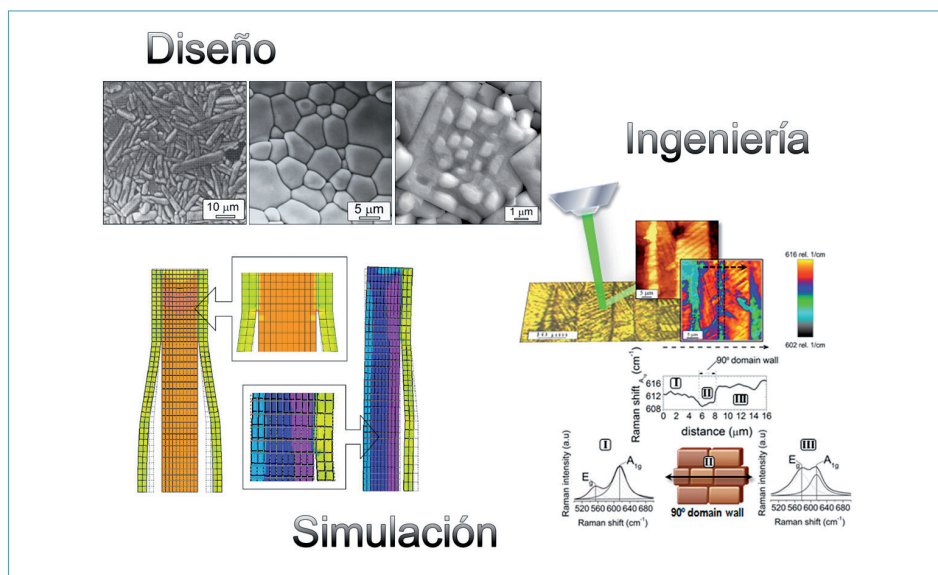


Figura 8. Esquema del desarrollo de materiales cerámicos piezoeléctricos que contempla el desarrollo integral de los mismos desde las etapas de diseño de composiciones y microestructuras, simulación de respuesta piezoeléctrica mediante método de elementos finitos e ingeniería de dominios ferroeléctricos en materiales como titanatos de bismuto (14), titanatos-zirconatos de plomo (15) y niobatos alcalinos modificados (17).

La aplicación de los materiales electrocerámicos es una de las tareas que se han abordado y en la que se han realizado importantes esfuerzos, facilitando la relación actual con otros grupos de investigación y con la industria. Esta área de trabajo se inicia con el establecimiento de una nueva familia de materiales piezoeléctricos utilizables como sensores y actuadores, o bien desde un punto de vista más global como parte funcional de sistemas inteligentes. Fruto de la labor de transferencia de tecnología se generó una línea de trabajo relacionada con el control de las propiedades en bordes de grano rectificadores en semiconductores cerámicos.

Esta línea ha dado lugar a la obtención de varistores para protección de sobretensiones en línea de distribución de alto voltaje. La tecnología del proceso, formulación,

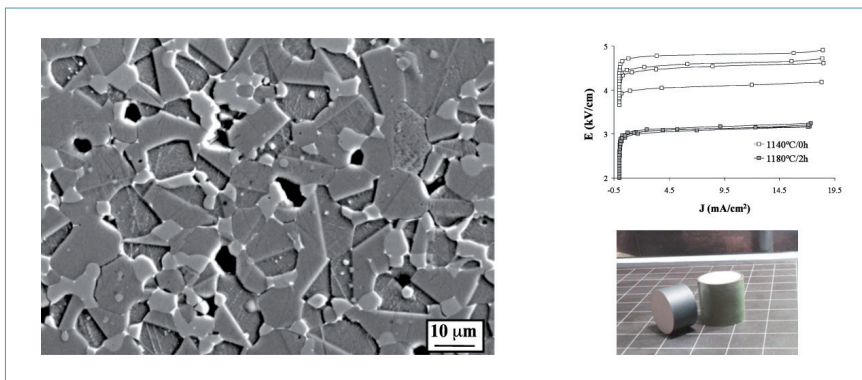


Figura 9. Microestructura funcional de un varistor cerámico basado en el sistema $\text{ZnO-Bi}_2\text{O}_3\text{-Sb}_2\text{O}_3$, evidenciando un excelente comportamiento I-V no lineal, en un amplio margen de temperaturas de sinterización (Peiteado, 2004).

adecuación de las materias primas nacionales y de los equipos industriales al proceso, la fabricación de prototipos de laboratorio y en planta preindustrial, se han desarrollado desde finales de los años noventa dentro del departamento. Este proceso incluye aspectos muy novedosos desde el punto de vista tecnológico en la etapa de distribución de dopante sobre las partículas submicrónicas de ZnO, que, inicialmente, fueron desarrollados sobre la base del método de modificación superficial de polvos cerámicos. La empresa INAEL, S. A., ha sido la receptora final de la transferencia iniciada en conjunto con la empresa KERABEN, S. A. Entre las numerosas contribuciones destacan un nuevo método de caracterización de las barreras aislantes que se forman en los bordes de grano del varistor, que son el origen de las características de no-linealidad (19) y el desarrollo de propiedades a partir del control microestructural (20). En esta área se ha producido un importante número de tesis doctorales: control microestructural de varistores cerámicos basados en ZnO (Peiteado, 2004); caracterización eléctrica de semiconductores policristalinos (Fernández-Hevia, 2004); varistores cerámicos

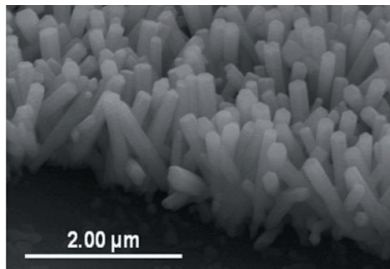


Figura 10. ZnO rods crecidos hidrotérmicamente sobre sustrato de acero electropulido previamente semillado por deposición electroforética (18).

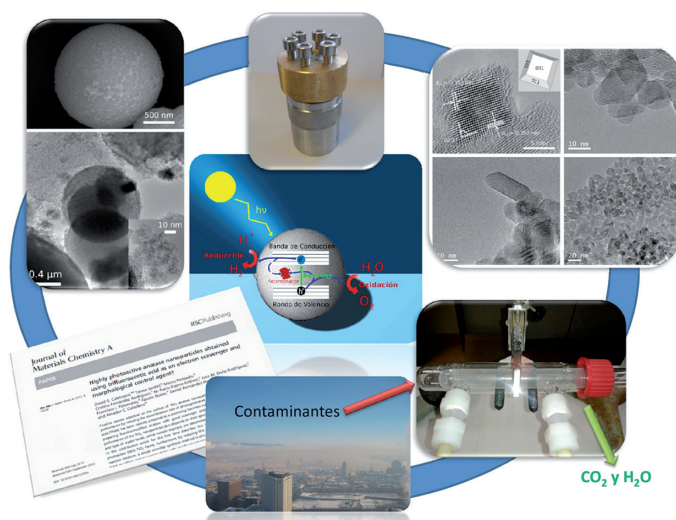


Figura 11. Nanopartículas de TiO_2 anatasa obtenidas mediante síntesis solvotermal, mostrando una morfología romboédrica truncada idónea para su empleo en aplicación fotocatalítica (21-22).

en capa gruesa (De la Rubia, 2007); interfaces funcionales en varistores cerámicos (Iglesias, 2009) y materiales cerámicos de alta constante dieléctrica (Leret, 2010).

Desde los antecedentes descritos sobre la obtención de partículas de elevada reactividad, la obtención de materiales en la nanoescala ha estado presente en este ámbito de investigación. Destacan los trabajos de obtención de materiales nanoestructurados a partir de nanopartículas de ZnO por precipitación controlada (26) y el mecanismo de la respuesta ferromagnética a temperatura ambiente en el sistema Zn-Mn-O , relacionado con un mecanismo de doble canje a través de la interfase de dos compuestos que contienen Mn en diferente estado de oxidación (23). Las posibilidades científicas y tecnológicas que se han abierto en base a fenómenos de proximidad y obtención de estructuras jerarquizadas en la nanoescala han constituido uno de los ejes fundamentales de actividad en esta línea de trabajo. Conceptualmente, la presencia de interfaces en nanopartículas permite que, en la nanoescala, las propiedades de los materiales puedan dar origen a propiedades inusuales, y de ahí a un número excepcionalmente relevante de aplicaciones que exceden el campo de la cerámica e introducen conceptos nuevos en catálisis, polímeros, cosmética, medio ambiente... Uno de los elementos más dinamizadores de esta área es la escalabilidad de los procesos que ha permitido que las nanopartículas y las interfaces se incorporen en procesos industriales a gran escala. En este sentido destaca la creación de Advanced Dispersed Particles, S. L., como empresa de base tecnológica a partir de la patente de nanopartículas con jerarquía mediante procesos de nanodispersión en seco. En esta línea se han defendido tesis doctorales con una especial relevancia: obtención de nanopartículas de ZnO por procesos de precipitación (Rodríguez-Páez, 1999); dispersión en seco de nanopartículas

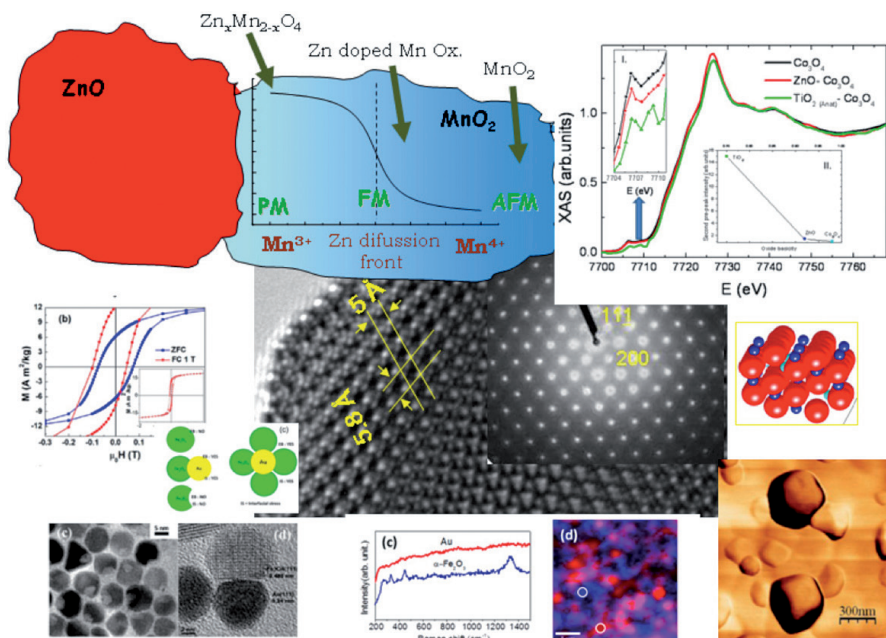


Figura 12. Esquema del magnetismo de interfase que aparece en un frente de difusión en el sistema Mn-Zn-O (23) y que ha dado lugar al desarrollo de nuevos fenómenos inusuales que tienen lugar en la nanoescala por proximidad entre estructuras cristalinas con la presencia de interfases ferrimagnéticas en nanopartículas soportadas de Co_3O_4 (24), respuesta magnética en dímeros de $\text{Au-Fe}_2\text{O}_3$ (25) o plasmones de superficie modulados (Serrano, 2014).

(Lorite, 2011); nanocristales con morfología sintonizada (Verde, 2013) y nanomateriales con respuesta plasmónica (Serrano, 2014).

La incorporación de nuevos conceptos en cerámica tradicional ha contribuido a relevantes avances en materiales industriales cerámicos tecnológicamente avanzados. En esta dirección se ha trabajado intensivamente con empresas en diferentes sectores de la tecnología. Entre los distintos aspectos abordados se pueden citar algunos, como son: la integración de elementos de colado en cinta para el procesado de esmaltes o la integración de sensores en porcelanas; el impulso en la transformación de VICAR, S. A., desde una la fabricación de pastas para artesanos a una empresa de pastas cerámicas para dieléctricos y cerámica avanzada; la sensorización de los procesos de prensado de azulejos mediante moldes inteligentes con la empresa MACER, S. L.; la incorporación de nanopartículas jerarquizadas para la obtención de esmaltes cerámicos con propiedades inusuales con las empresas del Grupo Keraben; y los nanorecubrimientos funcionales para sanitarios. En esta línea se ha defendido también un número significativo de tesis doctorales: procesos de colado en cinta para azulejos cerámicos (Solera, 2004); dieléctricos de esteatita procesados con modificación superficial (Vela, 2004);

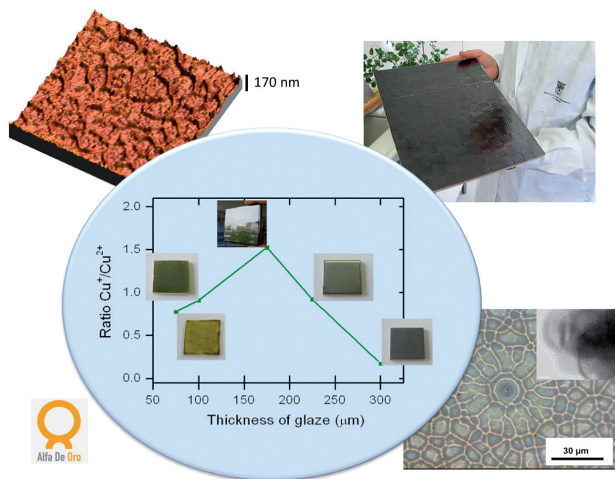


Figura 13. Incorporación de nanopartículas en esmaltes multifuncionales (Reinosa, 2009) (WO2008152174).

nanopartículas jerarquizadas para esmaltes cerámicos funcionales (Jiménez-Reinosa, 2010) y nanocapas funcionales para esmaltes sanitarios (Enríquez, 2013).

Se debe reseñar que el éxito en la transferencia de tecnología tiene sus pilares en el avance del conocimiento científico y en la adaptación de estas innovaciones a la realidad industrial. El número de patentes licenciadas a empresas en los últimos años es una muestra relevante de la actividad generada y un aval de la dirección que la investigación básica desarrollada tiene para generar valor. Las principales patentes transferidas al sector industrial se resumen a continuación:

- MACER, S. L. Moldes Inteligentes para el prensado de pavimento y revestimiento cerámico. ITTO20070047 A1 y ES2296499 B1. Galardonada con ALFA de ORO en CEVISAMA 2006.
- KERABEN, S. A. y KERAFRIT, S. A. Esmaltes nanoestructurados multifuncionales. WO2008152174 A1. Galardonada con Alfa de Oro en CEVISAMA2009.
- Fábrica Nacional de Moneda y Timbre Real Casa de la Moneda. Implantación de un nuevo procedimiento para producción de pigmentos de seguridad. WO2009043948 A1.
- ADVANCED DISPERSED PARTICLES, S. L. Método de dispersión en seco de nanopartículas para obtención de estructuras jerarquizadas y recubrimientos. WO2010010220 A1.
- KERAFRIT, S. A. Esmaltes cerámicos hidrófobos. WO2012066172 A1.
- ADVANCED DISPERSED PARTICLES, S. L. Catalizadores jerárquicos obtenidos por dispersión en seco. WO2012017115 A1.

- Fábrica Nacional de Moneda y Timbre Real Casa de la Moneda. Empleo de marcadores absorbentes de radiofrecuencia para autenticación de documentos. WO2012131045 A1.
- Fábrica Nacional de Moneda y Timbre Real Casa de la Moneda. Empleo de marcadores Raman para autenticación de documentos. WO2012164054 A1.
- BSH BOSCH SIEMENS HAUSGERAETE y MINERA CATALANO ARAGONESA SAMCA, S. A. Método para producir laminas cerámicas para electrodomésticos. WO2012085763 A1.
- ROCA SANITARIO, S. A. Método para producir recubrimientos multifuncionales por procesos sol-gel. ES2389349 A1; WO2012113953 A1 y ES2387222 A1.
- ROCA SANITARIO, S. A. Composición y proceso de co-sinterización de elementos conductores integrados en porcelanas, WO2012140303 (A3).
- KERAFRIT, S. A. y NANOBIMATTERS INDUSTRIES, S. L. Esmaltes cerámicos bactericidas. WO2013041751 A1.
- TOLSA, S. A. Método para producir nanoestructuras jerárquica basadas en fosfatos inorgánicos y filosilicatos. WO2013093139 A1.
- VICAR, S. A. Azulejos de gres porcelánico reforzados. PCTES2013070667.

La línea de trabajo ha mostrado, además, aspectos relevantes tanto en diseminación de resultados como en internacionalización. Dentro de esta área se han organizado importantes reuniones científicas, destacando el X International Meeting on Ferroelectric in Madrid 2001 y el X Electroceramics Conference en Toledo 2006. Investigadores de este campo han participado en tres proyectos europeos dentro del FP7 (proyectos NEXTEC,

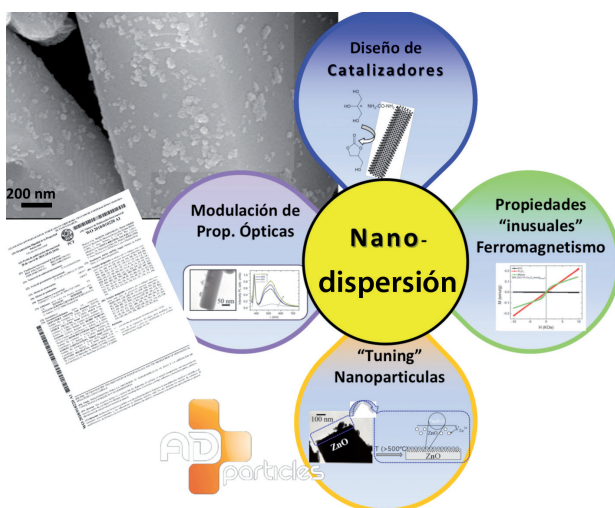


Figura 14. Esquema que muestra algunas de las aplicaciones del método de dispersión en seco (WO2010010220) que ha permitido constituir en 2011 la empresa de base tecnológica Advanced Dispersed Particles, S. L., como spin off del CSIC.

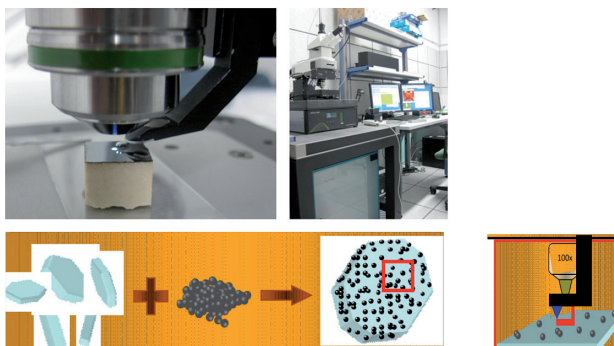


Figura 15. Microscopía Confocal Raman Acoplada con Microscopía de Fuerzas Atómicas para la determinación de respuesta Raman en nanopartículas a partir del método de nanodispersión en seco (WO2010010220). Se muestra la dependencia del desplazamiento Raman con el tamaño de aglomerado (WO2012164054 A1, 28).

NANOPYME y DAPHNE), así como en redes europeas de cooperación (COST 509, SIMUFER y MODENA).

En el apartado de técnicas experimentales destaca la puesta a punto del servicio de Microscopía Confocal Raman acoplado con Microscopía de Fuerzas Atómicas. La técnica fue adquirida en 2010 y entra a ser servicio general del ICV-CSIC a partir de 2012. La técnica representa un equipamiento experimental referente para el análisis estructural y microestructural mediante espectroscopía Raman de materiales, que permite la resolución de estructuras complejas en materiales cerámicos y en nanomateriales (27, 28).

La línea de trabajo de materiales con función eléctrica se enfrenta a un futuro lleno de oportunidades combinando avances en ciencia básica que se valorizan en productos mediante acuerdos de transferencia de tecnología con empresas de diferentes sectores. Un aspecto fundamental de los grupos de trabajo dentro del departamento lo constituye el personal formado, que representa la piedra angular de las acciones de I+D abordadas y constituyen la mejor garantía de crecimiento.

Bibliografía

1. Pascual, C.; Durán P. (1983). "Subsolidus phase-equilibria and ordering in the system $\text{ZrO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3$ ", *J. Am. Ceram. Soc.*, 66 (1): 23-27.
2. Durán, P.; Moure, C. (1985). "High-density PLZT ceramics prepared chemically from different raw materials", *Am. Ceram. Soc. Bull.*, 64 (4): 575-579.
3. Durán, P.; Fernández, J. F.; Capel, P.; Moure, C. (1988). "Large electromechanical anisotropic modified lead titanate ceramics. Part 1 Processing", *J. Mater. Sci.*, 13: 4463-4469.
4. Fernández, J. F. (1986). "Influencia de la utilización de precursores en las relaciones microestructurales y propiedades de materiales cerámicos del tipo PZT", tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Madrid.

5. Durán, P.; González, M.; Moure, C. (1990). "A new tentative phase-equilibrium diagram for the ZrO_2 - CeO_2 system in air", *J. Mater. Sci.* 25 (12): 5001-5006.
6. Tartaj, J.; Fernández, J. F.; Moure, C.; Durán, P. (1998). "Effects of seeding on the crystallization kinetics of air-calcined yttria-doped hydrous ceria", *J. Eur. Ceram. Soc.*, 18 (3): 229-235.
7. Moure, A.; Tartaj, J.; Moure, C. (2009). "Synthesis, sintering and electrical properties of yttria-calcia-doped ceria", *J. Eur. Ceram. Soc.*, 29: 2559-2565.
8. Moure, A.; Moure, C.; Tartaj, J. (2011). "A significant improvement of the processing and electric properties of CeO_2 co-doped with Ca and Sm by mechanosynthesis", *J. of Power Sources*, 196 (24): 10543-10549.
9. Moure, A.; Castro, A.; Galy, J.; Moure, C.; Tartaj, J. (2010). "Nanostructured $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Ga}_{1-y}\text{Mg}_y\text{O}_{3-y}$ Ceramics Processed by Spark Plasma Sintering of Mechanosynthesized Precursors", *J. Am. Ceram. Soc.*, 93 (10): 3206-3213.
10. Pérez-Falcón, J.; Moure, A.; Tartaj, J. (2011). "Low-Temperature Preparation of $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Fe}_{0.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{3-y}$ Sinterable Nanopowders by the Polymeric Organic Complex Solution Method", *Fuell Cells*, 11 (1): 75-80.
11. Tartaj, J.; Gil, V.; Moure, A. (2010). "Low-temperature preparation by polymeric complex solution synthesis of Cu-Gd-doped ceria cermet for solid oxide fuel cells anodes: Sinterability, microstructures and electrical properties", *J. of Power Sources*, 195 (9): 2800-2805.
12. Ma, Y. W.; Guilloux-Viry, M.; Barahona, P.; Pena, O.; Moure, C. (2005). "Observation of magnetization reversal in epitaxial $\text{Gd}_{0.67}\text{Ca}_{0.33}\text{MnO}_3$ thin films", *Appl. Phys. Lett.*, 86 (6): 062506.
13. Fernández, J. F.; Caballero, A. C.; Durán, P.; Moure, C. (1996). "Improving sintering behaviour of BaTiO_3 by small doping additions", *J. Mater. Sci.*, 31: 975-981.
14. Jardiel, T.; Caballero, A. C.; Villegas, M. (2008). "Aurivillius ceramics: $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ -based piezoelectrics", *J. Ceram. Soc. Jap.*, 116 (4): 511-519.
15. Fernández, J. F.; Moure, C.; Villegas, M.; Durán, P.; Kosec, M.; Drazic, G. (1998). "Compositional Fluctuations and Properties of Fine Grained doped PZT Ceramics", *J. Eur. Ceram. Soc.* 18 (12): 1695-1705.
16. Villegas, M.; Caballero, A. C.; Durán, P.; Moure, C.; Fernández, J. F. (1999). "Factors affecting the electrical conductivity of donor doped $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ piezoelectric ceramics", *J. Am. Ceram. Soc.*, 82 (9): 2411-2416.
17. Rubio-Marcos, F.; Ochoa, P.; Fernández, J. F. (2007). "Sintering and properties of lead-free (K, Na, Li) (Nb, Ta, Sb) O_3 ceramics", *J. Eur. Ceram. Soc.*, 27: 4125-4129.
18. Verde, M.; Peiteado, M.; Villegas, M.; Ferrari, B.; Caballero, A. C. (2013). "Soft solution processing of ZnO nanoarrays by combining electrophoretic deposition and hydrothermal growth", *Mater. Chem. Phys.*, 140 (1): 75-80.
19. Fernández-Hevia, D.; De Frutos, J.; Caballero, A. C.; Fernández, J. F. (2002). "Mott-Schottky behavior of strongly pinned double Schottky barriers and characterization of ceramic varistors", *J. Appl. Phys.*, 92 (5): 2890-2898.
20. Peiteado, M.; Fernández, J. F.; Caballero, A. C. (2007). "Varistors based in the $\text{ZnO-Bi}_2\text{O}_3$ system: Microstructure control and properties", *J. Eur. Ceram. Soc.*, 27: 3867-3872.
21. Calatayud, D.; Jardiel, G. T.; Peiteado, M.; Fernández Rodríguez, C.; Espino Estévez, M. R.; Doña-Rodríguez, J. M.; Palomares, F. J.; Rubio, F.; Fernández-Hevia, D.; Caballero, A. C. (2013). "Highly photoactive anatase nanoparticles obtained using trifluoroacetic acid as an electron scavenger and morphological control agent", *J. Mater. Chem.*, A1 (45): 14358-14367.

22. Melián, R. E. P.; Suárez, M. N.; Jardiel, T.; Rodríguez, J. M. D.; Caballero, A. C.; Araña, J.; Calatayud, D. G.; Díaz, O. G. (2014). "Influence of nickel in the hydrogen production activity of TiO_2 ", *Applied Catalysis B: Environmental*, 152-153: 192-201.
23. García, M. A.; Ruiz-González, M. L.; Quesada, A.; Costa-Kramer, J. L.; Fernández, J. F.; Khatib, S. J.; Wennberg, A.; Caballero, A. C.; Martín-González, M. S.; Villegas, M.; Briones, F.; González-Calbet, J. M.; Hernando, A. (2005). "Interface Double-Exchange Ferromagnetism in the Mn-Zn-O System: New Class of Biphasic Magnetism", *Phys. Rev. Lett.*, 94: 217206.
24. Quesada, A.; García, M. A.; Andrés, M.; Hernando, A.; Fernández, J. F.; Caballero, A. C.; Martín-González, M. S.; Briones, F. (2006). "Ferromagnetism in bulk Co-Zn-O", *J. Appl. Phys.*, 100 (11): 113909.
25. Lee, Y.; García, M. A.; Huls, N. A. F.; Sun, S. H. (2010). "Synthetic Tuning of the Catalytic Properties of Au- Fe_3O_4 Nanoparticles", *Angewandte Chemie*, 49 (7): 1271-1274.
26. Rodríguez-Páez, J. E.; Caballero, A. C.; Villegas, M.; Moure, C.; Durán, P.; Fernández, J. F. (2001). "Controlled precipitation methods: formation mechanism of ZnO nanoparticles", *J. Eur. Ceram. Soc.*, 21 (7): 925-930.
27. Rubio-Marcos, F.; Del Campo, A.; López-Juárez, R.; Romero, J. J.; Fernández, J. F. (2012). "High Spatial Resolution Structure of (K, Na) NbO_3 Lead-Free Ferroelectric domains", *J. Mater. Chem.*, 22: 9714-9720.
28. Lorite, I.; Romero, J. J.; Del Campo, A.; Fernández, J. F. (2012). "Isolated Nanoparticle Raman Spectroscopy", *J. Raman Spectrosc.*, 43: 889-894.

José Francisco Fernández Lozano
Jefe del Departamento de Electrocerámica

Química-Física de Superficies y Procesos

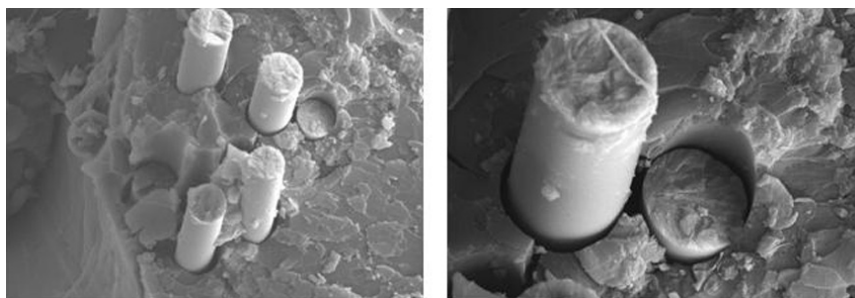
Orígenes (1980-1987)

El Departamento de Química-Física de Superficies y Procesos del ICV-CSIC empezó a gestarse en el año 1980 en base a la consecución de un proyecto de la Comisión Asesora (CAICYT) titulado “Estudio de materiales inorgánicos como aditivos en polímeros y como rellenos cromatográficos, utilizando materias primas nacionales y residuos urbanos. Caracterización y modificación de materiales vítreos, amorfos y cristalinos para su utilización en productos mixtos y relleno para cromatografía”. Este proyecto fue propuesto y coordinado por José Luis Oteo Mazo, del Instituto de Cerámica y Vidrio, y en él participaron, además del Instituto de Cerámica y Vidrio, los de Química Orgánica, Plásticos y Caucho (ahora Tecnología de Polímeros) y Electrónica de Comunicaciones (ahora de Automática Industrial).

José Luis Oteo había ingresado en el Instituto de Cerámica y Vidrio en 1968 cuando aún este Instituto pertenecía al Patronato “Juan de la Cierva”. Sus estudios y trabajos realizados se centraron en el campo del vidrio y sus modificaciones mediante procesos de nitruración para formar grupos amino o nitruro superficiales con aplicaciones cromatográficas, entre otras. En 1971 Oteo obtiene el título de doctor y se traslada al nuevo edificio de Arganda del Rey en 1973, manteniéndose adscrito al Departamento de Vidrios, el cual en 1979 forma la Unidad Estructural de Vidrios del ICV.

Durante este periodo José Luis Oteo mantiene la investigación en los procesos de nitruración de vidrios en atmósfera de amoníaco, tema en el que presenta varias tesis doctorales (Díez-Masa, J. C. 1977. *Incorporación de átomos de nitrógeno a la superficie de vidrio Pyrex y su aplicación en cromatografía de gases*, UCM) y publicaciones (Nieto, M. I.; Arribert, M.; Saporal, P.; Oteo, J. L. 1983. “Variation structurelles provoquées sur des verres de silicoborate alcalins par l’introduction de l’azote”, *Glastech. Ver.*, 56: 468-473).

A partir de 1978, el profesor Oteo comienza las investigaciones en los procesos de modificación superficial mediante agentes de acoplamiento tipo silano o titanato en vidrios ya estuvieran estos en forma de fibras o de partículas para su aplicación en materiales compuestos o composites de matriz polimérica (termoplástica o termoestable), y también comienza la investigación de los procesos de lixiviación en medio acuoso para realizar modificaciones superficiales de dichas fibras o partículas para aumentar la compatibilidad orgánico-inorgánico mediante (Martín, L.; Oteo, J. L.; Sánchez, J. 1983. "Surface interactions of soda-lime-glass with organic titanates", *Glastech. Ver.*, 56: 444-445). Los vidrios y fibras estudiados fueron los de tipo E, borosilicatos, sodocálcicos, AR (álcali-resistentes), etc. Posteriormente se amplió el estudio de fibras a otros tipos como las de SiC, C, $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ y $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$ (Rubio, J.; Rubio, F.; Oteo, J. L. 1991. "Corrosion of SiC fibres with HNO_3 ", *J. Mater. Sci.*, 26: 2841-2845).



Figuras 1 y 2. Fractura de composites epoxi-fibra de vidrio.

En 1978, en el contexto de las investigaciones sobre la interacción de moléculas gaseosas con superficies vítreas, el doctor J. L. Oteo y M. I. Nieto (contratada del CSIC) desarrollaron el primer método instrumental para la determinación de superficie específica mediante cromatografía de gases. El equipo sirvió durante varios años para determinar superficies específicas tan bajas como $0.025 \text{ m}^2\cdot\text{g}^{-1}$. A partir de 1985 aparecieron los primeros equipos comerciales basados en esta técnica (Nieto, M. I.; Díez, J. C.; Dabrio, M. V.; Oteo, J. L. 1979. "A chromatographic method for the determination of low surface areas", *Chromatographia*, 12: 111-116).

Grupo de Investigación en Superficies (1987-1993)

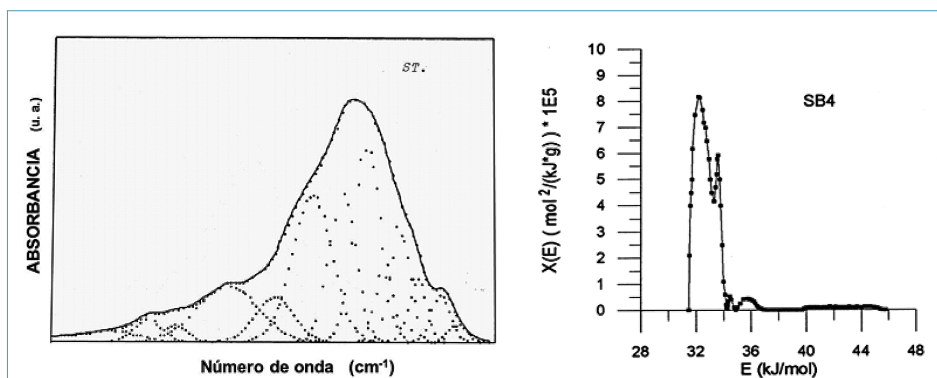
La relevancia de los estudios sobre el tratamiento superficial de vidrios, así como el interés de la industria de los materiales compuestos en adquirir los conocimientos y tecnologías

necesarios para fabricar materiales compuestos con buenas propiedades mecánicas dio lugar al desarrollo de nuevos proyectos de investigación en este campo. La ejecución de estos proyectos constituyó el marco para la formación de numerosos técnicos e investigadores mediante la realización de proyectos fin de carrera (entonces tesinas) y tesis doctorales. El aumento de personal en el grupo del profesor Oteo condujo al reconocimiento por parte del ICV de un nuevo grupo de investigación dentro de la propia UEI de Vidrios en el año 1982. Dado que en dicho año no se podía formalizar la creación de una nueva UEI en el ICV se tomó la decisión de denominar a este nuevo grupo Fibras o Fibras y Superficies. En el año 1987 la Junta del Instituto de Cerámica y Vidrio permite la creación de dicho grupo pasándose a denominar Grupo de Investigación en Superficies.

A comienzos de 1980, José Luis Oteo inicia la remodelación del laboratorio gracias al proyecto mencionado al principio de esta memoria mediante el cual adquiere un espectrofotómetro de IR (Perkin-Elmer M-580-B) con estación de datos (PE-3600), un cromatógrafo de gases (PE-Sigma 2B) con detectores FID y TCD ambos unidos a una estación de datos (P.E. Sigma), un analizador de tamaño de partícula Micromeritics (Sedigraph 6000) y un equipo de adsorción de nitrógeno a 77 K (Micromeritics Accusorb 2700 ET). Además, se pone a punto el método Coulter-Conuter para determinación de tamaño de partícula. Asimismo, el profesor Oteo adquiere el primer ordenador de cálculo (Olivetti, Mod. P6066) que rápidamente consigue unir al espectrofotómetro de IR para realizar tratamiento matemático de los espectros IR de vidrios.

En esta década de los ochenta, el Grupo Investigación en Superficies fue pionero en el ICV en la aplicación de la informática a la adquisición, tratamiento y análisis de los datos de los equipos de medida de propiedades. En esta línea se desarrollaron programas de cálculo para resolver espectros de infrarrojo y ultravioleta-visible mediante deconvolución gaussiana-lorentziana. Estos programas fueron un hito en el ICV, ya que por primera vez se incorporaban estas técnicas de análisis por ordenador (Fortran IV, Pascal, Basic y Turbobasic) al estudio de la cerámica y del vidrio (Nieto, M. I.; Rodríguez, M. A.; Oteo, J. L. 1985. "Espectroscopía IR aplicada a vidrios de borosilicato. Análisis semicuantitativo de los espectros", *Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidrio*, 24: 81-85). Estos programas de deconvolución espectral fueron desarrollados por Miguel Ángel Rodríguez, becario de Grupo durante 1980-1986, quien posteriormente se incorporó al Departamento de Cerámica del ICV. En este mismo sentido, la unión entre cromatógrafos y ordenadores permitió a Juan Rubio (también becario del grupo) capturar multitud de datos experimentales para el estudio de las interacciones entre moléculas orgánicas o inorgánicas y superficies de vidrio, dando lugar a la obtención de la distribución de centros activos superficiales y a la cuantificación de la energía de la superficie de los vidrios (Rubio, F.; Rubio, J.; Oteo, J. L. 1988. "Surface Energy Distributions on Silicoborate Glasses. Colloids and Surfaces A", *Physicochemical and Engineering Aspects*, 139: 227-239). Como se ha comentado, el

primer ordenador que se incorporó al ICV en 1980 fue el P6066 con una capacidad de 60 Kb, el cual se consiguió unir para recibir datos directamente del espectrofotómetro IR PE-580-B a través de la estación de datos PE-3600, por lo que además de realizar cálculos también permitía realizar la deconvolución de los espectros IR hasta un máximo de 20 bandas gaussianas, lorentzianas o mixtas, indistintamente. En 1983 se incorporó un nuevo ordenador M-20 con una capacidad de memoria mayor (240 Kb) y que se unió directamente al cromatógrafo de gases Sigma 2B. En 1984 se adquirió un ordenador multipuesto (Columbia 6000) con cuatro estaciones simultáneas.



Figuras 3 y 4. Izquierda: primera deconvolución de un espectro IR de un vidrio de $60\text{SiO}_2\text{-}30\text{B}_2\text{O}_3\text{-}10\text{Na}_2\text{O}$ sin tratar. Derecha: primera distribución de energías en los centros activos de la superficie de dicho vidrio.

Entre 1980 y 1990 en el Grupo de Investigación se finalizan tres tesis doctorales y ocho tesinas de licenciatura, todas ellas relacionadas con los vidrios y sus modificaciones superficiales, a la vez que se comienza a trabajar con industrias del vidrio hueco (botellas, bombillas, etc.), de fibras de vidrio de $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ y $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$, así como en procesos de cristalización de materiales vítreos. Para este último caso se adquiere un calorímetro diferencial de barrido (P.E. DSC-7), el cual también se conectó a los ordenadores para realizar la deconvolución de las curvas calorimétricas asociadas a los procesos de cristalización. Asimismo se incorporaron nuevos ordenadores (PC) con más memoria (2 Mb) que se unieron al resto de equipos IR, cromatógrafo de gases, Sedigraph, etc.

Es en el año 1991 cuando en el Grupo de Investigación se comienza una nueva línea sobre el proceso sol-gel para la obtención de fibras de vidrio de $\text{SiO}_2\text{-ZrO}_2$ bajo un contrato con la empresa Repsol Química, S. A., y cuyo becario fue Fausto Rubio. También se desarrollaron fibras de SiO_2 , $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ y $\text{SiO}_2\text{-ZrO}_2\text{-TiO}_2$. Estas investigaciones dieron lugar a una tesis y tres tesinas de licenciatura, así como a una patente con la empresa Repsol.

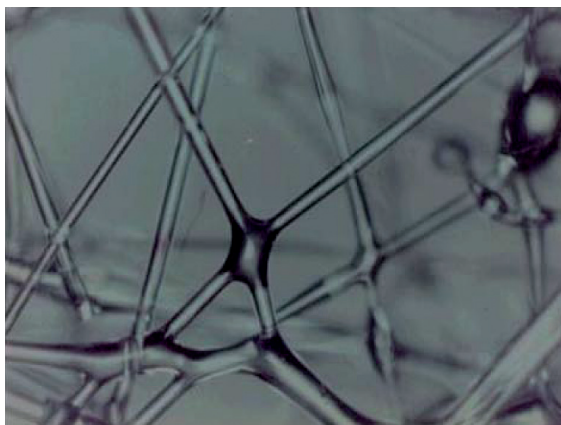


Figura 5. Materiales de fibras de vidrio de $\text{SiO}_2\text{-ZrO}_2$ obtenidos por el proceso sol-gel.

Departamento de Métodos Físico-Químicos (1993-2000)

En el año 1993 el CSIC realizó una reestructuración de los Institutos en la que las UEI pasaban a denominarse departamentos e imponiendo un número mínimo de investigadores por departamento en cada instituto. Para cumplir esta exigencia, el Grupo de Investigación en Superficies se unió a la UEI de Métodos Físico-Químicos, formado por dos laboratorios, el de Análisis Químico (LAQ) y el de Microscopía Electrónica (LME). Se llevó a cabo la integración de los tres grupos formándose el nuevo Departamento de Métodos Físico-Químicos.

Laboratorio de Análisis Químico (LAQ)

El Laboratorio de Análisis Químico (LAQ) pertenecía a la UEI de Métodos Físico-Químicos cuando esta se creó en 1979 junto con el resto de UEI del ICV. El LAQ estaba formado por dos investigadores, y su jefa era María Flora Barba, que centraba sus investigaciones en el desarrollo de nuevas metodologías de análisis químico para materiales cerámicos y vidrios, tanto tradicionales como los nuevos materiales avanzados que se estaban desarrollando en el ICV. Este LAQ era y sigue siendo en estos días referente para todas las industrias relacionadas con la cerámica, el vidrio, los refractarios, materias primas, etc., tanto a nivel nacional como internacional (Fariñas, J. C.; Barba, M. F. 1990. "Chemical Analysis of Electroceramic Materials by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry", *Int. J. Mat. Prod. Tech. MatTech'90*, vol. 3). Los analitos pueden ser prácticamente cualquier elemento del Sistema Periódico tanto si está como macroconstituyente o como impureza siendo los elementos más usuales objeto de estudio el Si, Al, P, B, Ti, Zr, Ca, Mg, Ba, Fe, Na, K, Li, Y, Pb, Cd, Mn, Ag, Cu, Cr, Nb, Sb y tierras raras (Barba, M. F.;

Ortega, P. 1995. "Determination of Impurities in Silicon Nitride Ceramics", *Ceramics: Charting the Future*. Ed. P. Vicenzini. 3B: 1169-1174).

En realidad el LAQ comenzó su andadura hacia 1968 con instrumentos y material de análisis típico de dichos tiempos (probetas, pipetas, etc.) y un fotocolorímetro provisto de filtros, pero poco a poco fueron incorporándose nuevas técnicas como la espectrofotometría de llama, espectrometría de absorción atómica (AA) en 1972, espectrometría de plasma de acoplamiento inductivo (ICP-AES/OES) en 1985 y la fluorescencia de rayos X (FRX) en 2002. El LAQ pertenece desde 2002 a la Red de Laboratorios e Infraestructuras de la Comunidad de Madrid, debido a sus Buenas Prácticas de Laboratorio y trazabilidad de sus resultados.

El personal científico del LAQ no solamente se dedicaba al análisis sino que también participaba en diferentes líneas de investigación del ICV relacionadas con los distintos Planes Estratégicos del centro. Entre estas líneas estaban las de materiales vitrocerámicos, medio ambiente y reciclado, así como la de vidrios fertilizantes en la que colaboraba Pío Callejas (Barba, M. F.; Callejas, P.; Arzabe, J. O.; Ajó, D. 1998. "Characterization of two frit Ceramic Materials of Low Cost as Possible Fertilizers", *J. Eur. Ceram. Soc.*, 5: 1313-1317).

Laboratorio de Microscopía Electrónica (LME)

El LME había sido creado por Julia María González Peña en 1971 gracias a la compra de un microscopio electrónico de transmisión (MET) de 25 kV. Posteriormente se incorporó un microscopio electrónico de barrido (MEB) de 20 kV con análisis de espectros de energías dispersadas (EDS). En el año 1979 se forma la UEI de Métodos Físico-Químicos a la que se adscribe el LME junto con el LAQ. En esta reestructuración J. M.^a González Peña mantiene su adscripción a la UEI de Cerámica dentro del grupo de Materias Primas, y su becario, Jesús María Rincón, se hace cargo como jefe del LME hasta 1994, momento en el que se traslada al Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETCC).

En el LME se analizaba la microestructura de materiales cerámicos y vidrios fundamentalmente procedentes de las diferentes investigaciones realizadas en el ICV, gracias al trabajo y esfuerzo del técnico Enrique Díaz Garrido el cual manejaba ambos microscopios: MET y MEB-EDS.

Jesús María Rincón en su etapa como jefe del LME dirigió varias tesis doctorales a la vez que realizaba investigaciones en diferentes temas como materias primas, materiales vítreos y, sobre todo, vitrocerámicos, creando esta línea de trabajo e investigación en el ICV. Además, el profesor Rincón ha cultivado otras áreas de investigación, como la separación de fases en vidrios (Rincón, J. M.^a 1972. "Separación de fases en vidrios", *Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidrio*, 11: 111-125), cristalización y desvitrificación de vidrios (Aleixandre, V.; González, J. M.^a; Rincón, J. M.^a 1975. "Estudio de la cristalización en vidrios del sistema

$\text{Li}_2\text{O}-\text{CdO}-\text{SiO}_2$ ”, *Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidr.*, 14 (3): 233-243), vitrificación y ceramización de residuos industriales (incluidos los nucleares), junto con Pío Callejas (Pelino, M.; Rincón, J. M.^a; Boatini, P. P.; García-Hernández, J. E.; Cantalini, C.; Callejas, P.; Romero, M. *Properties of glass-ceramics obtained from recycling of goethite industrial waste. Third Euroceramics*), nucleación y crecimiento cristalino (Rincón, J. M.^a 1992. “Principles of Nucleation and Controlled Crystallization of Glasses”, *Polym. Plast. Tech. Eng.*, 31: 309-357) y la de arqueometría (Rincón, J. M.^a 1984. “Análisis y microestructura de vidrios romanos de Mérida y Segóbriga”, *Rev. Arqueología*, 43: 34-39).

Grupo de Investigación en Superficies

Hasta el año 1993 la mayor parte de las investigaciones realizadas en el Grupo de Investigación en Superficies había estado centrada en materiales compuestos, fibras de refuerzo, modificaciones superficiales, reciclado de vidrio y de otras partículas inorgánicas. Al mismo tiempo también se atendía a proyectos y propuestas de empresas vidrieras como Cristalerías de Mataró, La Verneda, etc., las cuales necesitaban mejorar los rendimientos de sus hornos de fusión para hacer frente al aumento de los costes de energía y a la llegada de productos de vidrio de producción china más baratos. Dentro de estos proyectos el más interesante fue el de desarrollo de vidrio rojo-rubí para aplicaciones en lámparas de infrarrojas.

A partir del año 1994, el Grupo de Investigación en Superficies se incorpora al Departamento de Métodos Físico-Químicos hecho que coincide con un fuerte aumento en la cantidad de proyectos y contratos, especialmente con industrias españolas, lo que dio lugar a la incorporación de nuevo personal para la realización de las investigaciones encomendadas en dichos proyectos. En esta etapa tuvo una especial relevancia la labor del profesor Oteo, su relación con la industria española y su amplia experiencia y conocimiento sobre los trabajos y necesidades de la misma. Este hecho dio lugar a que el nuevo jefe del Departamento de Métodos Físico-Químicos fuera J. L. Oteo por decisión del director del ICV. Esta capacidad de liderazgo, junto a la innovación de las técnicas de caracterización computerizadas (espectroscopía infrarroja, cromatografía de gases, adsorción de nitrógeno, tamaño de partícula, etc.), dio lugar a un rápido crecimiento del Grupo de Investigación de tal forma que en el año 2000 en una nueva reestructuración propuesta por el CSIC, el departamento pasa a denominarse de Química-Física de Superficies y Procesos, tal y como se conoce actualmente.

En 1996 comenzó la línea de investigación relacionada con la preparación de nanopartículas mediante el proceso spray-pirólisis de alcóxidos o cloruros de elementos Ti, Al, Zr, etc., dando lugar a varias publicaciones (Rubio, J.; Oteo, J. L.; Villegas, M.; Durán, P. 1997. “Characterization and Sintering Behaviour of Submicrometre Titanium Dioxide

spherical particles obtained by gas-phase hydrolysis of Titanium Tetrabutoxide”, *J. Mater. Sci.*, 32: 643-652) y portadas en revistas y premios de fotografía, pues se obtenían tanto partículas esféricas como microfibras de nanopartículas esféricas sinterizadas.



Figura 6. Nanopartículas (izquierda) y nanofibras (derecha) de TiO_2 .

A partir del año 1996 en el Grupo de Investigación en Superficies se inicia una nueva línea de investigación gracias a una estancia posdoctoral de Fausto Rubio (becario del Grupo) en la Universidad de California Los Ángeles (UCLA) de EE. UU. Esta nueva línea se centra en materiales híbridos orgánico-inorgánicos u ormosiles es decir sílices modificadas orgánicamente (Mackenzie, J. D.; Huang, Q.; Rubio-Alonso, F.; Kramer, S. J. 1996. “Effects of Temperature on properties of Ormosils”, *Mater. Res. Soc.*, 435: 229-235). Realmente, aunque parece una nueva línea de investigación, sin embargo es bastante similar a la que el profesor J. L. Oteo había comenzado en 1980 basada en la interacción de moléculas orgánicas tipo silano con micropartículas de vidrio y de sílice, pero ahora la parte inorgánica es de tamaño molecular utilizando alcóxidos de silicio o titanio, entre otros, aunque posteriormente se incorporaron de aluminio, zirconio, etc.

Si en este momento las investigaciones científicas comenzaban una nueva línea, las industriales también lo hacían, puesto que empresas de fritas, esmaltes y azulejos de Castellón requerían la colaboración de los investigadores del Grupo de Investigación en Superficies para mejorar sus productos y así poder competir con las empresas italianas que intentaban hacerse con el mercado azulejero mundial. En estas investigaciones se desarrollaron esmaltes reforzados con fibras y partículas, nuevos pigmentos para conseguir efectos naturales como mármol o piedra, se investigó en la mejora de los hornos de fusión de fritas, esmaltado en seco, coloración de fritas, esmaltes con funcionalidades especiales como biocidas, fotocatalíticas, antigrasa-antisuciedad, antihumedad, etc.

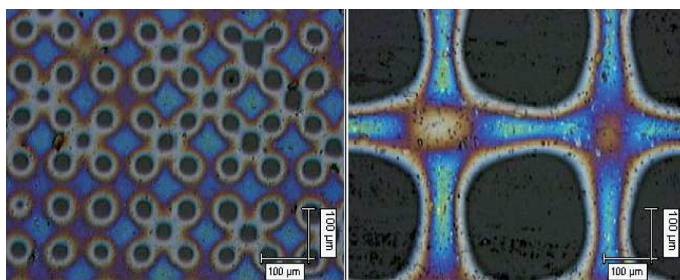


Figura 7. Esmalte fotocatalítico-biocida a base de TiO_2 -Ag.

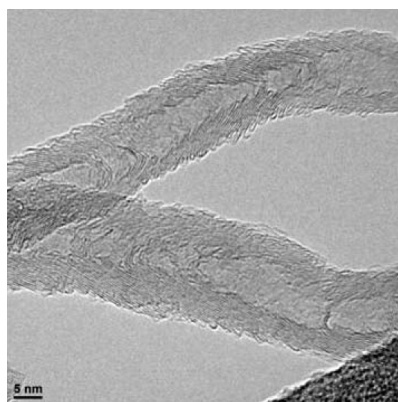
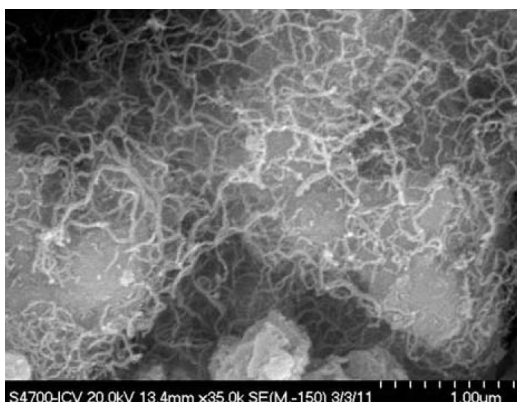
Departamento de Química-Física de Superficies y Procesos (2000-2014)

En el año 1999 el CSIC propone la reestructuración de los institutos para ajustarse a nuevas normativas internas. En esta reestructuración se crea en el año 2000 el nuevo Departamento de Química-Física de Superficies y Procesos en el que solamente se mantienen las personas que inicialmente formaban el Grupo de Investigación en Superficies, hecho que a su vez coincide con el comienzo de dos nuevas líneas de investigación: una basada en materiales vítreos de oxycarburos de silicio y otra en recubrimientos y materiales para patrimonio histórico y vidrieras medievales. La línea de oxycarburos de silicio había sido iniciada por Fausto Rubio durante su estancia en la UCLA (EE. UU.) al pirolizar los materiales híbridos en atmósfera neutra (Martos, C.; Rubio, F.; Rubio, J.; Oteo, J. L. 2003. "Infiltration of SiO_2/SiOC nanocomposites by a multiple sol infiltration-pyrolysis process", *J. Sol-Gel Sci. Tech.*, 26: 511-516). Ya en el departamento, esta línea fue ampliándose a la preparación de otros tipos de materiales como oxinitruros y oxicarbonitruros de silicio o de otros elementos como B, Al, Zr, Ti, etc., que dieron lugar a diferentes tesis doctorales, publicaciones y proyectos de investigación (Tamayo, A.; Peña-Alonso, R.; Rubio, F.; Rubio, J.; Oteo, J. L. 2012. "Synthesis and characterization of boron silicon oxycarbide glass fibers", *J. Non-Crystalline Solids*, 358: 155-162). Estos nuevos materiales se obtenían a partir de procesos de pirólisis y nitruración de ormosiles desarrollados en años anteriores. Así, pues, con todas las nuevas líneas de investigación del departamento se comenzó una amplia oferta de propuestas a empresas españolas de tecnología muy variada, tales como las de la industria aeronáutica (para la que se investigaban los materiales de oxycarburo de silicio), la industria de restauración del patrimonio arquitectónico español (para la que se investigaban recubrimientos antisuciedad, antigrafiti, etc.), empresas de vidrio (para las que se investigó el desarrollo de nuevos hornos de fusión, nuevos recubrimientos en frío o en caliente, vidrio opal), empresas de fritas y azulejos (nuevas fritas y nuevas tecnologías de impresión), empresas de construcción (nuevos composites a base de resina y fibra de vidrio) y empresas de reciclado de vidrio y de composites de fibra de vidrio.



Figura 8. Recubrimiento antigrafiti.

En el año 2004 y gracias a las investigaciones iniciadas por el Prof. Dr. J. L. Oteo y desarrolladas por el Dr. Juan Rubio sobre cromatografía inversa de gases a dilución infinita y/o recubrimientos finitos, se extendió dicha línea a otros tipos de materiales entre los que se encontraban las nanofibras de carbono. Esta nueva línea de investigación en nanofibras estuvo basada en la caracterización y la utilización de nanofibras de carbono para su aplicación a diferentes tipos de productos (resinas, cementos-morteros y vidrios) a la vez que se amplió la oferta de investigación y desarrollo a nuevas industrias como a los fabricantes de las propias nanofibras de carbono o las de composites de resinas, tanto termoestables como termoplásticas (Palencia, C.; Rubio, F.; Merino, C.; Rubio, J.; Oteo, J. L. 2008. “Study of the silanization process in Carbon Nanofibers: time, temperature, silane type and concentration influence”, *J. Nano-Research*, 4: 33-43).



Figuras 9 y 10. Nanofibras de carbono formadas *in situ* en vidrio poroso.

En el año 2006, como consecuencia de las investigaciones sobre diferentes tipos de vidrios que se realizaban en el departamento, se inició la línea de materiales para la energía y en concreto para la energía solar de concentración. En principio se desarrollaron vidrios para colectores solares para empresas españolas y, junto con el desarrollo de materiales de oxycarburo de silicio para alta temperatura, se comenzó en el año 2010 la línea de colectores de concentración de alta temperatura (CSP).

En este año 2010 una nueva reestructuración del CSIC favoreció la incorporación al Departamento de Química-Física de Superficies y Procesos de varios investigadores del ICV cuyos temas de investigación abordaban temáticas similares a las líneas de trabajo del departamento: líneas como las de patrimonio histórico o la de vidrios de óxidos y de oxinitruros de silicio. Así, las doctoras Carmen Pascual y Paloma Recio reforzaron las líneas de patrimonio (Pérez-Villar, S.; Rubio, J.; Oteo, J. L. 2008. "Study of color and structural changes in silver painted medieval glasses", *Journal of Non-Crystalline Solids*, 354: 1833-1844), mientras que por su parte el Dr. Luis Pascual reforzó y amplió las líneas de vidrios de nitruros y oxinitruros de silicio, así como las de vidrios y vitrocerámicos (Cornejo, N.; Pascual, L.; Tamayo, A.; Rubio, F.; Rodríguez, M. A.; Rubio, J. 2012. "Crystallization mechanism of glass-ceramics prepared from Ni-Cu-Co mining wastes", *J. Non-Crystalline Solids*, 258: 3028-3025).

Finalmente, en el año 2013 la incorporación del personal que había estado contratado en el Departamento para la realización de proyectos con empresas, como es el caso de los titulados superiores como M.^a Alejandra Mazo, David Soriano o el de Aitana Tamayo (contratada JAE), dio un impulso, por lo que al ser un mayor número de investigadores en el Departamento de Química-Física de Superficies y Procesos se comienzan nuevas líneas de investigación, como son las de la aplicación de partículas porosas para la liberación controlada y diferencial de fármacos, la de vidrios fertilizantes para evitar la degradación del medio ambiente mediante la liberación controlada de nutrientes ya sean para cultivos terrestres (tomates, cítricos, etc.) o acuícolas



Figura 11. Porcelana del Buen Retiro.
Bartolomé de Sureda (1803-1808).

(algas fundamentalmente), materiales termoeléctricos y termoiónicos, almacenamiento de energía, y se prepara el paso a proyectos europeos en el marco del H2020.

En este año 2014, las líneas de investigación y desarrollo del departamento se centran en: vidrios y cerámicas para energía solar, vidrios fertilizantes de liberación controlada para minimizar el impacto ambiental, vidrios para mejorar la calidad de las aguas de consumo, fibras de vidrio y de carbono para nuevos materiales compuestos de alta resistencia, vidrios y sus tratamientos superficiales para aplicaciones convencionales, fritas y pigmentos para azulejos y pavimentos, vidrios de liberación controlada de fármacos para prevención del sida, reciclado de vidrios y materiales compuestos para eliminar residuos y mejorar el medio ambiente, caracterización de vidrios y cerámicas del Patrimonio Histórico Español.

Tabla 1. Líneas de investigación desarrolladas en el Departamento de Química-Física de Superficies y Procesos, expuestas cronológicamente, y su aplicación industrial

Año	Líneas de investigación	Aplicación industrial
1966	Vidrios. Nitruración de vidrios	Vidrio
1980	Modificación de superficies de vidrio: organofilización, nitruración, lixiviación	Composites reforzados de matriz polimérica
	Fibras de vidrio y materiales compuestos de matriz polimérica	Composites
1982	Análisis de la superficie de vidrios y cerámicas: cromatografía inversa a dilución infinita y/o recubrimientos finitos. Espectroscopía Infrarroja	Vidrios, composites
1990	Sol-Gel: fibras de vidrio y partículas de óxidos inorgánicos	Petroquímica
1992	Reutilización de residuos inorgánicos. Reciclado de composites de matriz polimérica y fibras de carbono	Composites
1994	Fritas, esmaltes, pavimentos y revestimientos cerámicos	Azulejera
	Arcillas y residuos de casco de vidrio y minería	Ladrillos y tejas
1995	Simulación de hornos de fusión de vidrio	Vidrio plano y hueco
	Vitrocerámicos	Vidrio plano
1996	Nanopartículas de óxidos inorgánicos: $\text{TiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$	Composites
	Híbridos orgánico-inorgánicos: ormosiles	Aeroespacial
1998	Recubrimientos funcionales (antisuciedad, fotocatalíticos-biocidas, antigrafiti, antihielo, <i>antifouling</i>)	Azulejos, patrimonio, composites, aeronántica, purificación de aguas

Tabla 1. Líneas de investigación desarrolladas en el Departamento de Química-Física de Superficies y Procesos, expuestas cronológicamente, y su aplicación industrial (cont.)

Año	Líneas de investigación	Aplicación industrial
2000	Patrimonio. Recuperación de vidrieras medievales	Patrimonio
	Oxicarburos, oxinitruros y oxicarbonitruros. Procesado láser	Aeronáutica, aeroespacial, energía solar, farmacia
2006	Nanofibras de carbono	Automóvil, composites, energía eólica
2008	Vidrios y recubrimientos especiales	Energía solar
2013	Oxicarburos multicomponentes termoeléctricos- termiónicos	Energía solar, Almacenamiento energía

Juan Rubio Alonso

*Jefe del Departamento de Química-Física
de Superficies y Procesos*

Vidrios

Antecedentes

Como se comenta en la introducción histórica, en el año 1964 nació el Instituto de Cerámica y Vidrio. Este nombre definía de forma explícita su área de trabajo y marcaba el comienzo de la institucionalización de la investigación vidriera en España. A él se incorporó en 1966 José M.^a Fernández Navarro a su regreso de Alemania, con el cometido de empezar a crear un grupo de investigación sobre vidrios. El nacimiento de este grupo exigía la formación de joven personal científico en el campo del vidrio y su especialización orientada prioritariamente hacia los principales temas de investigación más avanzados en aquel momento, con objeto de abrir un abanico de nuevas líneas de trabajo que permitieran conformar y cubrir en un futuro posterior un área de investigación amplia y diversificada. Una de las cinco secciones que constituían el ICV era la “Sección de Vidrios” formada por un laboratorio de productos vítreos y otro de productos vitrocrystalinos.

Uno de los temas de investigación del momento era el de la disolución de gases en vidrio, en el que figuraba en primera línea el Max-Planck-Institut für Silikatforschung de Würzburg, y en el que, durante su estancia en ese centro, había intervenido Fernández Navarro bajo la dirección del profesor Dietzel y el doctor Mulfinger. Este tema era de doble interés, tanto por su enfoque teórico estructural, como en su aspecto aplicado referente a los mecanismos de desgasificación del vidrio a lo largo de su proceso de afinado. Dentro de esta línea se planteó una tesis doctoral (Oteo, 1971), en la que se llevó a cabo un estudio sistemático sobre los sucesivos cambios estructurales producidos en vidrios de boratos alcalinos tratados a temperaturas crecientes en una corriente gaseosa de una mezcla de nitrógeno y amoníaco. Esta tesis condujo a la patente de un nuevo método de fabricación de nitrato de boro (Aleixandre, 1969). La línea continuó con una nueva tesis

doctoral (Nieto, 1984), sobre las reacciones con amoníaco de vidrios que contienen B_2O_3 como formador de red. Desde esa época, ha evolucionado hasta constituirse en el grupo más importante, tanto por amplitud de temas como por diversidad de objetivos, en el campo de los materiales vítreos en nuestro país.

La segunda línea de trabajo fue desarrollada sobre vidrios semiconductores (Jurado, 1978), estudiando vidrios de vanadato-arseniato con óxidos alcalinotérreos, como alternativa a los de vanadato-fosfato. Esta tesis también condujo a interesantes publicaciones (Jurado, J. R., *et al.* 1980. *J. Non-Cryst. Solids*, 38-39: 365).

La tercera tesis doctoral (Orgaz, 1981) se enfocó al estudio del mejoramiento de la resistencia mecánica del vidrio mediante el proceso de intercambio iónico (Orgaz Orgaz, F., *et al.* 1980. *J. Non-Cryst. Solids*, 38-39: 605), que permitió profundizar en el estudio de las propiedades mecánicas del vidrio.

Un tema cuyo interés científico venía de antiguo era el de la coloración rubí de los vidrios con cobre. El mecanismo del desarrollo del color estaba aún sin resolver y había sido objeto de larga polémica científica. Este problema fue abordado dentro de un amplio estudio sobre las diversas formas de incorporación del cobre a vidrios de diferente composición (Durán, 1984). El estudio permitió establecer de manera definitiva las diferentes etapas del proceso de la coloración rubí (Durán, A., *et al.* 1984. *J. Mat. Science*, 19: 1468).

A principios de la década de los ochenta, y debido al enorme interés despertado por la preparación de vidrios por la ruta sol-gel, se abrió una amplia línea de investigación en este campo, iniciada con trabajos básicos sobre la estructura de vidrios de sílice y la transición gel-vidrio (Orgaz, F., *et al.* 1986. *J. Non-Cryst. Solids*, 82: 57; Durán, A., *et al.* 1986. *J. Non-Cryst. Solids*, 82: 69) y el desarrollo de capas coloreadas mediante la incorporación de iones de transición (Durán, A., *et al.* 1986. *J. Non-Cryst. Solids*, 82: 391; Orgaz, F., *et al.* 1986. *J. Non-Cryst. Solids*, 82: 378), con la colaboración inicial de la Universidad de Sheffield. Dentro de este campo se plantearon tres tesis doctorales (Villegas, 1987; Miranda, 1990 y Ferreira da Silva, 1991), las dos últimas desarrolladas en colaboración con el Departamento de Engenharia Cerâmica e do Vidro de la Universidad de Aveiro.

El interés por la mejora de algunas propiedades de los vidrios relacionadas con la incorporación de nitrógeno originó el inicio de una nueva línea de trabajo (Pascual, 1994) enfocada al estudio de los cambios estructurales producidos por la sustitución aniónica de nitrógeno en la red de vidrios de fosfato y su reflejo en las propiedades de estos vidrios, en particular las relacionadas con el uso de estos vidrios como sellos de muy baja temperatura (Pascual, L., *et al.* 1996. *Materials Research Bulletin*, 31: 77).

Un tema recurrente fue el estudio de las propiedades ópticas de vidrios preparados por fusión y por sol-gel. En colaboración con la UAM se estudiaron las propiedades

luminiscentes de iones titanio en matrices vítreas (Bausa, L. E., *et al.* 1991. *J. Non-Cryst. Solids*, 127: 267). También se prepararon vidrios por fusión y sol-gel dopados con iones plata, estudiados en colaboración con el Departamento de Física de Materiales de la Universidad Complutense de Madrid. Asimismo, se preparan vidrios de fluorofosfoaluminato dopados con iones de tierras raras, para su aplicación como dispositivos fotónicos, en colaboración con la ETS de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación de la Universidad del País Vasco (De Pablos, 1995). Otro enfoque se centró en vidrios convencionales de silicato de alta absorción energética en el UV e IRC (Abad, 1998).

En 1998 tuvo lugar una reestructuración de los departamentos del ICV, que afectó especialmente al Departamento de Vidrios, debido al traslado del profesor Fernández Navarro a la Fundación Centro Nacional del Vidrio. En estas fechas se incorporó al departamento el grupo de José Ramón Jurado, dibujando su estructura que subsiste hasta la actualidad, y que se compone de dos grupos de trabajo: el grupo GlaSS (Vidrios, Vitrocerámicos y Materiales Sol-Gel para una Sociedad Sostenible) y el grupo ELAMAT (Materiales Cerámicos y Vítreos para Aplicaciones Energéticas y Medioambientales). Las líneas de trabajo desarrolladas por estos grupos de trabajo se incluyen en el siguiente apartado.

Mención especial se merece al personal técnico, tanto funcionario como contratado, que ha formado parte del Departamento de Vidrios a lo largo de estos 50 años de historia: Juan Vargas, Antonio Tomás, Laura Peláez, Eva Peiteado, Miguel Gómez, Rosa Navidad, Marcos Borro, Miriam Carrasco, Delia Almudena Rey, María del Carmen Fernández, Nuria García, Aritz Iglesias, Desirée Ruiz...

Los objetivos y actividades del Departamento de Vidrios

El Departamento de Vidrios ha desarrollado desde su formación una serie de actividades con una doble orientación: la investigación científica, financiada con fondos públicos nacionales y regionales (Plan Nacional, CAM), y la investigación tecnológica, financiada a través de contratos con empresas y de proyectos de apoyo al desarrollo tecnológico y a la innovación (CDTI, PROFIT, PETRI, etc.). Un importante nivel de coincidencia entre los objetivos de ambos tipos de proyectos ha actuado de estímulo en los dos sentidos, y ha permitido concurrir con éxito a los programas de investigación del Programa Marco de la UE, donde se conjugan investigación tecnológica y excelencia científica.

Otros objetivos importantes han sido la cooperación internacional —que se refleja en distintos convenios, acciones integradas, colaboraciones y proyectos de formación e investigación—, la formación de personal, realizada a través de tesis y tesinas, cursos de formación y estancias pre y posdoctorales de profesionales extranjeros en el grupo, y las actividades de fomento de la cultura científica.

La vocación de colaboración e internacionalización de sus actividades ha sido un objetivo constante del departamento, que se demuestra por la participación del grupo GlaSS en dieciséis proyectos europeos e internacionales y cinco acciones integradas, mientras el grupo ELAMAT lo ha hecho en quince proyectos internacionales y diez acciones integradas, una actividad que se refleja en un número muy elevado de publicaciones con coautoría internacional.

La formación de personal incluye la realización de treinta tesis doctorales y más de cincuenta tesinas y trabajos de grado y fin de carrera de estudiantes españoles, latinoamericanos y europeos. Por otro lado se ha participado activamente en el fomento de la cultura científica y actividades de divulgación de la ciencia y de los materiales estudiados por ambos grupos de investigación (Feria de la Ciencia, Semanas de la Ciencia, museos, asociaciones sectoriales, etc.).

La participación institucional y el contacto con asociaciones científicas e industriales ha sido otra prioridad en toda la historia del Departamento de Vidrios. El departamento es el soporte básico de la Sección de Vidrios de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio (SECV), y el referente español en la Comisión Internacional del Vidrio (ICG), la más importante asociación de científicos e industrias del vidrio en la cual participan treinta y cuatro países. En este momento se participa en el Comité de Gestión, Comité Ejecutivo y en el Consejo, además de ejercer la Tesorería. Asimismo se colabora en los Comités Técnicos TC3, TC7, TC16 y TC23, con el Comité Editorial de la ICG y en la Asociación Internacional de Sol-Gel (ISGS). Por otro lado, y a través de la Sección de Vidrios de la SECV, ha ejercido como delegado español de L'Union Scientifique Continentale du Verre con sede en Bruselas entre 1987 y 2001. La Comisión Técnica de Trabajo "CTT 43, Industrias Ópticas y del Vidrio" fue creada en el ICV en el año 1971, siendo su presidente, José M.^a Fernández Navarro, y estando a cargo de la Secretaría, desde el año 1983 y hasta 1993, Francisco Capel del Águila.

Por otro lado, el grupo ELAMAT participa en el Comité Técnico de Normalización (AEN/CTN) 206 "Producción de Energía Eléctrica", en los grupos de trabajo 2 y 7 del Subcomité 105 "Tecnologías de Pila de Combustible".

Ambos grupos de investigación han participado en la consolidación de la Red de Pilas de Combustible y Baterías Avanzadas del CSIC, organizada con el fin de intercambiar conocimiento y experiencia entre grupos e institutos del CSIC dedicados al desarrollo de materiales y componentes en esta tecnología. Gracias a las reuniones organizadas por la red se han desarrollado colaboraciones entre institutos que en ocasiones han cristalizado en el desarrollo de proyectos financiados a nivel estatal. Esta inicial Red de Pilas de Combustible y Baterías Avanzadas del CSIC se escindió en el año 2002 en la Red de Pilas de Combustible y Baterías Avanzadas REPICOB y la Asociación Española de Pilas de Combustible APPICE. Además, la Red de Pilas de Combustible y Baterías Avanzadas del

CSIC es responsable junto con la Universidad Menéndez Pelayo del Máster Universitario en Energías Renovables, Pilas de Combustible e Hidrógeno, en el que investigadores pertenecientes al Departamento de Vidrios del ICV participan en tareas de coordinación y son profesores de diferentes asignaturas. El Departamento de Vidrios ha formado parte, también, de la Plataforma Española del Hidrógeno.

A nivel nacional se mantiene una intensa colaboración con la industria vidriera española a través de sus asociaciones (ANFEVI, Vidrio España) centrada en la organización de jornadas tecnológicas, elaboración de informes y desarrollo de proyectos sectoriales. Ligada a esta actividad, el grupo GlaSS es el responsable de la mayoría de los servicios de asesoramiento tecnológico relativos a vidrios en colaboración con el Servicio de Ensayos y Asesoramiento Tecnológico del ICV. Los temas van desde el diseño o colocación de acristalamientos, recepción y certificación de materiales en edificios singulares, causas de fallos o roturas de envases o acristalamientos, certificación de propiedades, medición de propiedades, participación y emisión de dictámenes en juicios, peritajes, asesoramiento en patentes, etc.

Los investigadores del departamento participan asimismo en comités de redacción de diversas revistas nacionales e internacionales. Alicia Durán es editora asociada del *International Journal of Applied Glass Science* (IJAGS), publicado por la American Ceramic Society, y miembro de los comités editoriales del *Journal of Sol-Gel Science and Technology* (JSST) y del *European Journal on Glass Science and Technology. Part B. Physics and Chemistry of Glasses*. M. J. Pascual es editora asociada del *Boletín de la SECV*, Mario Aparicio es miembro de los comités editoriales de las revistas *ISRN Corrosion* y *Recent Patents on Corrosion Science* y Berta Moreno es miembro del comité editorial del *Journal of Fuels*.

En resumen, el Departamento de Vidrios ha evolucionado desde su formación hasta contar en la actualidad con siete investigadores en plantilla y seis técnicos —tres en plantilla y tres contratados—, a los que se suman tres contratados posdoctorales y cuatro predoctorales; un total de veinte personas que se estructuran en dos grupos de investigación cuyas líneas principales se describen a continuación.

Líneas de investigación

Grupo GlaSS. Vidrios, Vitrocerámicos y Materiales Sol-Gel para una Sociedad Sostenible

El objetivo de este grupo de investigación, núcleo del departamento desde su creación, es el estudio, diseño, procesamiento y caracterización de vidrios y vitrocerámicos, tanto desde el punto de vista estructural como de sus propiedades ópticas, mecánicas, químicas,

térmicas y eléctricas. Las actividades de investigación combinan los estudios básicos de diseño, producción y caracterización de materiales con proyectos aplicados relacionados con el sector industrial del vidrio y de otros sectores industriales que utilizan el vidrio como usuarios finales. La singularidad del grupo de trabajo implica además su participación en múltiples tareas de asesoramiento y asistencia técnica en el campo del vidrio.

El grupo aborda diversas líneas de trabajo dentro del campo de los materiales vítreos, dirigidas tanto a la mejora de vidrios convencionales, como al desarrollo de vidrios de nuevas composiciones, combinando en ambos casos los métodos clásicos de fusión con los procedimientos de preparación vía sol-gel. La actividad actual del grupo puede resumirse en dos grandes líneas de trabajo, que concentran la experiencia anterior y abordan temas clave en el campo del vidrio:

- **Vidrios y vitrocerámicos producidos por fusión:** incluye sellos estancos para pilas de combustible MCFC y SOFC, sellos de baja temperatura y alta resistencia química, nitruración de vidrios de fosfato para electrolitos sólidos de baterías de ion Li, procesos de cristalización controlada, nano-vitrocerámicos transparentes para aplicaciones fotónicas, modificación de composiciones y diseño de hornos de fusión de vidrio y fritas con menor consumo energético y bajas emisiones.
- **Recubrimientos y membranas preparadas por sol-gel:** esta línea se centró inicialmente en la producción de recubrimientos sobre diferentes sustratos: capas coloreadas y capas absorbentes del UV sobre vidrio plano, capas protectoras sobre espejos de Ag de primera superficie para tecnología solar, capas protectoras frente a la oxidación a alta temperatura de materiales compuestos C/SiC, y protección y funcionalización de metales frente a la oxidación. Posteriormente se han desarrollado recubrimientos anticorrosivos y funcionales sobre metales y aleaciones, capas nanoestructuradas con inhibidores de corrosión, bioactivación de metales usados en prótesis, recubrimientos mesoestructurados con aplicaciones fotocatalíticas, bactericidas y en dispositivos de células solares, a la vez que membranas inorgánicas e híbridas para PEMFC y electrodos y electrolitos para microbaterías de ion Li.

Vidrios y vitrocerámicos producidos por fusión

Sellos vítreos y vitrocerámicos

En 1996, y a través del Proyecto Europeo JOULE-CE (PL950478) “Development of industrially relevant MCFC stacks (DIREM)”, se inició la investigación sobre materiales vítreos para el sellado de pilas de combustible de carbonatos fundidos (MCFC) con temperatura de trabajo de 650 °C en atmósfera fuertemente corrosiva. Se desarrolló (Pascual, 2000) un material compuesto vidrio de borosilicato-fibras de zircona, que permite evitar las fugas

de gases y la migración del electrolito, y presenta una buena resistencia a la corrosión frente a los carbonatos fundidos (Pascual, M. J., *et al.* 2002. *J. Non-Cryst. Solids*, 306: 58; Pascual, M. J., *et al.* 2005. *J. Am. Ceram. Soc.*, 88: 1427).

Esta línea continuó con el diseño de sellos vitrocerámicos para pilas de combustible de óxido sólido (SOFC) (Lara, 2006). El objetivo era el diseño, preparación y caracterización de sellos vitrocerámicos estancos para pilas de combustible SOFC de temperatura alta y media (850 °C) dentro del sistema RO-BaO-SiO₂ (R=Zn, Mg), en el cual se han obtenido sellos con propiedades adecuadas para su utilización con electrolitos de YZP e interconectores metálicos. Se ha llevado a cabo la optimización de composiciones para el sello de aleaciones basadas en cromo, partiendo de la modelización de propiedades para la previsión de la reactividad, el escalado del método de aplicación y la prueba de los sellos ya desarrollados en las condiciones reales de operación. Se estableció una sólida colaboración con la Universidad RWTH de Aachen y el centro de investigación Jülich (Alemania). Otras colaboraciones son la Universidad de Aveiro (Portugal) y Rolla (USA) (Lara, C., *et al.* 2004. *Solid State Ionics*, 170: 201; Pascual, M. J., *et al.* 2007. *J. Power Sources*, 169: 40).

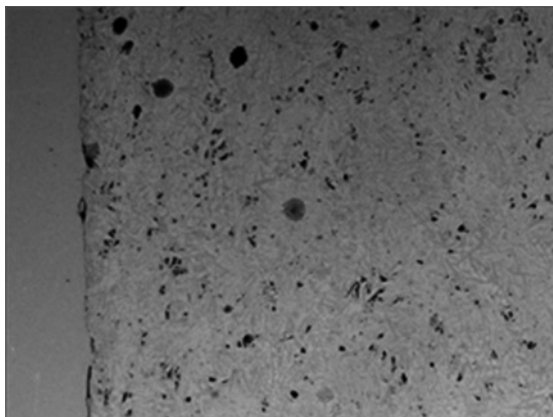


Figura 1. Unión acero Crofer 22APU / vitrocerámico / media celda) tras 50 ciclos calentamiento-enfriamiento (750 °C/5h).

Esta línea continúa en desarrollo para la optimización de los sellos vitrocerámicos para la producción industrial de pilas de combustible SOFC ligeras a través del Proyecto Europeo FCH-JU-2010-1, n° 278525 “Working towards mass manufactured low cost robust SOFC” (MMLCR=SOFC), con el centro de investigación Jülich y la Universidad de Birmingham como socios principales. Dentro del proyecto se está llevando a cabo el estudio y mejora de las propiedades termomecánicas de los sellos vitrocerámicos y la aplicación de los mismos explorando nuevas rutas de procesamiento. Este trabajo constituye la tesis doctoral de Sonia Rodríguez López que se presentará a finales de 2015.

Esta línea es un ejemplo de la filosofía de trabajo del grupo GlaSS, que parte desde el diseño y desarrollo de los materiales hasta su optimización y aplicación industrial, en un camino que incluye el conocimiento básico, el desarrollo de materiales y su adecuación a la aplicación industrial buscada.

Vidrios de fosfato nitrurados

El estudio de los vidrios de fosfato nitrurados, iniciado a principios de la década de los noventa, cobró un nuevo impulso al considerarse adecuados para diferentes aplicaciones que van desde la obtención de fuentes de radiación láser hasta biomateriales, pasando por sellos de baja temperatura o vidrios para el almacenamiento de residuos radioactivos. La nitruración de vidrios de fosfato, basada en la sustitución de oxígeno por nitrógeno mediante un tratamiento térmico bajo flujo de amoníaco, constituye una forma excelente de aumentar la baja resistencia al ataque hidrolítico de los vidrios de fosfato. En este campo se estableció una estrecha colaboración con las Universidades de Rennes y Lille (Francia) a partir del año 2000, a través de varias acciones integradas, que permitieron abordar estudios estructurales mediante Resonancia Magnética Nuclear y profundizar en los mecanismos de las reacciones de nitruración (Muñoz, 2003) (Muñoz, F., *et al.* 2003. *J. Non-Cryst. Solids*, 324: 142).

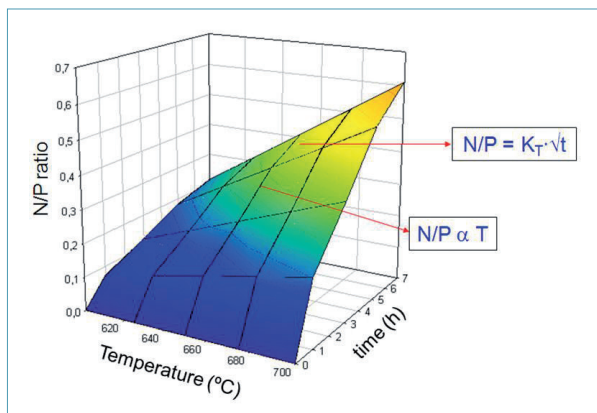


Figura 2. Contenido de nitrógeno en función del tiempo y temperatura de tratamiento térmico en vidrios Li-Na-Pb-P-O.

En los últimos años, el proceso de nitruración de vidrios se ha extendido a los vidrios de oxinitruro de litio para electrolitos sólidos en baterías recargables de litio (Muñoz, F., *et al.* 2008. *Solid State Ionics*, 179: 574). El desarrollo de materiales vítreos para su aplicación en dispositivos de generación y almacenamiento de energía forma parte de las líneas prioritarias de investigación en el campo de los vidrios y vitrocerámicos para energía y medio ambiente, y la búsqueda de nuevos electrolitos ha abierto las posibilidades de

aplicación de los vidrios de fosfato nitrurados, permitiendo así superar los inconvenientes derivados del uso de electrolitos líquidos, como la contaminación de los electrodos y el alto riesgo de explosión. Esta temática ha dado lugar a otras colaboraciones internacionales con la Universidad de Iowa en EE. UU., las Universidades de Osaka y Ehime en Japón y la Universidad de Zilina, en Eslovaquia, y sus resultados han dado lugar a una nueva tesis doctoral (Mascaraque, 2014) (Mascaraque, N., *et al.* 2013. *Solid State Ionic*, 233: 73).

El estudio de vidrios de fosfato continúa con la tesis doctoral de Laura Muñoz Senovilla, dedicada al estudio de la influencia de la estructura sobre las propiedades de transporte, como viscosidad y conductividad eléctrica, y a través de la cual se han establecido colaboraciones con la Universidad de Augsburg (Alemania) sobre el estudio de los fenómenos de relajación mediante técnicas avanzadas de RMN, así como con el laboratorio de mecánica de materiales de la Universidad de Rennes 1 (Muñoz-Senovilla, L., *et al.* 2014. *J. Non-Cryst. Solids*, 385: 9).

Nanovitroceraámicos transparentes con aplicaciones fotónicas

En el año 2007 se abrió la investigación sobre vitrocerámicos transparentes de oxifluoruro dopados con tierras raras para aplicaciones fotónicas con el Proyecto Europeo Strep FP6-NMP3-CT-2006-033200 “Interface controlled nucleation and crystallisation (Intercony)”. Estos materiales combinan la transparencia y la resistencia mecánica y química de los vidrios de aluminosilicato con la baja energía fonónica y la fácil incorporación de los iones de tierras raras en los cristales de fluoruro, que aumenta la intensidad de la emisión óptica. Se han preparado materiales con diferentes fases de fluoruro (NaLaF_4 , KLaF_4 , NaYF_4) en el sistema $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Na}_2\text{O-K}_2\text{O-LaF}_3\text{/YF}_3\text{/LuF}_3$, avanzando en el estudio de la estructura de los materiales, los entornos de coordinación de los dopantes y su difusión desde la matriz vítrea a los cristales de fluoruro, a través de RMN, DRX, XANES y EXAFS con radiación sincrotrón y microscopía electrónica de alta resolución (De Pablos, 2012).

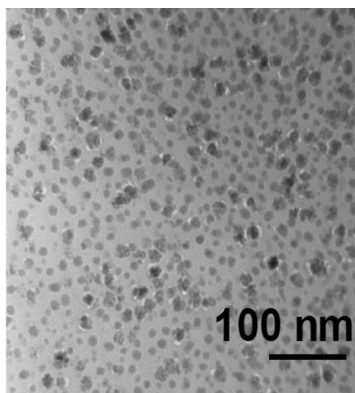
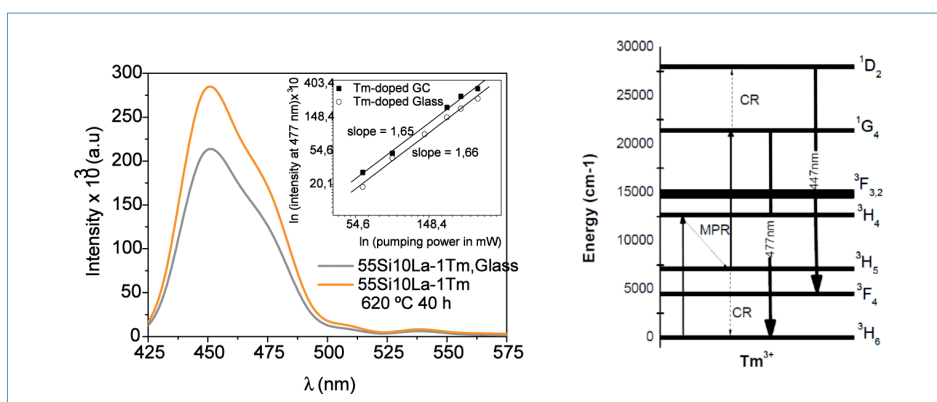


Figura 3. Imagen TEM vitrocerámico 55Si-10La dopado con Tm obtenido a 620 °C/40 h. Nanocristales de LaF_3 .

Por otro lado, se han establecido diversas colaboraciones con centros italianos, alemanes y españoles (OSI-Jena, IWM-Halle, CNR-Florence) (Bhattacharyya, S., *et al.* 2009. *J. Crystal Growth*, 311: 4350; De Pablos-Martín, A., *et al.* 2010. *J. Non-Cryst. Solids*, 356: 3071; De Pablos-Martín, A., *et al.* 2010. *Optical Materials*, 33: 180; De Pablos-Martín, A., *et al.* 2012. *Int. Materials Review*, 57: 165).

En la actualidad, se ha extendido el estudio de estos materiales para prepararlos por sol-gel, tanto en forma de materiales masivos como en capa para aplicaciones que incluyen dispositivos fotónicos, células solares, telecomunicaciones y biomedicina.



Figuras 4. (a) Espectro *up-conversion* de vidrio y vitrocerámico dopados con 1%mol Tm_2O_3 bajo excitación a 790 nm. El doble logaritmo de la intensidad en función de la potencia de bombeo aparece en la figura interior. (b) Diagrama de niveles de energía del ión Tm^{3+} mostrando el mecanismo de *up-conversion*.

Ahorro energético e investigación industrial

El ahorro energético es una necesidad esencial en los procesos industriales intensivos en energía, incluyendo la fusión de vidrios. Existe una estrecha y continua colaboración con productores de vidrio con el objetivo de aumentar la eficiencia de los procesos de fusión por diferentes rutas. En particular se han estudiado pequeños cambios de la composición capaces de disminuir la temperatura de fusión a la vez que se mantienen o mejoran otras propiedades, como las químicas, ópticas y térmicas. Por otro lado, se ha trabajado en el diseño de hornos de fusión de vidrios y de fritas de alta eficiencia energética y medioambiental, mejorando su rendimiento energético y la calidad final de los productos (Durán, A., *et al.*, patente española N° P200301984. PCT/ES2004/000274; publicación internacional WO 2005/016836 A1). Se analizan en particular los sistemas de combustión, afinado, control de temperatura y emisiones, etc. La colaboración con las empresas se establece en general a través de proyectos de investigación del CDTI.

Otro tema relevante ha sido el estudio de materias primas adecuadas para la producción de vidrios industriales, en el cual se desarrolló la tesis doctoral de Rafael Jordán Hernández, en colaboración con la Universidad de La Habana, Cuba, dentro del proyecto CYTED VIII-E.

También se han desarrollado vidrios con actividad biocida, para la prevención de la Legionella, basados en la incorporación de distintos pares redox, especialmente Ag, Cu y Mn, y recubrimientos fungicidas para teselas de vidrio.

El asesoramiento en la elaboración de la *Guía sobre las mejores técnicas disponibles el sector del vidrio* y el informe IPPC sobre nivel de emisiones y tecnologías utilizadas en los sectores de fabricación de vidrio y de fritas, las jornadas sobre *Control de emisiones en el sector del vidrio*, o los informes técnicos para justificar la exención de los envases de vidrio en el registro REACH, o sobre la ausencia de bisfenol A en los biberones de vidrio son ejemplos del contacto continuo con la industria vidriera nacional.

Recubrimientos y membranas preparadas por sol-gel

Recubrimientos anticorrosivos y funcionales sobre metales y aleaciones

La corrosión es un problema clave que afecta a todos los metales en su amplio campo de aplicaciones. Se han elaborado diversas soluciones para proteger metales, desde el acero inoxidable a los aceros al carbón y aleaciones ligeras de Al o Mg. Los recubrimientos inorgánicos e híbridos producidos por sol-gel actúan como barreras contra la corrosión; cuando se incluyen inhibidores de la corrosión se alcanzan buenos comportamientos que aumentan las posibilidades de utilización de aleaciones de bajo precio y baja densidad.

En 1990 apareció la primera publicación sobre protección anticorrosiva de metales mediante capas sol-gel como un trabajo de colaboración del Departamento de Vidrios y la Universidad Nacional de Rosario, Argentina (De Sanctis, 1993; Pellegrini, 1994) (De Sanctis, O., *et al.* 1990. *J. Non-Cryst. Solids*, 121: 338; Durán, A., *et al.* 1990. *J. Non-Cryst. Solids*, 121: 315). Estas capas se utilizaron para la protección de espejos de primera superficie (Morales, A., *et al.* 1997. *Sol-gel Sci. Techn.*, 8: 451) dando lugar a una patente (Morales, A., *et al.*, patente de invención CSIC-CIEMAT. PCT/ES95/00155). Esta experiencia se extendió en 1994 a la protección contra la oxidación de materiales compuestos de C/SiC en el marco del proyecto CE-BRITE 7059/93 (BRE-CT94-0907 "Integrated Oxidation Protection of Ceramic Matrix Composites (IOPCMC)"). El objetivo era el desarrollo de un sistema de protección que combinase la infiltración del sustrato cerámico con un sistema multicapa con propiedades antioxidantes complementarias. Nuestro grupo diseñó un proceso de infiltración de la porosidad residual de los sustratos de C/SiC con soles de sílice. Por otro lado se prepararon recubrimientos gruesos de SiO_2 , $\text{SiO}_2\text{-B}_2\text{O}_3$ y $\text{SiO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3$ por sol-gel y suspensiones coloidales de óxidos (Aparicio, 1998) (Aparicio, M., *et al.* 2000. *J. Am. Ceram. Soc.* 83: 1351).

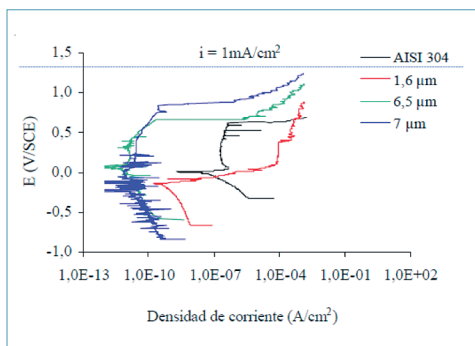


Figura 5. Curvas de polarización de recubrimientos preparados por EPD a partir NaSi 188 g/l en función del espesor.

La línea se afianzó con la concesión en 1998 del Proyecto Europeo BE97-5111 SURFPROTECT “High Performance Protection with Sol-Gel Coatings on Metals and Enamels”, que abordó la preparación y caracterización de recubrimientos protectores sobre metales (aceros inoxidable) producidos por sol-gel mediante la técnica de inmersión y EPD y su caracterización a través de técnicas electroquímicas. En particular se estudió la preparación de soles particulados en medio básico y suspensiones sol-gel sintetizadas en medio ácido (Castro, 2003) (Castro, Y., *et al.* 2002. *Adv. Mater.* 14: 505).

Dentro de esta línea de investigación y en el marco del Proyecto de Cooperación CYTED VIII. Red Iberoamericana sobre Ciencia y Tecnología de Materiales Vítreos (diez países, diecisiete centros y compañías), se inició el diseño y preparación de capas protectoras con funcionalidad bioactiva sobre diversos sustratos metálicos para su uso en prótesis ortopédicas (Gallardo, J., *et al.* 2001. *J. Sol-gel Sci. Techn.*, 21: 65; Conde, A., *et al.* 2004. *J. Mater. Chem.*, 14: 282). En este tema se desarrolló una tesis doctoral (García 2004), realizada en colaboración con el INTEMA de Mar del Plata, Argentina y la Universidad Nacional de Colombia en Medellín. Otras tesis doctorales (Pellice, 2005, y Pepe, 2008),



Figura 6. Histología de la tibia y desarrollo vascular sobre acero inoxidable 316L recubierto con una de doble capa con 10% en peso de vitrocerámico.

ambas enmarcadas en el proyecto CYTED, fueron también fruto de la colaboración con el INTEMA (Pepe, A., *et al.* 2004. *J. Non-Cryst. Solids*, 348: 162; Pellice, S., *et al.* 2006 *J. Mat. Chem.*, 16: 3318).

El Proyecto IP-FP6-2003-NMP-NI-3 (011783) “Advanced environmentally friendly multifunctional corrosion protection by nanotechnology (MULTIPROTECT)”, 2005-2009, avanzó en el desarrollo de recubrimientos activos sobre aleaciones ligeras, básicamente de aluminio. En este caso se trabajó en recubrimientos con inhibidores de corrosión, para sustituir las capas de cromato, muy eficientes pero prohibidas por su fuerte toxicidad. Se prepararon recubrimientos híbridos orgánicos-inorgánicos incorporando Ce como inhibidor, y también recubrimientos vítreos de cerio puro, estudiando su comportamiento electroquímico. Los resultados demostraron el deseado efecto autocurado (*self-healing*), convirtiendo a los recubrimientos de cerio en una alternativa ambientalmente aceptable para sustituir a los recubrimientos de Cr(VI) (Rosero, 2011). El proyecto dio lugar a una patente (Rosero-Navarro, C., *et al.*, patente española P200930982, patente PCT: PCTES2010070726) y varias publicaciones (Durán, A., *et al.* 2007. *Int. Mat. Review*, 52: 175; Castro, Y., *et al.* 2008. *Electrochimica Acta*, 53: 6008; Rosero-Navarro, N. C., *et al.* 2011. *Surface & Coatings Technology*, 206: 257; Rosero-Navarro, N. C., *et al.* 2008. *Corr. Sci.*, 50: 1283; López, D., *et al.* 2008. *Surface & Coatings Technology*, 202: 2194).

El Proyecto Europeo “Eco-friendly corrosion protecting coating of aluminium and magnesium alloys” (ECO/12/333104/ECOPROT), aprobado en 2013, plantea el escalado de estos recubrimientos vítreos de cerio a un sistema industrial de inmersión en baños, aplicados sobre aleaciones de aluminio y magnesio para su comercialización en los campos aeroespacial, automóvil y defensa. En él realiza su tesis doctoral Yhasmin Reyes Alcoreza.

Esta línea de investigación es otro ejemplo de la evolución temática durante veinticinco años en el campo de la protección de metales y materiales compuestos, mediante capas producidas por sol-gel, un campo en el cual el grupo GlaSS es referencia internacional.

Recubrimientos mesoporosos y mesoestructurados con funcionalidad fotocatalítica y bactericida

El diseño y desarrollo de nuevos materiales mesoporosos y mesoestructurados con distribución periódica de poros de tamaño uniforme es uno de los campos más dinámicos en la investigación de recubrimientos fotocatalíticos y bactericidas. La estructura de la porosidad (interconectividad, orientación, distribución de tamaño de poro y porosidad total) juega un papel esencial en el diseño y comportamiento de los materiales, donde el control de los parámetros de síntesis aparece como un factor clave.

Esta línea de trabajo se abrió en 2006, tras la estancia posdoctoral de M.^a Yolanda Castro Martín en la Universidad Pierre et Marie Curie de París, centro pionero a nivel

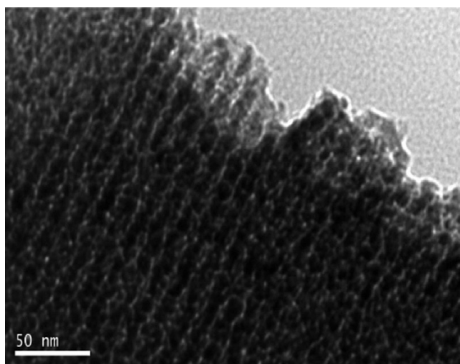


Figura 7. Microscopía electrónica de trasmisión de un recubrimiento mesoestructurado de TiO_2 .

mundial en el desarrollo de materiales mesoestructurados por sol-gel. Se planteó el estudio de materiales mesoestructurados de distinta naturaleza, con tamaño y porosidad controlada, combinando el procesamiento sol-gel con el uso de agentes generadores de porosidad (Castro, Y., *et al.* 2007. *Microporous & Mesoporous Materials*, 103: 273; Castro, Y., *et al.* 2007. *Nanotechnology*, 18: 055705). Entre las aplicaciones desarrolladas destacan los recubrimientos porosos de TiO_2 , para aplicaciones fotocatalíticas y las membranas para aplicaciones en PEMFC.

El proyecto coordinado por la CAM, “Desarrollo de un nuevo sistema de eliminación de compuestos tóxicos y corrosivos en aire, generados en depuradoras de aguas residuales DETOX-H₂S” (2006-2009), liderado por CIEMAT, planteaba el desarrollo de nuevos materiales fotocatalíticos base TiO_2 sobre sustratos transparentes a la radiación UV para su aplicación en plantas de saneamiento de aguas residuales con objeto de neutralizar los malos olores provenientes de las emisiones de gases sulfurados. Se prepararon recubrimientos

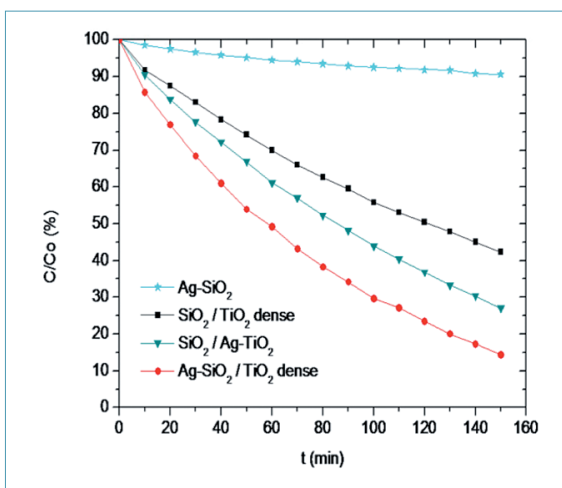


Figura 8. Degradación fotocatalítica de Naranja de Metilo de recubrimientos densos y porosos de $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ dopados con nanopartículas de Ag.

mesoorganizados de TiO_2 con elevada superficie específica, facilitando el contacto entre las especies a eliminar y el catalizador, aumentando así la capacidad fotocatalítica (Arconada, 2012) (Suárez, S., *et al.* 2011, *Applied Catalysis B-Environ*, 108: 14; Arconada, N., *et al.* 2009, *Applied Catalysis B-Environ*, 86: 1).

La adición de nanopartículas de Ag metálica exalta la eficiencia fotocatalítica a la vez que confiere propiedades bactericidas a estos recubrimientos, una línea desarrollada en colaboración con la Universidad Nacional de Rosario.

Membranas inorgánicas e híbridas para pilas de combustible de intercambio protónico (PEMFC)

Esta línea de investigación se abrió en 2002 en el ICV, tras la estancia posdoctoral de Mario Aparicio en la Universidad de Rutgers (EE. UU.) entre 1999 y 2001, donde se prepararon y caracterizaron membranas híbridas orgánico-inorgánicas basadas en Nafion y en soluciones sol-gel del sistema $\text{SiO}_2\text{-P}_2\text{O}_5\text{-ZrO}_2$ (Aparicio, M., *et al.* 2005. *J. Electrochem. Soc.*, 152: A493; Klein, L. C., *et al.* 2005. *Polymer*, 46: 4504).

Posteriormente, ya en el ICV, el trabajo de investigación se centró en el desarrollo de nuevas membranas inorgánicas e híbridas orgánico-inorgánicas para pilas de combustible de intercambio protónico (PEMFC) capaces de trabajar a temperaturas superiores a 100°C , con el fin de superar algunas de las barreras que impiden la comercialización de esta tecnología (Aparicio, M., *et al.* 2005. *Solid State Ionics*, 176: 333). En esta línea se abordó una tesis doctoral (Mosa, 2008), centrada en el diseño y fabricación de electrolitos en forma de membranas autoportadas y de capas a partir de soluciones sol-gel, obtenidas mediante inmersión y pulverización automatizada, que permite conseguir recubrimientos homogéneos en espesor sobre superficies relativamente grandes (Aparicio, M., *et al.* 2005. *J. Power Sources*, 145: 231). Asimismo, se desarrollaron membranas inorgánicas con elevada conductividad protónica a 130°C en condiciones restrictivas de humedad relativa en colaboración con IMRA Europe (Mosa, J., *et al.* 2008. *J. Membrane Science*, 307: 21).

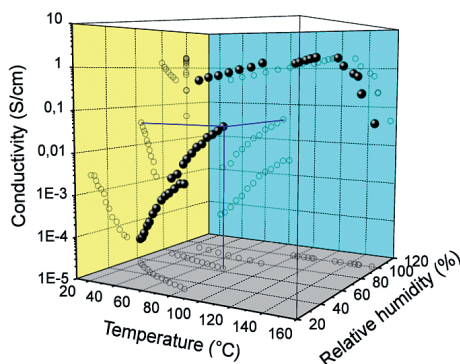


Figura 9. Conductividad iónica de membranas híbridas preparadas a partir de tetraetil ortosilicato, 3-metacriloxipropil trimetoxisilano, metacrilato de 2-hidroxietilo y estireno.

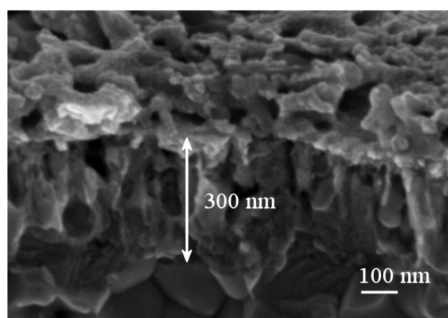


Figura 10. Micrografía SEM del corte transversal de un recubrimiento mesoestructurado de LiFePO_4 tratado a 760°C .

Electrodos y electrolitos para baterías de ion Li

Esta línea, derivada de la anterior de membranas para PEMFC, se abrió en 2009 y está enfocada al desarrollo de electrodos cristalinos (ánodos y cátodos) y electrolitos sólidos de naturaleza híbrida orgánico-inorgánica para su aplicación en microbaterías de ión litio. El trabajo se ha realizado en colaboración con la Universidad de Osaka (Japón), en el marco del proyecto internacional de colaboración España-Japón (“Development of new electrolyte and electrode materials for all-solid-state thin film lithium batteries through solution process” PLE2009-0074) en el que John Fredy Vélez está finalizando su tesis doctoral.

Se han preparado ánodos de la espinela $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$, ideal para aplicaciones de larga duración con elevado número de ciclos gracias a su cambio de volumen prácticamente nulo durante el ciclado. El fosfato de hierro y litio (LiFePO_4) se estudia como cátodo por su bajo coste y por ser un material medioambientalmente aceptable. La incorporación de porosidad controlada en la estructura ha sido un factor crucial para alcanzar una elevada capacidad y estabilidad dimensional. Por último, se estudian electrolitos sólidos híbridos orgánico-inorgánicos obtenidos por combinación de precursores sol-gel y polímeros en sustitución de los actuales electrolitos líquidos, un factor fundamental para aumentar la seguridad y favorecer su aplicación en vehículos eléctricos (Mosa, J., *et al.* 2012. *J. Power Sources*, 205: 491; Mosa, J., *et al.* 2014. *J. Mater. Chem.*, A 2: 3038).

Grupo ELAMAT: Materiales Cerámicos y Vítreos para Aplicaciones Electroquímicas

El objetivo de este grupo de investigación es el estudio de materiales tanto vítreos como policristalinos que presentan propiedades de conductividad electrónica, protónica, aniónica y mixta para aplicaciones en el campo de la energía y el medio ambiente, especialmente en el área de pilas de combustible, en el cual se colabora a través de contratos con

la industria. El grupo aborda la síntesis y estudio, estructural, topográfico, químico, eléctrico y electroquímico de materiales nuevos y convencionales, en forma monolítica o como película delgada o gruesa, para diferentes aplicaciones.

En 2004 se inició una sublínea de investigación para el uso de materiales con propiedades electroquímicas en biomedicina. Con este objetivo se han establecido varias colaboraciones nacionales e internacionales para la síntesis y caracterización de materiales capaces de reducir los procesos inflamatorios que tienen lugar en diferentes patologías, como la degeneración macular o la adherencia, supervivencia y crecimiento neuronal.

Desarrollo de materiales para pilas de combustible de óxido sólido (SOFC) y membranas cerámicas de separación de gas

Desde la incorporación de José Ramón Jurado al Departamento de Vidrios, se han estudiado los materiales de conducción de iones oxígeno para pilas de combustible de óxido sólido. Esta línea de investigación aborda el diseño y la preparación de electrolitos cerámicos basados en conductores iónicos de oxígeno y protones para SOFC, PCFC (*protonic ceramic fuel cells*) y SOEC (*solid oxide electrolyser cells*) (Pérez-Coll, D., *et al.* 2010. *Solid State Ionics*, 181:

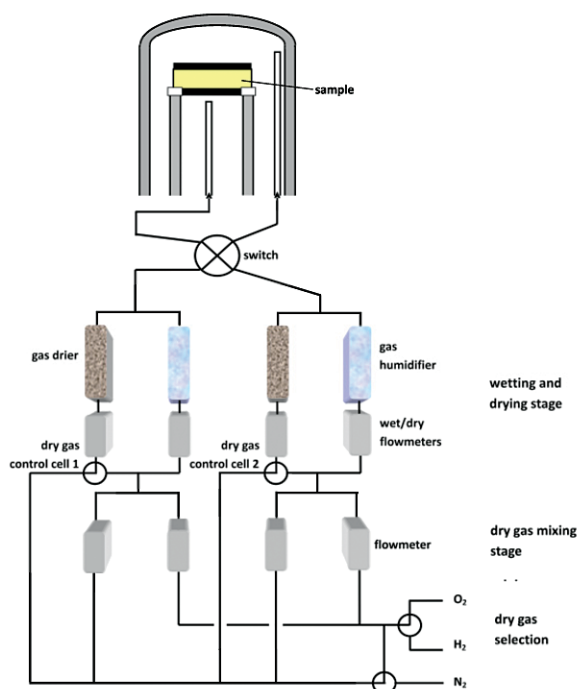


Figura 11. Diagrama del montaje experimental para la determinación del número de transporte protónico a través del método de fuerza electromotriz.

20; Chinarro, E., *et al.* 2007. *J. Eur. Ceram. Soc.* 27: 3619). También son objeto de estudio los materiales cerámicos de conducción mixta iónica-electrónica para membranas de separación de gases y para electrodos de las SOFCs y PCFCs (Chinarro, E., *et al.* 2003. *Solid State Ionics*, 160: 161; Mather, G. C., *et al.* 2007. *Adv. Funct. Mater.*, 17: 905).

El estudio de los materiales cerámicos de conducción protónica empezó con la participación en el proyecto de la UE “Investigation of solid state proton conductors of relevance to fuel processing and energy conversion applications” (HPRN-CT-2000-00042) en 2000. Desde entonces este tema ha sido apoyado por varios proyectos nacionales e internacionales (proyecto de la UE, ROBANODE (FCH-JU-2008-1 N° 245355), así como redes internacionales (ESF, British Council, Royal Society, etc.).

El grupo cuenta con uno de los laboratorios más completos del país para el estudio de los materiales de conducción iónica. Se realizan ensayos de espectroscopia de impedancia, permeabilidad, titulación coulométrica, *ion-blocking* y medidas de fuerza electromotriz. Este último equipamiento es único en España y permite medir el número de transporte de protones. El grupo ha desarrollado sucesivas mejoras en el desarrollo y aplicación de la técnica (Pérez-Coll, D., *et al.*, *J. Power Sources*, 245: 445).

El grupo también estudia materiales nanocerámicos con posibles aplicaciones en dispositivos electroquímicos, empleando la sinterización por pulsos eléctricos para obtener cerámicos densos con tamaño de partícula entre 50-100 nm. Recientemente se ha estudiado el rol de los protones superficiales en la conducción protónica a baja temperatura en los electrolitos nanocerámicos (Tandé, C., *et al.* 2012. *J. Mater. Chem.*, 22: 11208).

Dentro del tema de conductores iónicos se llevan a cabo varias colaboraciones con grupos nacionales e internacionales, entre los cuales destacan estudios de simulación atomística de los defectos en colaboración con el profesor M. S. Islam, Universidad de Bath (Mather, G. C., *et al.* 2005. *Chem. Mater.*, 17: 1736; Mather, G.C., *et al.* 2010. *Chem.*

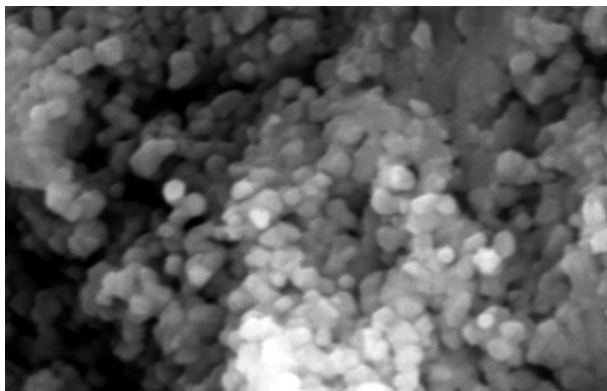


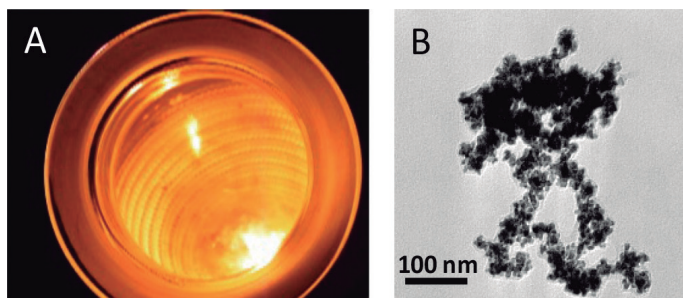
Figura 12. Micrografía electrónica de barrido de una superficie de una fractura de YSZ nanométrico.

Mater., 22: 5912) y el desarrollo de capas delgadas para SOFC (Pérez-Coll, D., *et al.* 2014. *J. Mater. Chem.*, A: 7410). Se han desarrollado métodos de procesamiento de componentes para SOFC dentro del Proyecto UE ROBANODE (FCH-JU-2008-1 N° 245355).

Otro aspecto relevante es el estudio de materiales con propiedades electrónicas con aplicaciones como electrodos de aire para pilas de combustible y electrolizadores de óxidos sólidos, un campo en el cual se colabora con universidades nacionales (UCM, CEU San Pablo) e internacionales (Imperial College de Londres) (Aguadero, A., *et al.* 2010. *Chem. Mater.*, 22: 789; Aguadero, A., *et al.* 2012. *Chem. Mater.*, 24: 2655). También se analizan las componentes electrónicas minoritarias que afectan al rendimiento de los materiales iónicos.

Diseño y fabricación de componentes para pilas de combustible de membrana polimérica (PEMFC)

En 1999 el grupo ELAMAT comenzó a trabajar en pilas de combustible de membrana de intercambio protónico en el marco de un Proyecto Europeo JOULE, “Development on Low Temperature Fuel Cell with Methanol as Fuel Option” (JOE3-CT97-0049). Comenzó desarrollando métodos de síntesis, en particular la combustión (Moreno, B., *et al.* 2010. *J. Physical Chemistry*, C 114: 4251), la vía sol-gel y vía cerámica convencional, para la preparación de electrocatalizadores convencionales basados en Pt y otros alternativos como trimetálicos y/o cermetes de Pt, dentro del Proyecto UE “Advanced PEM Fuel Cells (APOLLON)” (ENK5-CT-2001-00572). Estos catalizadores presentan características y propiedades adecuadas para formar parte de los electrodos de las pilas de combustible, como alta superficie específica, tamaño de partícula nanométrico y dispersión homogénea de los centros activos (Chinarro, 2003; Moreno, 2006) (Moreno, B., *et al.* 2007. *J. Power Sources*, 169: 98; Correa, P. D., *et al.* 2012. *Int. J. Hydrogen Energy*, 37: 9314).



Figuras 13. A. Fotografía de una síntesis por combustión. B. Imagen de TEM de un catalizador nanoparticulado de composición $\text{Pt}_{0.6}\text{Ru}_{0.3}\text{Ni}_{0.1}$ obtenido por combustión.

Dentro de esta línea de investigación y financiado mediante programas nacionales, se ha llevado a cabo la síntesis de electrolitos inorgánicos e híbridos orgánico-inorgánico conductores protónicos para PEMFC, y su caracterización estructural y morfológica. Estos electrolitos híbridos presentaban conductividades competitivas con la solución tecnológica comercial, dando lugar a la patente europea (PCT/ES2008/070127). El grupo cuenta con un laboratorio completo que incluye la Espectroscopía de Impedancia Compleja adaptada al estudio del comportamiento electroquímico de componentes y en la diagnosis de la celda (Hombrados, A. G., *et al.* 2005. *J. Power Sources*, 151: 25). También se ha desarrollado un método de preparación de ensamblajes electrodo-membrana (MEA), componente esencial en las pilas de combustible, dando lugar a una patente (ES 2 209 657) y a dos contratos de transferencia tecnológica con la empresa AJUSA, S. A.

En los últimos años el grupo ha sintetizado catalizadores y electrolitos para su aplicación en PEMFC de alta temperatura (120-150 °C), con grandes ventajas en cuanto a rendimientos catalíticos y electroquímicos. Dentro del proyecto de la UE “Polymer Electrolytes and Non Noble Metal Electrocatalysts for High Temperature PEM Fuel Cells (APOLLON B)” (NMP3-CT-033228) se ha propuesto el uso de perovskitas y nitruros de elementos de transición como nuevos catalizadores capaces de sustituir al Pt (Villaseca, 2012).

El grupo lleva trabajando en la síntesis por combustión más de diez años, optimizando dicho método para conseguir alta reproducibilidad y control de las variables. Con este método de síntesis se preparan materiales cerámicos y metal/cerámicos de alta superficie específica y tamaño de partícula nanométrico para usos muy diversos: electrocatalizadores, capas catalíticas para membranas separadoras de gases y para la oxidación parcial de hidrocarburos, materiales dieléctricos destinados a fusión nuclear y materiales bioactivos para crecimiento neuronal.

Además de las dos líneas principales de trabajo, el grupo aborda otras de gran interés; entre las destacan la preparación de materiales basados en alúmina y fosfatos para ser utilizados en fusión nuclear por su alta capacidad para absorber la radiación.

Materiales con propiedades electroquímicas para su aplicación en biomedicina

Esta línea se abrió con las estancias posdoctorales de Eva Chinarro y Berta Moreno. Se han desarrollado materiales biocompatibles como electrodos para estimular y orientar el crecimiento neuronal en una lesión en el sistema nervioso central (Canillas, 2012) (Carballo-Vila, M., *et al.* 2009. *J. Biomedical Materials Research Part, A* 90: 94). Esta línea de trabajo cuenta con la colaboración de instituciones nacionales (como el Hospital

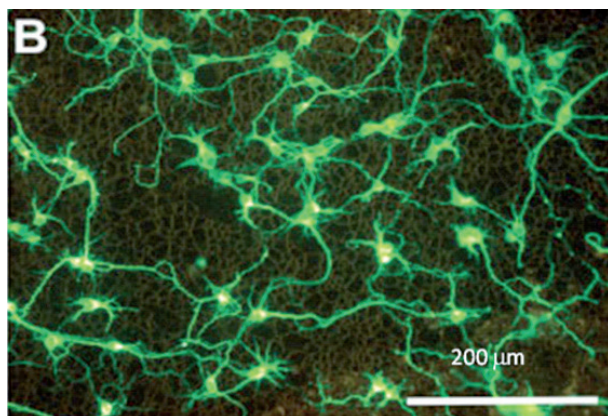


Figura 14. Microscopía confocal de un cultivo de neuronas E14 a 4DIV sobre discos de TiO_2 sinterizados en aire a 1400 °C durante 4h. Tinción de Inmunohistoquímica anti-Ha-FITC Anti-Ha-Cy5.

Nacional de Paraplégicos de Toledo) e internacionales (como el Instituto de Engenharia Biomédica [INEB] de Portugal o la Universidad de Aberdeen de Reino Unido), desarrollada en el marco de varios proyectos nacionales e internacionales (Development of a Bioelectrochemical Device for CNS Repair (NERBIOS), NEST/STREP (FP6), 028473-2) (Canillas, M., *et al.* 2013. *J. Mater. Chem. B* 1: 6459). También se ha trabajado en el tratamiento de neoplasias mediante el uso de partículas fotocatalíticas (Elvira, G., *et al.* 2012. *J. Biomaterials Applications*, 26: 1069). Además se ha trabajado en las propiedades de eliminación de especies radicales responsables de los procesos inflamatorios responsables de la progresión de algunas enfermedades (degeneración macular) o del fallo de un material implantado (Biomaterials for modulation of inflammation that causes Age Related Macular Degeneration (BIOAMD), FGCSIC, Envejecimiento Cero) con colaboración internacional (INEB, Universidad de Pisa) demostrando que los materiales basados en óxidos de titanio son capaces de eliminar especies radicales generadas por células proinflamatorias, controlando su concentración y, por lo tanto, la respuesta inflamatoria.

Mario Aparicio Ambrós

Jefe del Departamento de Vidrios

Unidades de Servicio



Laboratorio de Análisis Químico

La necesidad de crear un Laboratorio de Análisis Químico (LAQ) se planteó desde el inicio de la fundación del ICV debido a que el centro nació con vocación de investigación aplicada, lo que algunos años después se conocería como I+D. Por eso se buscó la relación con la industria del sector ofreciéndole una base científica que la mayoría de las empresas no poseían, ni existía hasta entonces en España; para todo ello, una de las primeras etapas que había que cubrir era estar en disposición de conocer muy bien la composición química y la microestructura de los materiales cerámicos, vidrios y sus materias primas, con los que se estaba trabajando para nuevos diseños o de los que ya estaban en el mercado. La incorporación al ICV en el año 1968 de Francisco José Valle Fuentes, químico “enamorado del análisis”, confirió al LAQ su identidad propia, siempre con gran apoyo de la dirección del centro y muy especialmente de Antonio García Verduch que veía en el laboratorio una buena carta de presentación para mostrar a los empresarios y facilitar su acercamiento.

Los primeros análisis químicos se realizaban utilizando principalmente, como fuente bibliográfica, los libros *L'Analyse des silicates*, de I. A. Voinovitch (Edit. Hermann, París, 1962), y *Chemical methods of silicate analysis*, de H. Bennet y R. A. Reed (Edit. British Ceramic Research Association), y las escasas Normas Internacionales ASTM o BS que existían para este tipo de materiales. Más adelante, en España se elaboraron también normas UNE para este campo, siendo M.^a Flora Barba Martín-Sonseca quien participó en los comités técnicos correspondientes en nombre del ICV-CSIC.

El LAQ estaba equipado solo con el material de laboratorio más clásico e imprescindible y dos técnicas instrumentales: un fotocolorímetro, con el que se determinaba titanio, hierro y manganeso fundamentalmente, y un espectrofotómetro de llama para analizar

elementos alcalinos (Li, Na y K); en ambos casos se seleccionaban las longitudes de onda por medio de filtros coloreados. Hay que hacer especial mención del material de platino (crisoles y cápsulas) y los mecheros tipo Meker necesarios para poner en disolución las muestras, paso imprescindible para su posterior análisis por la mayoría de las técnicas; a lo largo de los años, las investigaciones que se fueron realizando en el LAQ en este sentido se pueden considerar uno de los logros más preciados, un *know how* que nos diferenció de cualquier otro laboratorio. Estas metodologías de disolución, junto con otras de análisis, se fueron desarrollando en las distintas tesis doctorales llevadas a cabo en el LAQ: *Nuevas sistemáticas para el análisis completo de materiales refractarios. Elementos clave* (Barba, 1986), *Estudio analítico, por espectrometría de emisión de plasma de acoplamiento inductivo, de materiales cerámicos avanzados con matrices de circonita y titanato* (Fariñas, 1990) y *Caracterización analítica y microanalítica de materiales cerámicos no óxidos* (Martínez, 1993).

El primer espectrómetro de absorción atómica de llama (AA) llegó en 1972, lo cual facilitó y aligeró mucho los análisis; el primer equipo de espectrometría de emisión atómica de plasma de acoplamiento inductivo (ICP-AES/OES) en 1985 y la fluorescencia de rayos X (FRX) se montó en la tercera sede del ICV, Cantoblanco, en el año 2002; con este espectrómetro de FRX se ha preparado un programa que permite analizar semicuantitativamente, pero con un grado de aproximación casi cuantitativo, materiales silicoaluminosos desde mayoritarios a trazas. Conviene añadir que el LAQ además cuenta con pequeño equipamiento como analizador con electrodos selectivos para F, Cl y pH, y otras técnicas que pertenecen a otras unidades como analizador de C, N, S y O.

Hay que reconocer que el LAQ vivió su edad de oro de 1985 a 2002, dando un gran salto cualitativo y proyectándose internacionalmente. A esto contribuyeron varios factores: a) el LAQ estuvo adscrito en ese periodo a la unidad de investigación/departamento



Figuras 1. a) Sala de preparación de muestras y patrones. b) Sala de espectrometría de fluorescencia de rayos X.

Métodos Físicoquímicos creada a raíz de la reestructuración del ICV, lo que facilitó su financiación mediante proyectos de investigación estatal y de la Comunidad de Madrid; b) surgieron importantes contratos con la industria que estaba en plena expansión y auge económico, y c) muy importante, había una gran cantidad de conocimientos científicos acumulados fruto de los desarrollos de los primeros años que se unieron con las posibilidades que brindaba la entonces novedosa técnica de ICP-OES.

El LAQ ha ejercido también una función docente, preparando a técnicos de distintas empresas u organismos estatales.

Han sido muchos los técnicos de laboratorio que, además de las personas nombradas, han contribuido a lo largo del tiempo con su esfuerzo diario al estado de conocimiento actual del LAQ. En los primeros años Francisco Álvarez y M.^a Jesús Mancha, se sumó luego M.^a Pilar Díaz, por más corto espacio de tiempo Javier Ibarra y José Manuel López Sevillano, les siguieron Bartolomé Piñeiro, M.^a Ángeles Arranz hasta su jubilación en 2012, coetáneas de ella son M.^a Pilar Ortega que sigue actualmente junto a M.^a José Velasco en el LAQ, dos años estuvo Mariano Marletta y quedan por nombrar tres personas que trabajaron arduamente además en poner los cimientos para poder conseguir el Certificado de Calidad, son César de Pablos, Rebeca Rivero y Andrés Rojas; desde 2002 el LAQ está incluido en la Red de Laboratorios de la Comunidad de Madrid por aplicar Buenas Prácticas de Laboratorio y ofrecer trazabilidad de sus datos.

En la actualidad el LAQ posee los conocimientos y tiene puestas a punto todas las técnicas necesarias para realizar un buen análisis químico de cualquier material o materia prima del campo de la cerámica y el vidrio.

Asistencia Técnica a la Industria

La Unidad de Servicio de Asistencia Técnica a la Industria (ATI) viene existiendo en el Instituto de Cerámica y Vidrio prácticamente desde su creación, dada la política del Patronato “Juan de la Cierva” de que todos sus Institutos estaban obligados a atender las peticiones de la industria. En sus orígenes se llamaba Ensayos y Trabajos para la Industria y, coloquialmente, “Trabajos de la calle”.

La Unidad de Servicio funciona como una actividad paralela a la investigación propiamente dicha del centro. Dicha actividad, a nivel organizativo, ha ido cambiando con el paso del tiempo. En sus comienzos, la responsabilidad recaía en el personal investigador que rotaba cada uno o dos años. Posteriormente se decidió que el responsable fuera una persona fija dedicada casi en exclusividad a dicha función y, lógicamente, con la colaboración del resto de personal del ICV. El primer equipo fijo directivo que se creó estaba formado por Luis del Olmo, Francisco Morales y Francisco Capel, posteriormente con la

marcha de Luis del Olmo del centro a otro instituto del CSIC. La Unidad de Servicio estuvo dirigido por F. Morales y a partir del año 2002 por F. Capel hasta 2013, año de su jubilación. A partir de esa fecha la unidad está dirigida por Fausto Rubio.

El objetivo fundamental de esta unidad es colaborar, por un lado, con los sectores industriales de cerámica y vidrio en la resolución de problemas que se presentan en los procesos productivos; estudio de las patologías de los productos acabados, etc., y, por otro, con los laboratorios, centros tecnológicos y departamentos de investigación, incluidos los del ICV, en la caracterización y estudio de nuevos materiales. También se reproducen, a escala de laboratorio, determinados procesos industriales para la obtención del producto final con objeto de estudiar posibles mejoras en su fabricación. La caracterización tanto de las materias primas como del producto acabado mediante la aplicación de Normas Nacionales e Internacionales, UNE, EN, ISO, ASTM, BS, etc., ha sido una constante en la unidad, la cual cuenta con una base de datos informatizada con cerca de 800 normas relacionadas con los sectores de cerámica y vidrio actualizada y a disposición pública. En muchos casos, la resolución de un determinado problema con la industria ha derivado en proyecto de asesoramiento técnico o incluso en un proyecto de I+D. Las relaciones con otros departamentos de investigación, externos al centro, permiten ampliar el campo de acción del ICV, accediendo a otras técnicas e instalaciones complementarias a las existentes en el Instituto. De ahí que se haya convertido en un centro referente a la hora de resolver determinado tipo de problemas relacionados con los sectores de la cerámica y el vidrio. En la mayoría de los laboratorios nacionales, semejantes a la Unidad de Servicio de Asistencia Técnica, su labor está más enfocada al control de calidad de los materiales. De ahí que en algunas ocasiones se hayan recibido peticiones de carácter profesional por parte de dichos laboratorios tales como, CIDENCO (San Sebastián), AITEMIN (Toledo), CITAV (Madrid), ITC (Castellón), FUNDACIÓN ITMA (Asturias), INASMET (San Sebastián), etc.

Dentro de la unidad también se han realizado actividades de formación y asesoramiento de profesionales de la industria durante un periodo de tiempo de permanencia en la unidad para conocer alguna técnica o proceso a nivel de laboratorio o planta semipiloto.

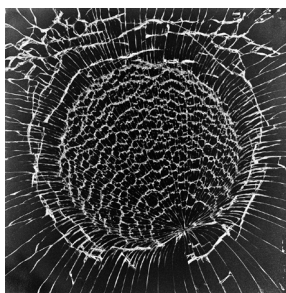
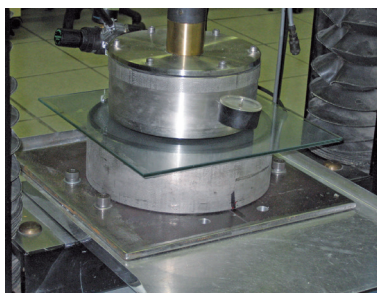


Figura 2. Determinación de la resistencia mecánica de un vidrio mediante el ensayo de “anillos concéntricos”. Morfología de la fractura.



Figura 3. Ensayo de resistencia a la radiación solar de baldosas cerámicas.

Dicha actividad se hace de forma regulada y mediante contratación con la empresa peticionaria y bajo la supervisión del personal adscrito a la unidad.

También se realizan peritaciones a petición de los correspondientes Juzgados de Instrucción Pública defendiendo los informes técnicos realizados en el centro para asesorar al Juez instructor correspondiente. El ICV ha estado presente en multitud de juicios sobre siniestros producidos en la industria y en alguna ocasión en casos de una gran repercusión social en donde se ha producido daño físico e incluso muerte.

Dada la aplicación masiva del vidrio estructural en el cerramiento de edificios, una de las patologías que, últimamente, se presentan con bastante frecuencia en la Unidad de Servicio es el análisis de las causas de rotura de vidrios templados por inclusiones de partículas de sulfuro de níquel.

El personal de la unidad ha participado activamente en la organización y presencia en ferias de la ciencia a nivel nacional como es la denominada “Semana de la Ciencia”, haciendo demostraciones de determinados ensayos técnicos.

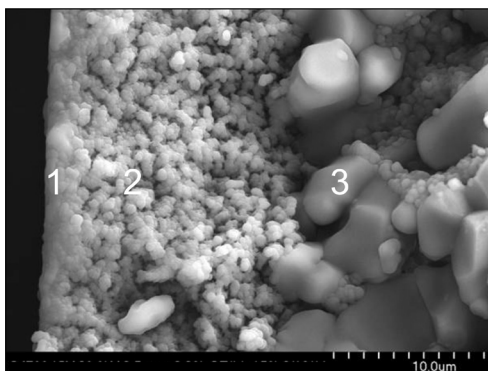


Figura 4. Caracterización de membranas de cerámicas semipermeables para filtros diésel: 1 capa funcional, 2 capa intermedia y 3 capa soporte.

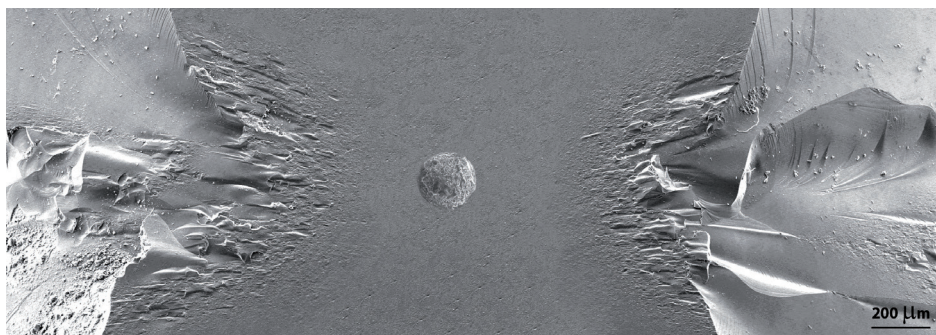


Figura 5. Sección transversal de la fractura que presenta un vidrio templado roto por inclusiones de partículas de sulfuro de níquel.

Durante la década de 1961-1971 se realizaron en el ICV (parte en el Departamento de Silicatos) un número superior a 600 informes técnicos¹. Y desde el año 1986 hasta 2013 se han realizado en el centro cerca de 2.911 informes cuyas copias están custodiadas a petición de las entidades solicitantes². Durante este periodo la media anual es ligeramente superior a 100 informes y hay que destacar que en 1998 se realizaron 169 informes técnicos y en el 2003 un total de 152.

En esta Unidad de Servicio han trabajado muchas personas a lo largo del tiempo como son, entre otras, Andrés Braojos, José Manuel López, Luis Tomás García, Pedro Cubero, Fernando Priego, María Cristina Guerrero, Rosa Navidad, M.^a Carmen López, Antonio Rodríguez, José Jiménez, M.^a Ángeles Caba y Carlos Gimeno.

Taller, Diseño y Mantenimiento

La Unidad de Servicio de Taller, Diseño y Mantenimiento se proyectó cuando el Instituto de Cerámica y Vidrio estaba en la sede de Serrano, pendiente de su traslado a la sede de Arganda del Rey. Se contrató a una persona titulada en Ingeniería Industrial, Francisco Capel, para que llevara a cabo el diseño de dicha unidad, así como la adquisición de todo el equipamiento y máquinas-herramientas que iban a formar parte de la misma. La idea de la Junta de Gobierno del ICV en aquella época era disponer de un equipo que, trabajando conjuntamente con el personal investigador, diseñara todos aquellos prototipos o dispositivos necesarios para llevar a cabo la determinación de algunas propiedades físicas, de los materiales de cerámica y vidrio que se investigaban

1 Patronato de investigación científica y técnica "Juan de la Cierva" 1945-1970, CSIC, Madrid 1971, p. 117.

2 Periodo de tiempo que está registrado en el ICV.



Figura 6. Equipo para determinar la impedancia compleja en materiales electrocerámicos.

en el centro y cuyo equipamiento no existía en el mercado. Posteriormente se llevaría cabo su construcción en el taller mecánico de nueva creación.

El primer horno eléctrico capaz de alcanzar 1.100 °C lo construyó Demetrio Álvarez-Estrada en la sede Serrano. También, antes del traslado del centro a la nueva sede de Arganda del Rey, se diseñaron algunos dispositivos de medida consistentes en dos viscosímetros, uno de caída de aguja y otro de caída de bola para vidrios y que se construyeron en los talleres del Instituto Rocasolano, bajo la supervisión de José María Fernández Navarro y Francisco Capel del Águila.

Entre los equipos/prototipos más importantes que se han construido en el ICV, a lo largo de todo este tiempo, podemos destacar los siguientes: hornos especiales eléctricos y de gas, sistemas de deposición de capas por sol-gel a velocidad controlada, equipo de *tape casting*, células de medida para propiedades eléctricas, molinos de



Figura 7. Horno para tratamientos térmicos en atmósfera controlada.

atracción, equipos para extrusión, cámaras secas para determinados tipos de ensayos, dispositivos especiales para ensayos mecánicos, etc. Varios equipos diseñados y contruidos en el ICV fueron motivo de publicaciones:

- Capel, F.; Del Olmo, L.; Moure, C. (1975), “Horno de prensado en caliente de doble efecto para bajas temperaturas”, *Bol. Soc. Esp. Cerám.*, 14 (1).
- Jiménez, J.; Jurado, J. R. (1992). “Diseño y fabricación de células portamuestras para la caracterización eléctrica de materiales”, *Bol. Soc. Esp. Cerám.* 31 (4).
- Jiménez, J.; Poyato, M.; Fernández, J. F. (1994). “Sistema de precisión para colado en cinta de materiales cerámicos avanzados”, *Bol. Soc. Esp. Cerám.*, 33 (1).

En esta unidad de servicio han trabajado varias personas a lo largo del tiempo como son, entre otras, Andrés de Frutos, Manuel Poyato, José Jiménez, Luis García y Francisco Hernández.

En la actualidad, el mercado ofrece una gran variedad de equipos y dispositivos para laboratorios de investigación y de ahí que la actividad de la Unidad de Servicio de Taller Diseño y Mantenimiento haya disminuido.

Servicio de Documentación

En el organigrama del ICV del año 1966, cuando el centro tenía su sede en la calle Serrano, aparece la biblioteca dependiendo directamente de Dirección y que estaba ubicada en una sala en donde también se daban cursos y se hacían reuniones de grupo. La responsable por aquella época de la biblioteca era Maite Priego. En la Junta de Instituto, oído el Claustro Científico (8 de junio de 1979) nombra como jefe del Servicio de Información, Documentación y Publicaciones a Ismael Jiménez.

La biblioteca del Instituto de Cerámica y Vidrio pertenece a la Red de Bibliotecas del CSIC dentro del Área de Ciencia y Tecnología de Materiales y cuenta con fondos especializados en materiales cerámicos y vidrios. Se trata de una biblioteca pública de investigación que da servicio fundamentalmente al personal científico y técnico del ICV, a otras bibliotecas del CSIC y a bibliotecas universitarias españolas y extranjeras de instituciones relacionadas con la ciencia y tecnología de materiales. También se puede acudir a la sede social del centro y hacer la consulta correspondiente de los diferentes temas de cerámica y vidrio.

Componen la colección más de 4.000 monografías y 491 títulos de revistas. En el año 1982, la Junta de Instituto hizo una primera revisión exhaustiva de todas las revistas dando de baja aquellas que no se consultan y de alta otras de mayor interés para lo cual se solicita

ampliar el crédito para su adquisición. Posteriormente se han ido haciendo nuevas revisiones y en la actualidad hay 62 vivas.

El número de tesis catalogadas supera las 200, de las cuales 161 han sido realizadas total o parcialmente en el ICV. Además en esta biblioteca se custodian y gestionan los fondos de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio (SECV), integrado por 253 títulos de revistas.

Dada su ubicación en Campus de Cantoblanco de la Universidad Autónoma de Madrid, hay una estrecha relación con la biblioteca y la hemeroteca de ciencias de dicha universidad. También mantiene una buena relación, con el Instituto de Tecnología Cerámica (ITC), instituto mixto concertado entre la Asociación de Investigación de las Industrias Cerámicas (AICE) y la Universitat Jaume I de Castellón (UJI).

Los servicios ofrecidos son los habituales de esta tipología de bibliotecas como muestra la Carta de Servicios de la Red de Bibliotecas del CSIC: préstamo personal e interbibliotecario, búsquedas en bases de datos internacionales, acceso a revistas y libros en formato papel y digital, archivo delegado de digital, CSIC, etc. La actividad de esta biblioteca conforme a los criterios de calidad establecidos para las bibliotecas de la Red puede consultarse en el apartado de estadísticas anuales que elabora la URICI.

Los fondos que forman la colección han tenido diversas procedencias a lo largo del tiempo, desde la tradicional compra o suscripción hasta los que llegaron desde el ex-

tinto Centro de Perfeccionamiento Obrero y Oficina Central de Documentación Profesional, pasando por los donados por doctores del Instituto, los traídos desde la Escuela de Cerámica de Nueva York por A. García Verduch o los que la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio donó con motivo del Congreso Europeo de Cerámica de 1992 y sigue donando a la biblioteca en la actualidad, después de hacer una revisión de los mismos que publica en su boletín.

Cabe destacar que la prestigiosa revista sobre materiales cerámicos *Journal of the American Ceramic Society* se colecciona desde sus inicios (1918).

EXPOSICIÓN DE LIBROS Y MATERIAL BIBLIOGRÁFICO

Organiza: la Biblioteca del Instituto de Cerámica y Vidrio

Lugar: Patio central del Instituto de Cerámica y Vidrio C/ Kelsen 5. Campus de Cantoblanco 28049 Madrid. www.icv.csic.es

Presentación: 14 de marzo de 2013 a las 12 horas, en el salón de actos

Horario: de lunes a viernes, entre las 9 y 14 horas

Finalización: 27 de marzo de 2013

Todos los fondos, tanto impresos como en formato digital del Instituto y de la SECV que han pasado a formar parte de la colección de la biblioteca del ICV, se encuentran disponibles y consultables a través de la web en el Catálogo Bibliográfico de la Red de Bibliotecas del CSIC (CIRBIC) y en el Catálogo REBIUN de la Red de Bibliotecas Universitarias Españolas.

Han trabajado en la biblioteca del ICV como responsable del servicio: María Teresa Priego Morales, Andrés Pastor Blanco, Mercedes Ferrándiz Ortiz, Ángel Montes Cabezón, Félix Sánchez Constenla y Sara López Calvo.

M. Flora Barba Martín-Sonseca

Responsable del Laboratorio de Análisis Químico

Francisco Capel del Águila

*Responsable de las Unidades de Asistencia Técnica a la Industria
y Taller, Diseño y Mantenimiento*

Sara López Calvo

Responsable del Servicio de Documentación

Evolución y resultados de la investigación



Evolución de la investigación

1950-1963

Sección y Departamento de Silicatos del Instituto de Edafología

En el periodo 1950-1963 el Instituto de Cerámica y Vidrio todavía no se había creado sino que era la Sección de Silicatos del Instituto de Edafología del CSIC. En estos comienzos previos a la formación del centro las investigaciones desarrolladas estaban centradas en:

Caracterización y estudio de materias primas españolas de interés cerámico:

- Materias primas de yacimientos españoles.
- Purificación y extracción de tierras raras a partir de materias primas españolas.

Investigaciones cerámicas:

Refractarios:

- Refractarios de fosterita a partir de serpentinas y refractarios para muflas.

Cerámicas:

- Obtención de mullita, lozas, ladrillos esmaltados y porcelanas. Materiales ligeros para construcción, áridos.
- Reactividad en estado sólido. Cinética.
- Defloculación de pastas. Plastificantes.
- Estudio del proceso industrial azulejero.

Cerámicas eléctricas:

- Cerámicas dieléctricas y piezoeléctricas. Porcelanas dieléctricas.
- Ferritas.

Vidrios:

- Vidrios. Esmaltes y vidriados.

- Fibras de vidrio.
- Aplicaciones técnicas de vidrios. Coloración. Transmisión UV-vis.

Aplicación catalítica de silicatos (talco, caolín, sepiolita, atapulgita, haloisita, sericita, bentonita, etc.):

- Silicatos (bentonitas, sepiolita, etc.) como soportes de catalizadores, decolorantes, absorbentes, portadores de pesticidas y fungicidas.

1964-1971 Creación del ICV

En 1964 se crea el ICV y durante unos años se continúa con los siguientes objetivos de investigación:

Investigaciones en materias primas españolas de interés cerámico:

- Arcillas y materias primas españolas de interés industrial y cerámico.
- Estudio de Kiesselgur españoles para obtener materias primas para la industria cerámica.
- Arcillas como soporte de catalizadores y silicatos como portadores de pesticidas y fungicidas.

Investigaciones en cerámica:

- Reología de suspensiones, mineralizadores para sinterización, refractarios aglomerados químicamente en frío. Termoplásticos para prensado y extrusión de pastas.
- Reacciones en estado sólido y estudio de fases cristalinas desarrolladas durante la cocción. Obtención de cordierita. Refractarios de SiC.
- Aislantes y dieléctricos de alta frecuencia. Cerámicas magnéticas y ferritas.
- Porcelanas triaxiales, cerámicas de alta resistencia al choque térmico y materiales metal-cerámicos.
- Obtención de fosterita, wollastonita, mullita y cordierita.
- Ataque de los refractarios en hornos de vidrio.
- Relaciones microestructurales y de equilibrio en refractarios.
- Recubrimientos refractarios.

Investigaciones en vidrio:

- Vidrios y tensión superficial en fundidos. Vidrios opacificados con circón.
- Influencia de los gases disueltos en vidrios.

- Esmaltes.
- Vitrocerámicos. Nucleación y desvitrificación.
- Vidrios semiconductores y susceptibilidad magnética de vidrios.
- Obtención de BN por nitruración.

Investigaciones en la Sección de Análisis:

- Análisis químico en cerámicas y determinación elementos traza en cementos, vidrios, cerámicas y refractarios.

1972-1975

Departamentos

Una vez consolidado el ICV, este se estructura en departamentos y en cada uno de ellos se llevan a cabo diversas investigaciones. Estas fueron las siguientes:

Investigaciones del Departamento de Materias Primas:

- Estudio de materias primas: rocas, arcillas, granitos, caolines, cuarzos. Obtención de porcelanas.
- Aplicación de la microscopía electrónica de barrido al estudio de materias primas, formación de mullita y sistema $\text{Li}_2\text{O}-\text{SiO}_2$.
- Aisladores vítreos ($\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{K}_2\text{O}$, $\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{Na}_2\text{O}$) y vitrocrystalinos ($\text{SiO}_2-\text{ZnO}-\text{Li}_2\text{O}$, $\text{SiO}_2-\text{ZnO}-\text{MgO}$, $\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{ZnO}$, $\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{ZnO}-\text{MgO}$) para altas tensiones.

Investigaciones del Departamento de Cerámica:

Materiales cerámicos:

- Diagramas de fases del sistema $\text{ZrO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{CaO}$. Equilibrio de fases en óxidos refractarios $\text{ZrO}_2-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{TiO}_2$. Relaciones de equilibrio y microestructurales en sistema $\text{ZrO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{CaO}$.
- Obtención de cordierita.
- Aisladores para altas tensiones a base de porcelana de alta alúmina.
- Producción industrial de magnesita a partir de magnesitas obtenidas por flotación.

Sección de Porcelanas y Esmaltes:

- Cerámicas de bajo coeficiente de dilatación y alta resistencia mecánica: $\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{TiO}_2$.
- Esmaltes para metales. Esmaltes opacificados con TiO_2 para acero inoxidable.

- Porcelanas de sericita.
- Estudios de equilibrio y su influencia en las propiedades mecánicas de porcelanas.

Sección de Refractarios:

- Hormigones refractarios: aluminosos, expansión térmica en aluminatos de calcio, reacciones a alta temperatura y efecto en las propiedades.
- Refractarios de dolomita-circón, hexaluminato de calcio.
- Ataque de refractarios de alta alúmina en bóvedas de hornos de arco eléctrico.
- Relación fases cristalinas-microestructura.

Sección de Productos Especiales:

- Estabilización de la circona por óxidos.
- Cerámicas eléctricas de circonato de plomo.
- Cerámicas de los sistemas $\text{HfO}_2\text{-La}_2\text{O}_3$ y $\text{HfO}_2\text{-Nd}_2\text{O}_3$.

Investigaciones del Departamento de Ciencia Básica:

- Cinética de nucleación y crecimiento de beta-eucryptita.
- Sistemas $\text{TiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Li}_2\text{O-SiO}_2$.
- Cerámicas circona-alúmina.
- Compuestos metal-cerámicos: $\text{SiO}_2\text{-Cu}$.
- Aisladores de alta tensión de cristobalita.
- Reacciones en sistemas cerámicos y multicerámicos, metal-cerámicos.
- Cerámicas de circonio y basadas en celsiana.

Investigaciones del Departamento de Vidrios:

Aplicaciones especiales de vidrios:

- Vidrios especiales.
- Intercambio iónico en vidrios.
- Conductividad eléctrica en vidrios semiconductores de Vanadio.
- Materiales vitrocrystalinos. Desvitrificación de vidrios de $\text{P}_2\text{O}_5\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Li}_2\text{O}$.

Mejora de propiedades en vidrios:

- Opacificación de vidrios. Decoloración en vidrios.
- Vidrios como aditivos lubricantes de extrema presión.

Gases en vidrios:

- Disolución de gases en vidrios y en vidrio Pyrex. Gases ocluidos en vidrios.
- Nitruración de vidrios bóricos.

Investigaciones de la Sección de Análisis:

- Análisis químico de cerámicas y refractarios mediante absorción atómica.

1976-1979

Periodo de transición y reestructuración

Este es el último periodo de los departamentos ya que en 1979 se organizaría el ICV en Unidades Estructurales de Investigación. Las investigaciones que se llevaban a cabo en este periodo fueron las siguientes:

- **Departamento de Materias Primas:** arcillas (caolines y arcillas españolas, cuarzos). Problemática de los elementos nocivos en las materias primas cerámicas y en los productos acabados (metales pesados, flúor). Aplicación de arcillas en porcelanas eléctricas, porcelanas cálcicas usando wollastonita, nuevos vidrios a partir de moscovita, lepidolita y vermiculita con borax y amblygonita. Materiales vitrocrystalinos utilizando materias primas naturales y de desecho industrial.
- **Departamento de Cerámica:** desarrollo de refractarios y relaciones de fase-microestructura en refractarios de hexaluminato de calcio. Productos cerámicos especiales basados en circonio y en tierras raras. Relaciones de fase-microestructura en cerámicas especiales de circonio y tierras raras. Cementos refractarios y cerámicas resistentes al choque térmico. Esmaltes de óxido estannoso.
- **Departamento de Ciencia Básica:** reacciones en sistemas cerámicos y metalcerámicos (atacabilidad por álcalis) y sobre materias primas (granito). Estudio de la cristalización por MEB y MET. Influencia de agentes nucleantes y condiciones de vitrificación.
- **Departamento de Vidrios:** aplicaciones especiales en electrogenia, materiales vitrocrystalinos, gases en vidrios y los mecanismos de difusión iónica y de generación de tensiones en vidrios de silicato. Parámetros cromáticos en vidrios, resistividad eléctrica en vitrocrystalinos, cambios estructurales producidos por reacción con amoníaco en vidrios de silicoborato de litio, contenido de agua en vidrios mediante IR, relajación de tensiones en vidrios de silicoaluminato y predicción de propiedades mecánicas de vidrios a partir de datos termodinámicos.

1980-1985

Unidades Estructurales de Investigación

En el año 1979 se terminó la reestructuración quedando el ICV organizado en cuatro Unidades Estructurales de Investigación (UEI). En estas las investigaciones se centraron en:

Unidad Estructural de Investigación en Cerámica

- Materiales cerámicos a partir de fases no cristalinas obtenidas por sol-gel o coprecipitación de sales (sistemas $\text{ZrO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3$ y $\text{ZrO}_2\text{-CaO}$). Cristalización y Sinterización hasta 1300 °C.
- Diagramas de equilibrio de fases en sistemas refractarios ($\text{ZrO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-CaO}$; $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-CaO-TiO}_2$ y $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2\text{-Fe}_2\text{O}_3$). Sistemas binarios, ternarios y cuaternarios. Estudio de bauxitas ($\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2\text{-Fe}_2\text{O}_3$). Diseño de buzas a base de circón ($\text{ZrSiO}_4\text{-ZrO}_2$) para colada de acero.
- Utilización de pizarras sericíticas para uso industrial. Chamotas refractarias ligeras y densas, áridos expandidos. Chamotas de wollastonita en pastas de loza fina. Pavimentos y ladrillos de alta calidad. Porcelanas sin cuarzo y porcelanas aluminosas. Dolomitas españolas para pastas cerámicas de ciclos reducidos de cocción (monococción rápida). Adición de minerales y subproductos de las arcillas para ladrillería. Materias primas de Li, micas y materias de desecho industrial para cerámicas y vitrocerámicas.
- Formación de mullita a bajas temperaturas a partir de arcillas naturales. Preparación de refractarios de hexaluminato de calcio y relación de fases-microestructura. Efecto del TiO_2 en el crecimiento en borde de grano.
- Vidrios y vitrocristalinos ($\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Li}_2\text{O-MnO}_2$ y $\text{SiO}_2\text{-ZnO-Li}_2\text{O-MnO}_2$, $\text{SiO}_2\text{-Li}_2\text{O-CaO-MnO}_2$, $\text{SiO}_2\text{-Li}_2\text{O-CaO-Cr}_2\text{O}_3$) así como cerámicas de $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-Mn}_2\text{O}_3$ para su aplicación en energía solar y conversión fototérmica.
- En 1985 se comienza la sinterización reactiva de materiales cerámicos tenaces multifásicos a partir de Al_2O_3 y ZrO_2 con adiciones de MgO y CaO.

Unidad Estructural de Investigación en Productos Especiales

- Electrolitos sólidos utilizables como sensores de oxígeno en procesos industriales, utilizando óxidos de ZrO_2 , CeO_2 y ThO_2 , HfO_2 con adiciones de Y_2O_3 y CaO o lantánidos ($\text{Ln= La, Nd, Sm, Gd, Er, Dy}$) en soluciones sólidas. Conductividad eléctrica en aire hasta 1200 °C en diferentes presiones parciales de oxígeno.
- Materiales cerámicos piro-ferroeléctricos, propiedades electrocerámicas de sistema pseudobinario $\text{ZrO}_3\text{Pb-TiO}_3\text{Pb}$ (PZT) dopado con La_2O_3 (PLZT). Preparación por sol-gel y coprecipitación. Niobato de estroncio y bario con composición Sr.Ba.NbO (SBN). Estudio del tamaño de partícula y sinterización, y microestructura para obtener propiedades eléctricas y piroeléctricas.
- Transductores piezoeléctricos para defensa, biomedicina, centrales nucleares, etcétera.

Unidad Estructural de Investigación en Vidrios

- Cambio iónico en vidrios, determinación de cavidades iónicas de Na^+ , influencia en las propiedades químicas. Separación de fases. Relación entre parámetros de cambio iónico y los fenómenos de inmiscibilidad líquido-líquido.
- Incorporación de Cu a vidrios. Obtención de recubrimientos metálicos sobre vidrios. Desarrollo del color rojo rubí.
- Propiedades eléctricas de vidrios semiconductores de óxidos de metales de transición: vidrios de fosfato de hierro, wolframio y titanio y vidrios de vanadio.
- Nitruración de vidrios silicobóricos.
- Organofilización con silanos y titanatos de la superficie de vidrios (fibras y partículas) y de la de cargas inorgánicas para materiales compuestos de matriz polimérica.
- Solubilidad y atacabilidad química de vidrios. Obtención de sílice amorfa por disolución. Estudios por espectroscopía infrarroja y deconvolución espectral, energías superficiales de adsorción de gases y centros activos superficiales. Simulación por ordenador utilizando métodos estocásticos. Estudio superficial y porosidad en vidrios lixiviados.
- En 1985 se comienza el desarrollo de vidrios y recubrimientos protectores por el proceso sol-gel ($\text{SiO}_2\text{-ZrO}_2$, $\text{SiO}_2\text{-Li}_2\text{O-Al}_2\text{O}_3$): preparación, incorporación de iones de transición (Fe, Co, Ni, Mn, Cr), coloración, óptica, sinterización de partículas coloidales.

Unidad Estructural de Investigación de Métodos Físico-Químicos

- Vidrios y vitrocerámicos de óxidos basálticos de metales de transición y sus propiedades eléctricas.
- Vidrios a partir de mezclas de moscovita-ambigolita con adición de nucleantes (TiO_2 , MgO o ZrSiO_4).
- Vidrios y vitrocerámicos a partir de residuos industriales y rocas: basaltos canarios, pegmatitas de Salamanca, yacimientos explotados y abandonados, residuos de lavaderos de rocas, cenizas volantes y de alto horno.
- Puesta a punto de nuevos métodos de análisis para cerámicas y vidrios. Métodos alternativos de cuantificación y análisis de refractarios de $\text{MgO-Cr}_2\text{O}_3$. Estado de oxidación de Cu en vidrios, e influencia de la molienda y la granulometría en la oxidación del Cu.
- Puesta a punto del método de análisis de esmaltes y pigmentos de Zr y Sn por ICP.
- En 1985 se desarrollan nuevas metodologías de análisis: espectrometría de emisión y fluorescencia X, cromatografía iónica para análisis metalúrgico, siderúrgico y corrosión, plasma (ICP), desarrollo de técnicas de fusión reductora en gas portador y en vacío para elementos gaseosos.

1985-1987

Primer Plan de Programación

En abril de 1984 se establece la Programación del Trienio 1985-1987 en la que el ICV es considerado como centro tecnológico realizándose las siguientes adscripciones por líneas de investigación:

- Línea de promoción del desarrollo industrial: obtención y utilización de materiales a partir de recursos naturales de bajo coste y residuos.
- Línea de procesos y utilización racional de la energía: aprovechamiento de la energía solar.

En este periodo la investigación del ICV no abandona ni la cerámica ni el vidrio tradicional pero se encamina hacia nuevos materiales, dónde las líneas de investigación corresponden a las recogidas en los proyectos presentados, siendo estos:

- Productos de interés industrial a partir de materias primas de bajo coste y residuos.
- Horno piloto discontinuo para la fabricación de vidrio sodocálcico y montaje de un laboratorio de control e investigación para la industria catalana del vidrio.
- Química-física de la superficie de productos inorgánicos y sus modificaciones para el empleo en materiales compuestos.
- Nuevos vidrios obtenidos por el procedimiento sol-gel.
- Nuevos materiales cerámicos tenaces multifásicos de alta tecnología obtenidos mediante sinterización reactiva.
- Nuevos materiales cerámicos utilizables como sensores de oxígeno y sensores piezoeléctricos.

1988-1990

Plan Sectorial

En el trienio 1988-1990 se establece el Programa Sectorial del CSIC en el que el ICV presenta las diferentes investigaciones a llevar a cabo en varios subprogramas de investigación y a los que las Unidades Estructurales de Investigación (UEI) del ICV tuvieron que acoplarse. Estas fueron:

- *Subprograma de Ciencia y Tecnología de Materiales:*
 - UEI Vidrios:

- Vidrios especiales obtenidos por fusión.
- Procesos de degradación de vidrios. Tratamientos de transformación y mejora de vidrios convencionales.
- Vidrios obtenidos por sol-gel.
- UEI Productos Especiales:
 - Cerámicas dieléctricas.
 - Materiales magnéticos.
 - Cerámicas semiconductoras y superconductores iónicos.
- UEI Cerámica:
 - Procesado de materiales cerámicos.
 - Materiales cerámicos oxídicos y no oxídicos.
 - Materiales compuestos de matriz cerámica-fibra cerámica.
- Grupo de Superficies:
 - Fibras de vidrio.
 - Materiales compuestos de matriz polimérica con fibras cerámicas y vítreas.
- *Subprograma de Tecnología de la Construcción y de sus Materiales:*
 - UEI Cerámica:
 - Vidrios, ladrillos y tejas.
 - Pavimentos y revestimientos cerámicos porosos y no porosos.
- *Subprograma de Promoción General del Conocimiento:*
 - UEI Métodos Físico-Químicos:
 - Caracterización de materiales cerámicos, vítreos y materias primas mediante técnicas analíticas.

1990-1993

Plan Estratégico

En el trienio 1990-1993, el CSIC organiza el Plan Estratégico y en el que el ICV tiene que establecer sus líneas de investigación. Para este Plan Estratégico el ICV propone estrategias dirigidas a Europa en donde se implique más la interacción con entornos industriales, así como el desarrollo de energías no nucleares. En el Plan Estratégico del ICV se establecen las siguientes líneas de investigación:

- Cerámica tradicional, materias primas y reciclado.
- Cerámica técnica avanzada: titanatos, mullita, etc.
- Proceso sol-gel y nuevos vidrios para aplicaciones especiales.

- Materiales cerámicos como electrolitos de pilas de combustible.
- Materiales cerámicos como condensadores multicapa.
- Materiales cerámicos superconductores de alta Tc.

1995-1999

Primer Plan de Actuación

En 1994 el CSIC elabora el nuevo Plan de Actuación para el periodo 1995-1999 el cual se presenta a la Comisión del Área de Materiales. En este Plan de Actuación el ICV propone y lleva a cabo las siguientes líneas de investigación:

- **Departamento de Cerámica:**
 - Equilibrios de fases en sistemas cerámicos de óxidos y no óxidos.
 - Desarrollo de materiales cerámicos oxídicos y no oxídicos.
 - Conformado y procesamiento de materiales cerámicos: sinterización, electro-deposición, pulvimetalurgia, colaje en cinta, etc.
 - Reología de suspensiones.
 - Recubrimientos reactivos sobre materiales cerámicos.
 - Unión cerámica-cerámica mediante capas metálicas.
 - Materiales cerámicos con conductividades térmicas extremas (aislantes y muy conductores).
- **Departamento de Electrocerámica:**
 - Materiales electrocerámicos. Desarrollo y caracterización.
 - Materiales electrocerámicos para diferentes aplicaciones: generación y transformación de la energía, apantallamiento electromagnético, varistores, etc.
- **Departamento de Vidrios:**
 - Vidrios para aplicaciones ópticas y óptica no lineal.
 - Vidrios para soldadura.
 - Vidrios obtenidos por sol-gel.
 - Vidrios para aplicaciones especiales: absorción energética, luminiscentes, capas antioxidantes, etc.
 - Nitruración de vidrios.
- **Departamento de Métodos Físico-Químicos:**
 - Caracterización de materiales cerámicos, vidrios y materias primas mediante técnicas de análisis químico. ICP-Ablación Láser.
 - Vidrios y vitrocerámicos obtenidos a partir de residuos. Reciclado y medio ambiente.

- Fibras de vidrio. Composites reforzados con fibras o partículas.
- Modificación superficial de materiales vítreos.
- Ormosiles.
- Nanopartículas.

2000-2004

Segundo Plan de Actuación

En 1999 se prepara el nuevo Plan de Actuación para el periodo 2000-2004 en el cual se tiene en cuenta que en poco tiempo tendrá lugar el traslado del ICV al nuevo emplazamiento del Campus de Cantoblanco. En este nuevo Plan de Actuación se definen las siguientes líneas:

- **Departamento de Cerámica:**

- Diagramas de equilibrio de fases en sistemas cerámicos.
- Síntesis de materiales cerámicos y composites mediante SHS y otros métodos. Comportamiento mecánico a diferentes temperaturas.
- Conformado de materiales cerámicos. Procesamiento coloidal. Colaje, inyección, etc. Reología de suspensiones. Electrodeposición.
- Materiales cerámicos multicapa y función gradiente.
- Biomateriales. Cerámicas para la salud.
- Cerámicas tecnológicas basados en nitruro de silicio y composites reforzados con partículas cerámicas o metálicas.
- Conductividad térmica en materiales cerámicos. Cerámicas para aplicaciones en combustión.
- Filtros y membranas cerámicas.
- Refractarios tradicionales conformados y no conformados.
- Nuevas metodologías de análisis químico de vidrios y cerámicas: ICP con ablación láser. Normalización de elementos traza en vidrios.
- Medio ambiente y reciclado. Vitrocerámicos. Aprovechamiento de residuos como materiales cerámicos y vítreos.

- **Departamento de Electrocerámica:**

- Materiales electrocerámicos. Investigación y desarrollo.
- Materiales electrocerámicos para diferentes aplicaciones: apantallamiento electromagnético, varistores, termistores NTC, ferromagnéticos débiles de óxidos con conducción eléctrica, ferroeléctricos de bajas pérdidas, piezoeléctricos de alta temperatura, actuadores electromecánicos, etc.

- Electrocerámica de sólidos y de interfaces.
- Integración de materiales electrocerámicos: multicapas y circuitos híbridos.
- Materiales cerámicos nanoestructurales.
- Semillado para la preparación de polvos nanoparticulados.
- Materiales cerámicos para generación y transformación de la energía: electrolitos sólidos, pilas de combustible cerámicas.
- Control de la densificación mediante modificación superficial de partículas.
- **Departamento de Vidrios:**
 - Vidrios de óxidos de metales pesados para aplicaciones ópticas no lineales.
 - Vidrios y recubrimientos funcionales obtenidos por sol-gel.
 - Vidrios dopados con partículas y nanopartículas metálicas.
 - Vidrios de elevada absorción energética.
 - Vidrios para diferentes aplicaciones: luminiscentes, soldadura, unión cerámica-vidrio-metal, resistentes a la corrosión.
 - Vidrios para pilas de combustible, pilas poliméricas (PEMFC), pilas de óxidos sólidos (SOFC) para generación de electricidad, etc.
 - Recubrimientos con funcionalidad óptica, sensores de gases y pH, absorbentes del UV e IR, etc.
 - Deposición de recubrimientos: EPD, inmersión, centrifugación, serigrafía, etc.
 - Nitruración de vidrios.
 - Capas vítreas bioactivas.
 - Membranas funcionales. Productos inorgánicos e híbridos.
 - Alteración de vidrieras históricas. Tratamientos de protección y conservación.
- **Departamento de Química-Física de Superficies y Procesos:**
 - Modificación superficial de sólidos. Físico-química de superficies sólidas.
 - Fibras y materiales compuestos de matriz orgánica y vítrea reforzados con fibras y/o partículas.
 - Desarrollo de fritas, pavimentos y revestimientos cerámicos.
 - Vidrios para almacenamiento de residuos radiactivos.
 - Ormosiles.
 - Nanopartículas.
 - Vidrios y cerámicas de oxycarburos de silicio.
 - Materiales para la protección de edificios arquitectónicos y del patrimonio artístico.

2005-2009

Tercer Plan de Actuación

Ahora ya el ICV está establecido en el Campus de Cantoblanco y en el CSIC se establece el Tercer Plan de Actuación para el periodo 2005-2009. En este Plan se mantienen los Departamentos pero se crean Grupos de Trabajo y Líneas de Investigación dentro de los propios departamentos.

En el ICV se establecen los siguientes grupos de trabajo con sus líneas de investigación:

Grupos y líneas de investigación del Departamento de Cerámica:

- Diagramas de Equilibrio de Fases en sistemas de interés cerámico. Aplicación al diseño y obtención de materiales cerámicos.
 - Modelización termodinámica de Diagramas de Equilibrio de Fases.
 - Biomateriales.
 - Síntesis autosostenida.
 - Diseño de materiales para medio ambiente.
- Relaciones Procesamiento-Microestructura-Propiedades.
 - Procesamiento de polvos por rutas coloidales.
 - Desarrollo de materiales cerámicos con comportamiento termomecánico optimizado.
- Cerámica Técnica.
 - Diseño, procesamiento y propiedades.
 - Estructuras en multicapa: interfaces, barreras térmicas y medioambientales.

Grupos y líneas de investigación del Departamento de Electrocerámica:

- Electroquímica del Estado Sólido e Interfases (GEESI).
 - Pilas de Combustible de Óxido Sólido de Temperaturas Intermedias (SOFC).
 - Línea de sensores electroquímicos.
- Materiales para Sistemas Inteligentes (CSS).
 - Línea de cerámica micro-nanoestructural funcional, modificación y procesamiento no convencional.

Grupos y líneas de investigación del Departamento de Vidrios:

- Vidrios y Recubrimientos Vítreos.
 - Línea de vidrios y vitrocerámicos producidos por fusión.
 - Línea de recubrimientos y membranas preparadas por sol-gel.

- Materiales Cerámicos y Vítreos para Aplicaciones Energéticas y Medioambientales.
 - Línea de Desarrollo de componentes y ensamblajes de Pilas de Combustible SOFC y PEMFC.
- Análisis Químico y Caracterización de Materiales.

Líneas de Investigación del Departamento de Química-Física de Superficies y Procesos:

- Línea de materiales compuestos y nanocomposites.
- Línea de vidrios, esmaltes, pigmentos. fusión.
- Línea de materiales para la restauración del patrimonio.

A su vez, en este Plan de Actuación, se establece la existencia de una línea común entre los distintos departamentos en la que participan investigadores de todos ellos. En esta línea de investigación en patrimonio se establecen dos sublíneas:

- Investigación en arqueometría y restauración y conservación del patrimonio.
- Arqueometría cerámica.

2010-2013

Segundo Plan Estratégico

En este nuevo Plan Estratégico (PE 2010-2013) del CSIC se establecen líneas de investigación que pueden estar formadas por investigadores procedentes de diferentes departamentos del mismo Instituto. A su vez, dichas líneas pueden tener varias sublíneas de investigación. El ICV propone para este PE 2010-2013 las siguientes líneas y sublíneas:

- *Cerámicas y vidrios para la energía, medio ambiente y transporte.*
 - Materiales con aplicaciones electroquímicas.
 - Cerámicas y recubrimientos para severas condiciones de trabajo.
 - Cerámicas para células de combustible de óxido sólido.
 - Vidrios y vitrocerámicos y materiales por sol-gel para una sociedad sostenible.
- *Tecnologías avanzadas de procesamiento para sistemas y materiales cerámicos estructurales y multifuncionales.*
 - Diagramas de equilibrio de fases en cerámicas. Diseño. Biocerámicas. Cerámicas para aplicaciones en alta temperatura.
 - Cerámicas funcionales micro y nanoestructuradas.
 - Tecnologías de procesamiento coloidal innovadoras.

- *Vidrios y cerámicas con impacto social e industrial.*
 - Arqueometría y patrimonio de cerámicas y vidrios.
 - Tecnologías convencionales para nuevos productos respetuosos con el medio ambiente.

2014-2017

Cuarto Plan de Actuación

En mayo de 2013 se abre el periodo de preparación del nuevo Plan de Actuación 2014-2017 que por primera vez se realiza mediante aplicación informática. En este nuevo Plan el ICV se propone mantener la excelencia científica y liderazgo en los nuevos retos que surjan en la frontera del conocimiento y que implique materiales cerámicos y vítreos. Para ello los objetivos propuestos por el ICV estarán enmarcados e identificados en dos grupos del Plan Horizonte 2020 de la Comunidad Europea: Tecnologías y Conocimientos Esenciales y Retos Sociales.

En el Grupo de Tecnologías y Conocimientos Esenciales el ICV apuesta por la I+D en los siguientes objetivos:

- Materiales avanzados.
 - Materiales estructurales para energía, seguridad, salud, etc.
 - Materiales funcionales para electrónica, magnetismo, sensores, fotónica, etc.
 - Biomateriales para prótesis o implantes, liberación de medicamentos.
- Nanotecnologías.
 - Procesos de síntesis y conformado de piezas a partir de nanopartículas.
 - Integración en sistemas de materiales nanoestructurados.
 - Caracterización avanzada de nanomateriales, capas y nanoestructuras.
- Tecnologías de fabricación y producción.
 - Nuevos métodos de producción y prototipado 3D.
 - Tecnologías de funcionalización superficial.

En Grupo de Retos Sociales el ICV propone abordar desde una perspectiva multidisciplinar la síntesis, el procesamiento y la caracterización de materiales cerámicos y vítreos de acuerdo a los siguientes objetivos:

- Salud, cambio climático y bienestar: biocerámicas y biovidrios, ingeniería de tejidos, implantes, bioelectroquímica para crecimiento neuronal, nanopartículas para fármacos y reconocimiento molecular, acoplamiento de anticuerpos para terapia antitumoral.

- Energía segura, eficiente y limpia: materiales para energía eólica, fotovoltaica, fotocatalítica, eficiencia de hornos de alta temperatura, pilas de combustible de óxidos sólidos y baterías de Li de hidruros metálicos, producción de hidrógeno.
- Seguridad, protección y defensa: materiales policristalinos transparentes para protección de personas, autenticación de documentos de valor.

Atendiendo a estos objetivos del PA 2015-2018 en el ICV se forman diferentes grupos de investigación con personal científico de los distintos departamentos existentes, siendo dichos grupos formados los siguientes:

- Diagramas de equilibrio de fases en sistemas cerámicos. Aplicaciones en cerámica estructural, refractarios y biomateriales.
- Diseño por procesamiento coloidal.
- Materiales con Aplicaciones Electroquímicas (ELAMAT).
- Vidrios, vitrocerámicos y materiales por sol-gel para una sociedad sostenible (GlaSS).
- Cerámica técnica.
- Investigación en cerámicas funcionales (FUNCERAMICS).
- Superficies y procesos avanzados.
- Cerámicas para sistemas inteligentes.
- Síntesis y procesamiento coloidal.

Juan Rubio Alonso

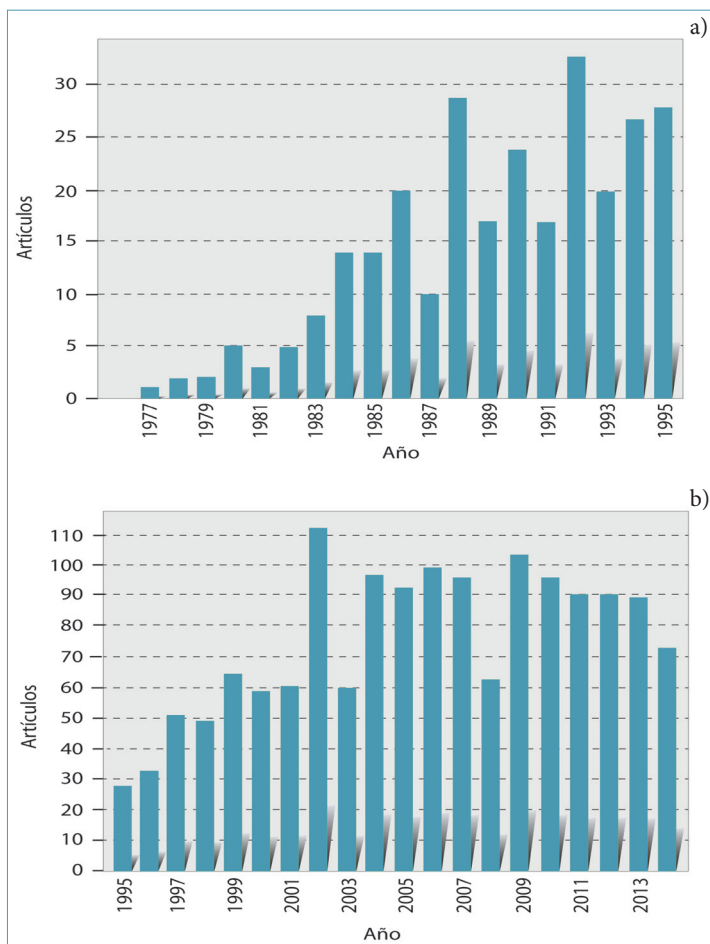
Publicaciones

Artículos

Antes de los años sesenta, los investigadores del ICV, procedentes del Departamento de Silicatos del Instituto de Edafología del CSIC, publicaban sus artículos en una serie de revistas tales como: *Anales del Instituto de Edafología y Fisiología Vegetal*, *Anales de la Sociedad Española de Física y Química*, *Glastechnische Berichte*, *Cerámica y Cristal*, *Berichte der Deutscher Keram. Gessellschaft*; *Anales de Edafología y Agrobiología*, *Transations of the British Ceramic Society*, *Clay Mineralogy and Ceramic Processes and Products*, *Ceramica Informazione*, etc.

A partir del primer número del *Boletín* de la SECV del año 1961 empiezan a publicar en dicha revista y a principios de 1965 aparecen los primeros trabajos del personal del recién creado Instituto de Cerámica y Vidrio del “Patronato Juan de la Cierva”, como son: “Estudio y caracterización de algunas tierras para la fabricación de azulejos”, de Vicente Aleixandre y José María Fernández Navarro; “Refractarios Ligeros”, de Demetrio Álvarez-Estrada y “Expansión por humedad de los productos cerámicos”, de Antonio García Verduch. Entre el periodo de 1965 y 1998, un año anterior a la entrada del *Boletín* en el Science Citation Index (SCI), se publicaron en la revista unos 300 trabajos entre artículos y notas técnicas.

En el año 1974, se empieza a publicar en revistas internacionales incluidas en el SCI. Los tres primeros trabajos que aparecen en dicho año son: “Introduction of nitrogen atoms on surface of glass and its application to chromatography”, de José Luis Oteo y col., en el *Journal of Chromatographic Science*; “Thermal-expansion of beta-eucryptite solid-solutions”, de José Serafin Moya y Antonio García Verduch, en *Transactions and Journal of the British Ceramic Society* y “Properties of high-temperature solid-solutions of hafnium oxide and oxides of lanthanides”, de Pedro Durán, en el *Bulletin de la Société Française de Céramique*.



Figuras 1. En las figuras a y b se representan las publicaciones entre los años 1977 y 2013 en revistas del SCL. Actualmente el factor h del ICV es de 53, lo que unido al hecho de que celebramos el 50 aniversario nos ha llevado a incluir los 50 artículos más citados en la colección principal de Web of Science en cuya firma aparece el nombre del Instituto de Cerámica y Vidrio.

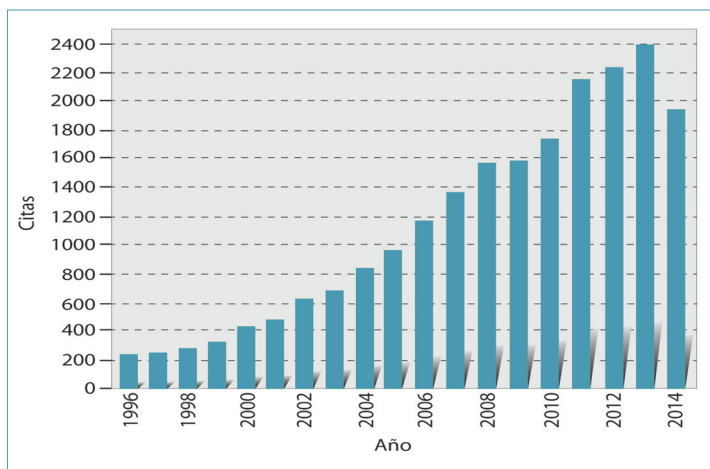


Figura 2. Número de citas de los artículos publicados entre los años 1966 y 2014.

El personal investigador del ICV ha publicado en estos 50 años hasta un total de casi 2.000 artículos en revistas del SCI a los que hay que sumarle los aproximadamente 300 publicados en el Boletín de la SECV en los años en los que dicha revista no estaba incluida en esta base de datos.

A pesar del importante número de trabajos publicados en libros y revistas no incluidos ni en el SCI ni en el Boletín de la SECV, no se han considerado dada la dificultad que supone localizarlos y cuantificarlos en su totalidad.

Relación de los 50 artículos más citados en el ISI, ordenados por el número de citas

1. Moreno, R. (1992). "The role of slip additives in tape-casting technology. 1. Solvents and dispersants", *American Ceramic Society Bulletin*, 71 (10): 1521-1531.
2. Wu, J.; Wei, X. Z.; Padture, N. P.; Osendi M. I., *et al.* (2002). "Low-thermal-conductivity rare-earth zirconates for potential thermal-barrier-coating applications", *Journal of the American Ceramic Society*, 85 (12): 3031-3035.
3. García, M. A.; Ruiz-González, M. L.; Quesada, A., *et al.* (2005). "Interface double-exchange ferromagnetism in the Mn-Zn-O system: New class of biphasic magnetism", *Physical Review Letters*, 94 (21). N° de artículo: 217206.
4. Durán, A.; Serna, C.; Fornes, V., *et al.* (1986). "Structural considerations about SiO₂ glasses prepared by sol-gel", *Journal of Non-Crystalline Solids*, 82 (1-3): 69-77.
5. Osendi, M. I.; Moya, J. S.; Serna, C. J., *et al.* (1985). "Metastability of tetragonal zirconia powders", *Journal of the American Ceramic Society*, 68 (3): 135-139.
6. Moreno, R. (1992). "The role of slip additives in tape casting technology. 2. Binders and plasticizers", *American Ceramic Society Bulletin*, 71 (11): 1647-1657.
7. Pascual, C.; Durán, P. (1983). "Subsolidus phase-equilibria and ordering in the system ZrO₂-Y₂O₃", *Journal of the American Ceramic Society*, 66 (1): 23-27.
8. Rao, M. P.; Sánchez-Herencia, A. J.; Beltz, G. E., *et al.* (1999). "Laminar ceramics that exhibit a threshold strength", *Science*, 286 (5437): 102-105.
9. De Aza, P. N.; Guitián, F.; De Aza, S. (1994). "Bioactivity of wollastonite ceramics in-vitro evaluation", *Scripta Metallurgica et Materialia*, 31 (8): 1001-1005.
10. Padture, N. P.; Schlichting, K. W.; Bhatia, T.; Miranzo M. P., *et al.* (2001). "Towards durable thermal barrier coatings with novel microstructures deposited by solution-precursor plasma spray", *Acta Materialia*, 49 (12): 2251-2257.
11. Requena, J.; Moreno, R.; Moya, J. S. (1989). "Alumina and alumina zirconia multi-layer composites obtained by slip casting", *Journal of the American Ceramic Society*, 72 (8): 1511-1513.

12. Sanz, J.; Madani, A.; Serratos, J. M.; De Aza S., *et al.* (1988). "Al²⁷ and Si²⁹ magic-angle spinning nuclear magnetic-resonance study of the kaolinite mullite transformation", *Journal of the American Ceramic Society*, 71 (10): C418-C421.
13. Youngmin, L.; García, M. A.; Huls, N.; Frey A., *et al.* (2010). "Synthetic Tuning of the Catalytic Properties of Au-Fe₃O₄ Nanoparticles", *Angewandte Chemie-International Edition*, 49 (7): 1271-1274.
14. Durán, P.; González, M.; Moure, C., *et al.* (1990). "A new tentative phase-equilibrium diagram for the ZrO₂-CeO₂ system in air", *Journal of Materials Science*, 25 (12): 5001-5006.
15. Lara, C.; Pascual, M. J.; Durán, A. (2004). "Glass-forming ability, sinterability and thermal properties in the systems RO-BaO-SiO₂ (R = Mg, Zn)", *Journal of Non-Crystalline Solids*, 348: 149-155.
16. Rodríguez-Paéz, J. E.; Caballero, A. C.; Villegas, M., *et al.* (2001). "Controlled precipitation methods: formation mechanism of ZnO nanoparticles", *Journal of the European Ceramic Society*, 21 (7): 925-930.
17. De Aza, P. N.; Guitián, F.; De Aza, S. (1997). "Bioeutectic: a new ceramic material for human bone replacement", *Biomaterials*, 18 (19): 1285-1291.
18. Pepe, A.; Aparicio, M.; Cere, S., *et al.* (2004). "Preparation and characterization of cerium doped silica sol-gel coatings on glass and aluminum substrates", *Journal of Non-Crystalline Solids*, 348: 162-171.
19. Baudín, C.; Martínez, R.; Pena, P. (1995). "High-temperature mechanical-behavior of stoichiometric magnesium spinel", *Journal of the American Ceramic Society*, 78 (7): 1857-1862.
20. Colomer, M. T.; Steele, B. C. H.; Kilner, J. A. (2002). "Structural and electrochemical properties of the Sr_{0.8}Ce_{0.1}Fe_{0.7}Co_{0.3}O₃-delta perovskite as cathode material for ITSOFCs", *Solid State Ionics*, 147 (1-2): 41-48. N° de artículo: PII S0167-2738 (02) 00002-4.
21. Arconada, N.; Durán, A.; Suárez, S., *et al.* (2009). "Synthesis and photocatalytic properties of dense and porous TiO₂-anatase thin films prepared by sol-gel", *Applied Catalysis B-Environmental*, 86 (1-2): 1-7.
22. García, M. A.; Fernández Pinel, E.; De la Venta, J., *et al.* (2009). "Sources of experimental errors in the observation of nanoscale magnetism", *Journal of Applied Physics*, 105 (1). N° de artículo: 013925.
23. De Aza, P. N.; Luklinska, Z. B.; Martínez, A., *et al.* (2000). "Morphological and structural study of pseudowollastonite implants in bone", *Journal of Microscopy-Oxford*, 197: 60-67. Subdivisión: 1.
24. Rubio-Marcos, F.; Ochoa, P.; Fernández, J. F. (2007). "Sintering and properties of lead-free (K,Na,Li)(Nb,Ta,Sb)O₃ ceramics", *Journal of the European Ceramic Society*, 27 (13-15): 4125-4129.

25. De Aza, P. N.; Luklinska, Z. B.; Anseau, M. R., *et al.* (2000). "Reactivity of a wollastonite-tricalcium phosphate Bioeutectic® ceramic in human parotid saliva", *Biomaterials*, 21 (17): 1735-1741.
26. De Aza, P. N.; Luklinska, Z. B.; Anseau, M. R., *et al.* (1999). "Bioactivity of pseudowollastonite in human saliva", *Journal of Dentistry*, 27 (2): 107-113.
27. De Aza, P. N.; Luklinska, Z. B.; Anseau, M., *et al.* (1996). "Morphological studies of pseudowollastonite for biomedical application", *Journal of Microscopy-Oxford*, 182 (24-31). Subdivisión: 1.
28. Durán, P.; Capel, F.; Tartaj, J., *et al.* (2002). "A strategic two-stage low-temperature thermal processing leading to fully dense and fine-grained doped-ZnO varistors", *Advanced Materials*, 14 (2): 137-141.
29. Ferrari, B.; Moreno, R. (1997). "Electrophoretic deposition of aqueous alumina slips", *Journal of the European Ceramic Society*, 17 (4): 549-556.
30. Buonsanti, R.; Grillo, V.; Carlino, E.; Giannini, C.; Gozzo, F.; García-Hernández, M.; García, M. A.; Cingolani, R.; Cozzoli, P. D. (2010). "Architectural Control of Seeded-Grown Magnetic-Semiconductor Iron Oxide-TiO₂ Nanorod Heterostructures: The Role of Seeds in Topology Selection", *Journal of the American Chemical Society*, 132 (7): 2437-2464.
31. Colomer, M. T.; Anderson, M. A. (2001). "High porosity silica xerogels prepared by a particulate sol-gel route: pore structure and proton conductivity", *Journal of Non-Crystalline Solids*, 290 (2-3): 93-104.
32. Galliano, P.; De Damborenea, J. J.; Pascual, M. J., *et al.* (1998). "Sol-gel coatings on 316L steel for clinical applications", *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 13 (1-3): 723-727.
33. Jadhav, Amol D.; Padture, Nitin P.; Jordan, Eric H.; Miranzo P., *et al.* (2006). "Low-thermal-conductivity plasma-sprayed thermal barrier coatings with engineered microstructures", *Acta Materialia*, 54 (12): 3343-3349.
34. Aparicio, M.; Durán, A. (2000). "Yttrium silicate coatings for oxidation protection of carbon-silicon carbide composites", *Journal of the American Ceramic Society*, 83 (6): 1351-1355.
35. De Aza, P. N.; Guitián, F.; Merlos, A., *et al.* (1996). "Bioceramics - Simulated body fluid interfaces: pH and its influence of hydroxyapatite formation", *Journal of Materials Science-Materials In Medicine*, 7 (7): 399-402.
36. Iglesias, J. E.; Pecharroman, C. (2007). "Scaling the h-index for different scientific ISI fields", *Scientometrics*, 73 (3): 303-320.
37. Durán, P.; Villegas, M.; Capel, F., *et al.* (1996). "Low-temperature sintering and microstructural development of nanocrystalline Y-TZP powders", *Journal of the European Ceramic Society*, 16 (9): 945-952.

38. Webster, J. D.; Westwood, M. E.; Hayes, F. H., *et al.* (1998). "Oxidation protection coatings for C/SiC based on yttrium silicate", *Journal of the European Ceramic Society*, 18 (16): 2345-2350.
39. Rosero-Navarro, N. C.; Pellice, S. A.; Durán, A., *et al.* (2008). "Effects of Ce-containing sol-gel coatings reinforced with SiO₂ nanoparticles on the protection of AA2024", *Corrosion Science*, 50 (5): 1283-1291.
40. García-Ruiz, J. M.; Novella, M. L.; Moreno, R., *et al.* (2001). "Agarose as crystallization media for proteins I: Transport processes", *Journal of Crystal Growth*, 232 (1-4): 165-172.
41. Osendi, M. I.; Baudín, C. (1996). "Mechanical properties of mullite materials", *Journal of the European Ceramic Society*, 16 (2): 217-224.
42. Ferrari, B.; Moreno, R. (2010). "EPD kinetics: A review", *Journal of the European Ceramic Society*, 30 (5): 1069-1078. Número especial: SI.
43. Barea, R.; Osendi, M. I.; Ferreira, J. M. F. *et al.* (2005). "Thermal conductivity of highly porous mullite material", *Acta Materialia*, 53 (11): 3313-3318.
44. Sánchez-Herencia, A. J.; Pascual, C.; He, J., *et al.* (1999). "ZrO₂-ZrO₂ O₃ a₂O layered composites for crack bifurcation", *Journal of the American Ceramic Society*, 82 (6): 1512-1518.
45. García, C.; Cere, S.; Durán, A. (2004). "Bioactive coatings prepared by sol-gel on stainless steel 316L", *Journal of Non-Crystalline Solids*, 348: 218-224.
46. The Morris, D. G.; Munoz-Morris, M. A.; Baudín, C. (2004). "High-temperature strength of some Fe₃Al alloys", *Acta Materialia*, 52 (9): 2827-2836.
47. Durán, A.; Navarro, J. M. F. (1985). "The coloring of glass by Cu²⁺ ions", *Physics and Chemistry of Glasses*, 26 (4): 126-131.
48. Colomer, M. T. (2006). "Nanoporous anatase thin films as fast proton-conducting materials", *Advanced Materials*, 18 (3): 371.
49. Lara, C.; Pascual, M. J.; Prado, M. O., *et al.* (2004). "Sintering of glasses in the system RO-Al₂O₃-BaO-SiO₂ (R=Ca, Mg, Zn) studied by hot-stage microscopy", *Solid State Ionics*, 170 (3-4): 201-208.
50. Rubio, F.; Rubio, J.; Oteo, J. L. (1998). "A FT-IR study of the hydrolysis of tetraethylorthosilicate (TEOS)", *Spectroscopy Letters*, 31 (1): 199-219.

Libros

Los investigadores del ICV escriben y publican libros en los que exponen el conocimiento científico acumulado a lo largo de su carrera investigadora desde los primeros años de existencia de este. Es de señalar que la temática de estos libros evoluciona con

el cambio en los temas investigación, así, en los primeros años se centran en el conocimiento de las materias primas naturales utilizadas en la fabricación de la cerámica y el vidrio y, posteriormente, se escriben y/o editan libros sobre las principales líneas de investigación cultivadas en el centro: vidrio, reología, biomateriales, refractarios, arqueometría.

El caolín en España: características, identificación y ensayos cerámicos

Galán Huertos, Emilio; Espinosa de los Monteros Muñoz, Juan

Arganda del Rey (Madrid): Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, 1974

ISBN: 84-400-7912-5

Separación de fases en vidrios. El sistema $\text{Na}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$

Rincón López, Jesús María; Durán Carrera, Alicia

Madrid: Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, 1982

ISBN: 978-84-600-2661-7

Contribución al conocimiento de los depósitos caoliníferos de Pontevedra

Caramés Lorite, Manuel; Galán Huertos, Emilio; Aza Pendás, Salvador de

Sada (La Coruña): Edición do Castro, 1983

ISBN: 84-7492-168-6

Materiales refractarios en la industria siderúrgica

Criado Herrero, Emilio

Madrid: Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, 1984

ISBN: 978-84-398-3088-7

El vidrio: constitución, fabricación, propiedades

Fernández Navarro, José María

Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC); Instituto de Cerámica y Vidrio, 1985

ISBN: 84-00-05992-1

Refractory materials in iron and steelmaking a bibliographic review

Criado Herrero, Emilio

Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1988

ISBN: 978-84-00-06820-2

El vidrio: constitución, fabricación, propiedades. 2ª ed.

Fernández Navarro, José María

Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1991

ISBN: 84-00-07130-1

El vidrio: constitución, fabricación, propiedades. 3ª ed.

Fernández Navarro, José María

(Textos Universitarios, 06)

Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas CSIC; Sociedad Española de Cerámica y Vidrio SECV, 2003

ISBN: 978-84-00-08158-4

Reología de suspensiones cerámicas

Moreno Botella, Rodrigo

(Biblioteca de Ciencias, 17)

Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2005

ISBN: 978-84-00-08322-9

El vidrio en la pintura del Museo Nacional del Prado

Fernández Navarro, José María; Capel del Águila, Francisco

Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas CSIC; Sociedad Española de Cerámica y Vidrio SECV, 2012

ISBN: 978-84-00-09461-4

2º Premio al libro mejor editado en 2012 del Ministerio de Cultura

Traducción de libros

Clasificación D.E.C. (versión española)

Aza Pendás, Salvador de (ed.)

Madrid: Sociedad Española de Cerámica, 1963

Terminología de los defectos del vidrio (International Commission on Glass)

(versión española)

Fernández Navarro, José María

Edit. Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, 1973

Dictionary of Glass Making (International Commission on Glass)

(versión española)

Fernández Navarro, José María; Capel del Águila, Francisco (formaron parte del grupo español encargado de la versión española)

Edit. Elsevier, Ámsterdam, 1992

Tecnología cerámica de los ladrillos. Vol. I

Facincani, Ezio (ed.)

Rincón, Jesús María; Carda Castelló, Juan (trad.)

Castellón: Faenza Editrice Ibérica S. L., 1993

ISBN: 84-87683-02-9

Deutsche Gesellschaft Feuerfest- und Schornsteinbau e.V

Ingeniería de refractarios: materiales, diseño, construcción. 1ª ed. técnica en castellano

Criado Herrero, Emilio; Aza Moya, Antonio de (eds.)

Madrid: Asociación Nacional de Fabricantes de Refractarios y Afines (Anfre), 2010

ISBN: 978-84-8198-825-3

Edición de libros

Processing of advanced ceramics

Moya Corral, José Serafín; Aza Pendás, Salvador de (eds.)

Madrid: Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, 1987

ISBN: 84-398-9606-9

Glasses and glass-ceramics for nuclear waste management. Vol. I

Rincón López, Jesús María (ed.)

Madrid: CIEMAT; Instituto de Cerámica y Vidrio-CSIC, 1987

ISBN: 84-505-6689-4

Los materiales cerámicos y vítreos en Extremadura. Vol. I

Rincón López, Jesús María (ed.)

Mérida: Universidad Nacional de Educación a Distancia; Instituto de Cerámica y Vidrio, 1988

ISBN: 84-600-5386-5

Sol-Gel Processing for Conventional and Alternative Energy

Aparicio Ambrós, Mario; Jitianu, Andrei; Klein, Lisa C. (eds.)

New York: Springer, 2012

(Advances in Sol-Gel Derived Materials and Technologies)

ISBN: 978-1-4614-1956-3

Edición de libros de Resúmenes de Congresos

Ciencia y Tecnología de los Materiales Cerámicos y Vítreos. España' 89. Vol. 1

Rincón López, Jesús María (ed.)

Castellón: Faenza Editrice Ibérica, 1990

ISBN: 84-87683-00-2

Cerámica y Vidrio '91. Vol. 1

Rincón López, Jesús María; Caballero Cuesta, Ángel; Capel del Águila, Francisco (eds.)

Madrid: Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, 1991

ISBN: 84-88049-00-5

XVI Congreso Internacional del Vidrio. Proceedings of the Congress

Durán Carrera, Alicia; Fernández Navarro, José María (eds.)

Madrid: Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, 1992

Nuevos productos y tecnologías de esmaltes y pigmentos cerámicos. Su fabricación y utilización. Vol. 1

Rincón López, Jesús María; Carda Castelló, Juan; Alarcón Navarro, Javier (eds.)

Castellón: Faenza Editrice Ibérica; Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, 1992

ISBN: 84-87683-01-0

Cerámica y Vidrio '92. Vol. 1

Rincón López, Jesús María; Caballero Cuesta, Ángel; Capel del Águila, Francisco (eds.)

Madrid: Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, 1992

Third Euroceramics

Vol. 1 Processing of Ceramics; Vol. 2 Properties of Ceramics; Vol. 3 Engineering Ceramics

Durán Botía, Pedro; Fernández Lozano, José Francisco (eds.)

ISBN 84-87683-05-3 (vol. I); ISBN 84-87683-06-1 (vol. II); ISBN 84-87683-07-X (vol. III)

El vidrio en Iberoamérica. Industria, investigación y formación

Durán Carrera, Alicia (ed.)

Madrid: CYTED; Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, 1998

ISBN: 978-84-8198-259-6

Castellón de la Plana: Faenza Editrice Iberica, 1993

ISBN-84-87683-04-05 (Obra completa) 259-6

El reciclado del vidrio en Iberoamérica

Durán Carrera, Alicia; Galliano, Pablo; Solier, Carlos (eds.)

Madrid: CYTED; Proyectos y Producciones Editoriales Cyan, 1999

ISBN: 978-84-8198-305-0

Refractarios monolíticos

Baudín de la Lastra, Carmen (coord.)

Madrid: Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, 1999

ISBN: 84-8198-306-3

El vidrio reciclado en la fabricación de envases

Durán Carrera, Alicia (ed.)

Madrid: Red CYTED VIII-E, 2000

Introducción a los esmaltes cerámicos

Durán, Alicia (ed.)

Madrid: CYTED; Faenza Editrice Ibérica, 2002

ISBN: 978-84-87683-23-7

Introducción a la electrocerámica

Fernández Lozano, José Francisco; Frutos Vaquerizo, José de (eds.)

Madrid: CYTED; Fundación Rogelio Segovia para el Desarrollo de las Telecomunicaciones, 2003

ISBN 84-7402-305-X

Biomateriales

Programa Iberoamericano CYTED. Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Red temática VIII-J "Biomateriales para la Salud"

Sastre Muñoz, Ramón; San Román del Barrio, Julio; Aza Pendás, Salvador de (eds.)

Castellón: Faenza Editrice Ibérica, 2004

ISBN: 978-84-87683-26-8

Guía de mejores técnicas disponibles en España del sector de la fabricación del vidrio

Vicente Mingarro, Íñigo de; Durán Carrera, Alicia (coords.)

Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, 2007

ISBN: 978-84-8320-389-7

Making glass better. An ICG roadmap with a 25 year Glass R&D horizon

Bange, Klaus; Weissenbergerger-Eibl., Marion Anna, eds.

ICG Editorial Team: Durán Carrera, Alicia; Parker, John (eds.)

Madrid: Proyectos Editoriales Cyan, 2010

ISBN: 978-84-8198-832-1

Winds of change. A history of ICG: 1933-2010

ICG Editorial Team: Parker, John; Durán Carrera, Alicia

Madrid: Proyectos Editoriales Cyan, 2010

ISBN: 978-84-8198-829-1

Edición de revistas

En los últimos 50 años la edición del *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio* ha sido asumida por los siguientes investigadores del ICV:

- Antonio García Verduch.
- José María Fernández Navarro.
- Juan Espinosa de los Monteros.
- Salvador de Aza Pendás.
- Jesús María Rincón López.
- José Ramón Jurado Egea.
- Emilio Criado Herrero.
- Miguel Ángel Rodríguez Barbero.
- José Francisco Fernández Lozano.
- Carmen Baudín de la Lastra.

Rodrigo Moreno Botella ha sido editor asociado del *Journal of the American Ceramic Society* y Alicia Durán Carrera es editora asociada del *Journal of Applied Glass Science*. Finalmente señalar que Rodrigo Moreno Botella forma parte del comité editorial del *Journal of the European Ceramic Society* desde el año 2012.

María Pilar Pena Castro

Derechos de Propiedad Industrial

La valorización de la actividad en I+D a través de la transferencia de tecnología del Instituto de Cerámica y Vidrio se ve reflejada en la obtención de Derechos de Propiedad Industrial en forma de familias de patentes de invención. El ICV-CSIC con un total de 75 familias de patentes a lo largo de su historia muestra una sólida posición en la generación de conocimiento y su protección como vehículo para transferir dicho conocimiento al sector industrial y a la sociedad.

Ya en los antecedentes de la propia constitución del ICV-CSIC se observa la existencia de patentes nacionales dirigidas a la fabricación de piezas de cordierita para aplicaciones térmicas y eléctricas, ES203073 (A1), así como a porcelanas para prótesis dentales, ES237713 (A1). En estas patentes la titularidad corresponde al Patronato “Juan de la Cierva”. Durante las dos primeras décadas de trayectoria del ICV-CSIC se conceden a nombre del Patronato “Juan de la Cierva” dos nuevas patentes: en materiales refractarios básicos, ES336933 (A1), y en refractarios anticorrosión para cubas de fundición, ES432456 (A1). En esta última patente se alcanza un nivel de protección internacional con obtención de derechos de propiedad industrial en Alemania, Francia y Reino Unido.

A partir de la tercera década de andadura del ICV-CSIC se produce un impulso en las acciones de propiedad intelectual con familias de patentes en procesos. Los materiales objeto de protección se amplían y se abarca desde materiales cerámicos refractarios, estructurales, electrocerámicos, vidrios, hasta materiales compuestos. Las familias de patentes publicadas son un adecuado reflejo de la distribución de las líneas de trabajo del ICV-CSIC durante la década de 1984-1993. Se deben destacar dos aspectos que resultan novedosos en esta década, por un lado, la incipiente publicación de solicitudes internacionales PCT y, por otro, la obtención de dos familias de patentes con titularidad de empresa con base en proyectos de investigación. Respecto a la titularidad de las patentes, estas se producen fundamentalmente a nombre de Consejo Superior de Investigaciones

Científicas o bien a nombre de otros OPIS con las que se colabora. Estas actuaciones se deben en parte a una falta de política definida en Protección de la Propiedad Intelectual por parte del CSIC.

En la década de 1994-2003 se produce un aumento notable del número de patentes concedidas sin que se acompañe de un aumento de su internacionalización o de su traslación al sector industrial. La temática de las patentes concedidas evoluciona al observarse una mayor proporción de procedimientos de obtención y productos por proceso. El aumento de solicitudes de patentes está relacionado en este periodo, por un lado, con un volumen importante de doctores formados en el ICV-CSIC que implica una mayor competitividad en su incorporación a la escala científica y, por otro, con la realización de planes de actuación del propio instituto que anteceden al traslado de sede del mismo.

El salto cualitativo en protección de la propiedad industrial se produce ya en la sede de la UAM durante la década de 2004-2013. Prácticamente más de la mitad de todas las patentes del ICV-CSIC se producen en esta etapa con un salto hacia la internacionalización muy relevante, puesto que cerca del 70 por ciento de las patentes corresponden a solicitudes internacionales PCT y en muchos casos derivan en la obtención de derechos de explotación en diferentes territorios. Este aspecto está íntimamente relacionado con la financiación por parte de las empresas de las invenciones, ya que intervienen en dos de cada tres familias de patentes. Como resultado se alcanza un número de once patentes licenciadas junto con otras diez que son propiedad de las empresas según los correspondientes contratos de investigación. La existencia de una política definida por parte del CSIC en protección de la propiedad industrial propicia un mayor número de acciones.

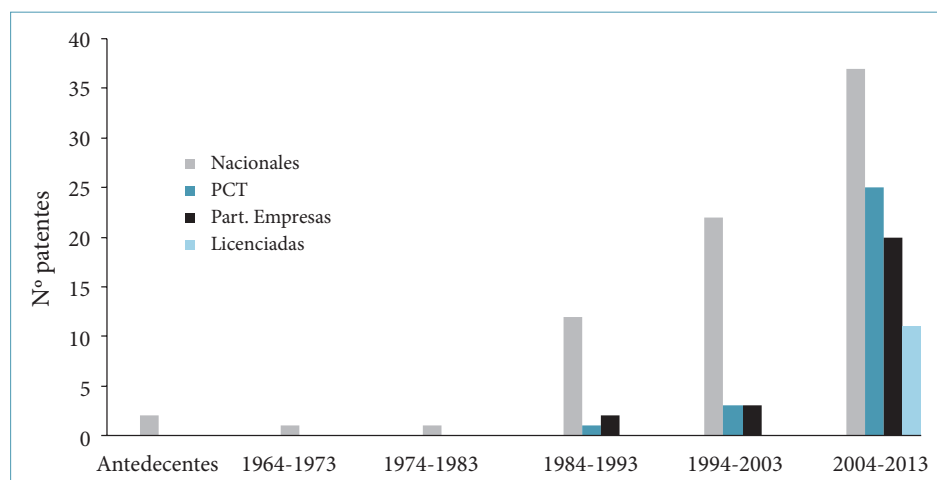


Figura 1. Familias de Patentes ICV-CSIC.

La temática de las patentes se amplía considerablemente encontrándose patentes con nuevas orientaciones de la cerámica hacia nanotecnología, recubrimientos y biomateriales entre otros campos. En esta etapa las patentes abarcan invenciones de producto, procedimiento y uso de las mismas. Siendo claro el notable esfuerzo del ICV-CSIC por valorizar la actividad investigadora, esta actividad se encuentra claramente relacionada con el salto de calidad en publicaciones alcanzado por el centro en esta década.

El ICV-CSIC alcanza así los 50 años de trayectoria con una tradición notable en actividades de protección de derechos de propiedad industrial. Este posicionamiento está indisolublemente unido al avance en el conocimiento propiciado por las diferentes generaciones de científicos y técnicos del ICV-CSIC, y al trabajo desarrollado en conjunto con las empresas de diversos sectores que emplean los materiales cerámicos y vítreos como eje de su actividad económica.

Listado de las familias de patentes del ICV-CSIC hasta 2013

Antecedentes

1952

“Un procedimiento de obtención de pastas cerámicas de cordierita”

V. Aleixandre y E. Aparicio

Titularidad: Patronato “Juan de la Cierva”

ES203073 (A1) 1952-06-01

1958

“Un procedimiento de fabricación de dientes y toda clase de piezas de porcelana especial para prótesis dental”

M. D. Álvarez-Estrada

Titularidad: Patronato “Juan de la Cierva”

ES237713 (A1) 1958-03-01

ICV-CSIC

1968

“Procedimiento de fabricación de refractarios básicos, aglomerados químicamente en crudo”

M. D. Álvarez-Estrada y S. de Aza

Titularidad: Patronato “Juan de la Cierva”

ES336933 (A1) 1968-01-16

1976

“Procedimiento de protección frente a la corrosión de cubas y contenedores mediante recubrimientos cerámicos”

M. D. Álvarez-Estrada, A. Vázquez, P. Durán y F. Morales

Titularidad: Patronato “Juan de la Cierva”

ES432456 (A1) 1976-11-01

DE2552294 (A1) 1976-06-10

FR2292778 (A1) 1976-06-25; FR2292778 (B1) 1978-10-06

GB1509559 (A) 1978-05-04

1984

“Procédé de fabrication d’alliages céramiques polyphasés par frittage réactif, ET alliages céramiques polyphasés obtenus”

M. Anseau, F. Cambier, C. Leblud, S. de Aza, J. S. Moya y P. Pena

Titularidad: Centre de Recherche de L’Industrie Belge de la Céramique

BE898008 (A1) 1984-02-15; BE898604 (A4) 1984-05-02

“Procedimiento de fabricación de materiales cerámicos piezoeléctricos a partir de materias primas reactivas”

C. Alemany, F. Capel, P. Durán, G. Fernández, B. Jiménez, J. R. Jurado, E. Maurer, J. Mendiola, C. Moure y L. del Olmo

Titularidad: Consejo Superior de Investigaciones Científicas

ES8403431 (A1) 1984-06-16

1988

“Un método para la producción de polvos cerámicos a base de beta-sialon”

J. S. Moya, S. de Aza, F. Morales, F. J. Valle, M. I. Osendi, R. Martínez y M. P. Corral

Titularidad: Unión de Explosivos Río Tinto, S. A.

EP0289440 (A1) 1988-11-02

ES2004407 (A6) 1989-01-01

DE289440 (T1) 1989-04-20

JPS63274611 (A) 1988-11-11

US5110773 (A) 1992-05-05

1989

“Procedimiento de obtención de filmes termoaislantes a base de materiales compuestos como matrices diversos polímeros y copolímeros y como cargas sustancias vítreas”

A. Gómez, J. Rubio, L. Martín y J. L. Oteo

Titularidad: Consejo Superior de Investigaciones Científicas

ES2010848 (A6) 1989-12-01

1992

“Method for the preparation of piezoelectric ceramic materials of PZTN”

F. Orgaz, M. Campo y P. Durán

Titularidad: ERCROS, S. A.

WO9202471 (A1) 1992-02-20

AU8299891 (A) 1992-03-02

EP0495041 (A1) 1992-07-22

ES2023565 (A6) 1992-01-16

“Procedimiento de preparación reproducible de polvos cerámicos de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ superconductores de alta T_c y de sus materiales sinterizados”

P. Durán, J. Tartaj, C. Moure y J. F. Fernández

Titularidad: Consejo Superior de Investigaciones Científicas

ES2023604 (A6) 1992-01-16

“Procedimiento de preparación de vidrios de fosfato nitrurado para resistencia química de soldadura de metales”

L. Pascual y A. Durán

Titularidad: Consejo Superior de Investigaciones Científicas

ES2026422 (A6) 1992-04-16

“Procedimiento de obtención de mezclas homogéneas nitrurables de premullita/carbón en medio acuoso”

M. P. Corral, R. Moreno, R. Martínez, J. Requena y J. S. Moya

Titularidad: Consejo Superior de Investigaciones Científicas

ES2025982 (A6) 1992-04-01

“Procedimiento de obtención de mezclas homogéneas nitrurables de caolín/carbón en medio acuoso”

M. P. Corral, R. Moreno, R. Martínez, J. Requena y J. S. Moya

Titularidad: Consejo Superior de Investigaciones Científicas

ES2025981 (A6) 1992-04-01

“Procedimiento de obtención de mezclas homogéneas nitrurables de alúmina/carbón en medio acuoso”

R. Moreno, M. P. Corral, R. Martínez, J. Requena y J. S. Moya

Titularidad: Consejo Superior de Investigaciones Científicas

ES2025980 (A6) 1992-04-01

1993

“Delaminación de caolines y otros silicatos”

F. Guitián, R. Conde-Pumpido, S. de Aza y J. S. Moya

Titularidad: Universidade de Santiago de Compostela

ES2039306 (A1) 1993-09-16; ES2039306 (B1) 1994-05-16

“Procedimiento para la obtención de áridos a partir de barros rojos del proceso Bayer”

F. Guitián, R. Conde-Pumpido, S. de Aza y J. S. Moya

Titularidad: Universidade de Santiago de Compostela

ES2040640 (A1) 1993-10-16; ES2040640 (B1) 1994-06-16

1994

“Procedimiento de unión hidroxiapatito-metal a través de una fase vítrea intermedia para la fabricación de implantes”

F. Guitián, A. P. Tomsia, J. S. Moya, S. de Aza y J. Couceiro

Titularidad: Universidade de Santiago de Compostela

ES2049629 (A1) 1994-04-16; ES2049629 (B1) 1994-12-16

1995

“Recubrimientos protectores sobre acero inoxidable producidos por sol-gel”

O. de Sanctis, L. Gómez, N. Pellegrini y A. Durán

Titularidad: Consejo Superior de Investigaciones Científicas y Universidad Nacional del Rosario

ES2063696 (A1) 1995-01-01; ES2063696 (B1) 1995-07-16

1996

“Mejoras en el procedimiento para la obtención y recogida de nitruro de silicio en forma de polvo”

F. Orgaz, J. M. Albella, C. Gómez-Aleixandre, F. Serrano, J. M. Martínez-Duart y D. Díaz

Titularidad: Consejo Superior de Investigaciones Científicas

ES2069462 (A1) 1995-05-01, ES2069462 (B1) 1996-03-01

1997

“Procedimiento para la obtención de microesferas de vidrio a partir de estériles de hulla”

J. L. Oteo

Titularidad: Meteotest Vidrio, S. L.

ES2096516 (A1) 1997-03-01; ES2096516 (B1) 1997-12-16

“Process for producing heat-accumulator ceramic blocks from red clays of the Bayer process”

F. Guitián, R. Conde-Pumpido, S. de Aza y J. S. Moya

Titularidad: Universidade de Santiago de Compostela

WO9711041 (A1) 1997-03-27

DE69626190 (T2) 2003-11-27

ES2099033 (A1) 1997-05-01; ES2099033 (B1) 1998-02-16

EP0794161 (A1) 1997-09-10; EP0794161 (B1) 2003-02-12

“Procedimiento de obtención de materiales cerámicos a partir de residuos de hidrometalurgia de zinc que contienen hierro”

F. J. Sitges, F. Sitges, F. Álvarez, F. Tamargo, J. M. Rincón, I. de Vicente y P. Callejas

Titularidad: Asturiana de Zinc, S. A.

ES2100795 (A1) 1997-06-16; ES2100795 (B1) 1998-01-16

“Protection coatings produced by sol-gel on silver reflectors”

A. Durán y A. Morales

Titularidad: Consejo Superior de Investigaciones Científicas y Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas

WO9724471 (A1) 1997-07-10

AT192511 (T) 2000-05-15

EP0818561 (A1) 1998-01-14; EP0818561 (B1) 2000-05-03

ES2148589 (T3) 2000-10-16

GR3034063 (T3) 2000-11-30

PT818561 (E) 2000-10-31

1998

“Procedimiento para la separación y concentración de los elementos lantánidos con su aplicación a su determinación mediante técnicas de espectrometría atómica”

M. T. Larrea, O. Cabreara y J. C. Fariñas

Titularidad: Consejo Superior de Investigaciones Científicas y Universidad Complutense de Madrid

ES2121513 (A1) 1998-11-16; ES2121513 (B1) 1999-07-16

2000

“Procedimiento de purificación de mullita por reacción de impurezas a especies volátiles”

A. Souto, F. Guitián y S. de Aza

Titularidad: Universidade de Santiago de Compostela

ES2139497 (A1) 2000-02-01; ES2139497 (B1) 2000-11-01

“Cementos refractarios aluminosos conteniendo espinela. Procedimiento de Obtención”

A. H. de Aza, M. Pena, R. Torrecillas y S. de Aza

Titularidad: Consejo Superior de Investigaciones Científicas

ES2143369 (A1) 2000-05-01; ES2143369 (B1) 2001-01-01

“Procedimiento de obtención de materiales compuestos con gradiente funcional mediante un proceso de reducción secuencial controlada por difusión”

A. Souto, F. Guitián y S. de Aza

Titularidad: Universidade de Santiago de Compostela

ES2148035 (A1) 2000-10-01; ES2148035 (B1) 2001-05-16

“Un procedimiento para la obtención de fibras cortas y largas y sus telas de entrecruzamiento químico por centrifugación, estirado o extrusión de soles obtenidos mediante hidrólisis controlada de disoluciones de alcóxidos metálicos”

J. L. Oteo, J. Rubio y F. Rubio

Titularidad: Repsol Química, S. A.

ES2140252 (A1) 2000-02-16; ES2140252 (B1) 2001-02-01

2001

“Procedimiento de purificación de alúmina por reducción de impurezas a especies volátiles”

A. Souto, F. Guitián y S. de Aza

Titularidad: Universidade de Santiago de Compostela

ES2154146 (A1) 2001-03-16; ES2154146 (B1) 2001-12-01

2002

“Método de obtención de partículas de ZnO con morfología acicular”

J. F. Fernández, J. E. Rodríguez-Páez, A. C. Caballero, M. Villegas, P. Durán y C. Moure

Titularidad: Consejo Superior de Investigaciones Científicas

ES2170675 (A1) 2002-08-01; ES2170675 (B1) 2003-12-16

“Materiales termohíbridos inorgánicos-orgánicos de baja densidad y su procedimiento de obtención”

J. L. Oteo, J. Rubio y F. Rubio

Titularidad: Consejo Superior de Investigaciones Científicas

ES2174680 (A1) 2002-11-01; ES2174680 (B1) 2004-09-16

“Procedimiento de obtención de óxido de cinc con aditivos para la fabricación de cerámicas no óhmicas”

J. F. Fernández, J. E. Rodríguez-Páez, A. C. Caballero, M. Villegas, P. Durán y C. Moure

Titularidad: Consejo Superior de Investigaciones Científicas

ES2176083 (A1) 2002-11-16; ES2176083 (B1) 2004-01-16

2003

“Procedimiento para el conformado de materiales cerámicos y/o metálicos por gelificación de carrogenatos”

R. Moreno, A. J. Millán, A. J. Sánchez-Herencia y M. I. Nieto

Titularidad: Consejo Superior de Investigaciones Científicas e Instituto Universitario de Tecnología de Venezuela

ES2184552 (A1) 2003-04-01; ES2184552 (B1) 2004-08-01

“Flexible method of decorating ceramic products”

J. F. Fernández, E. Solera, A. C. Caballero y M. Villegas

Titularidad: Consejo Superior de Investigaciones Científicas

WO03029167 (A1) 2003-04-10

ES2190360 (A1) 2003-07-16; ES2190360 (B1) 2005-02-01

“Recubrimientos híbridos-orgánico-inorgánicos resistentes a la corrosión, oxidación y desgaste y procedimiento para su producción a partir de suspensiones sol-gel con partículas o cerámicas sobre sustratos metálicos”

I. J. Gallardo, P. Galiano, R. Moreno y A. Durán

Titularidad: Consejo Superior de Investigaciones Científicas

ES2185449 (A1) 2003-04-16; ES2185449 (B1) 2004-08-01

“Recubrimientos híbridos-orgánico-inorgánicos bioactivos y procedimiento para su producción a partir de soluciones sol-gel con partículas vítreas o cerámicas sobre sustratos metálicos”

I. J. Gallardo, P. Galiano, R. Moreno y A. Durán

Titularidad: Consejo Superior de Investigaciones Científicas

ES2185450 (A1) 2003-04-16; ES2185450 (B1) 2004-08-01

“Procedimiento de obtención de recubrimientos por deposición electroforética (EPD) a partir de soluciones y suspensiones sol-gel”

Y. Castro, B. Ferrari, I. J. Gallardo, R. Moreno y A. Durán

Titularidad: Consejo Superior de Investigaciones Científicas

ES2186493 (A1) 2003-05-01; ES2186493 (B1) 2004-09-16

“Fabricación en continuo de artículos cerámicos y/o metálicos por extrusión-gelificación de suspensiones acuosas”

J. A. Millán, M. I. Santacruz, C. A. Gutiérrez, A. J. Sánchez-Herencia y R. Moreno

Titularidad: Consejo Superior de Investigaciones Científicas

ES2192933 (A1) 2003-10-16; ES2192933 (B1) 2005-02-16

2004

“Configuración y proceso de fabricación de motores ultrasónicos con estator de características variables mediante electrodos segmentados”

J. L. Pons, J. F. Fernández, M. Villegas, A. C. Caballero, D. Mesonero-Romanos, R. Ceres, L. Calderón, J. M. Martín y A. R. Jiménez

Titularidad: Consejo Superior de Investigaciones Científicas

ES2201912 (A1)2004-03-16; ES2201912 (B1)2005-06-01

“Matrices para el prensado de pavimento y revestimiento cerámico”

A. Poyatos y M. A. Rodríguez

Titularidad: MACER, S. L.

ES 1 056 469U

“Procedimiento de obtención de recubrimientos mediante técnicas de xerografiado automático a partir de suspensiones de polvos nanométricos o soles obtenidos vía sol-gel y dispositivo para su puesta a punto”

J. R. Jurado, E. Chinarro y M. T. Colomer

Titularidad: Consejo Superior de Investigaciones Científicas

ES2209657 (A1) 2004-06-16; ES2209657 (B1) 2005-10-16

2005

“Method for improving the reliability of brittle materials through the creation of a threshold strength”

F. Lange, P. Rao y A. J. Sánchez-Herencia

Titularidad: California University

US6878466 (B1) 2005-04-12

Licencia: NAVY, Secretary of the United States of America 2000-09-09

“Procedimiento para el conformado de películas autoportadas, recubrimientos y materiales laminados inorgánicos (cerámicos y/o metálicos) por gelificación térmica de suspensiones acuosas”

R. Moreno, B. Ferrari, M. I. Santacruz y M. I. Nieto

Titularidad: Consejo Superior de Investigaciones Científicas

ES2235618 (A1) 2005-07-01; ES2235618 (B1) 2006-11-16

2006

“Two-step frit fusion method and furnace”

A. Durán, M. J. Pascual, M. J. Marijuan, C. Baudín, P. Pena, E. Criado y J. J. Bakali

Titularidad: ESMALTES, S. A.

WO2005016836 (A1) 2005-02-24

EP1671933 (A1) 2006-06-21

ES2224873 (A1) 2005-03-01; ES2224873 (B1) 2006-01-16

2007

“Moldes Inteligentes para el prensado de pavimento y revestimiento cerámico”

A. Poyatos, J. F. Fernández, M. P. Ochoa, F. J. Jiménez, J. De Frutos y M. A. Rodríguez

Titularidad: Macer, S. L.

ITTO20070047 (A1) 2007-07-25

ES2296499 (A1)2008-04-16; ES2296499 (B1)2008-12-16

2008

“Reactor for the electrochemical treatment of biomass”

D. Guinea, J. L. G. Fierro, R. F. Navarro, J. R. Jurado y H. R. Rodríguez

Titularidad: Consejo Superior de Investigaciones Científicas y Knowledge Valley, S. L.

WO2008056012 (A1) 2008-05-15

BRPI0718604 (A2) 2013-12-17

EP2090678 (A1) 2009-08-19

ES2299388 (A1) 2008-05-16; ES2299388 (B1) 2009-04-16

US2010213075 (A1) 2010-08-26

“Ceramic enamel with metallic brilliance, method for preparation and application”

A. Esteban, J. S. Moya, C. Pecharroman, J. F. Fernández, R. Pina y J. J. Reinos

Titularidad: Consejo Superior de Investigaciones Científicas

WO2008/152174 (A1) 2008-12-18

ES2310139 (A1) 2008-12-16; ES2310139 (B1) 2009-12-04

Licencia: KERABEN, S. A. y Kerafrit, S. A. 2008-11-30

“Inorganic-organic hybrid membrane for ionic interchange, preparation thereof and use in electrochemical devices”

J. R. Jurado, A. del Campo, E. Chinarro, B. Moreno, M. Canillas y J. Brasero

Titularidad: Consejo Superior de Investigaciones Científicas

WO2009000963 (A1) 2008-12-31

ES2310484 (A1) 2009-01-01; ES2310484 (B1) 2010-01-08

2009

“Method for conditioning mineral materials such as safety additives”

A. Olmos, J. Mendia, J. Baraja, J. A. Rubio, M. A. Rodríguez y J. F. Fernández

Titularidad: Fábrica Nacional Moneda y Timbre Real Casa de la Moneda

WO2009043948 (A1) 2009-04-09

ES2317790 (A1) 2009-04-16; ES2317790 (B1) 2010-02-16

“Quemador radiante poroso”

M. I. Osendi, M. A. Sainz, M. P. Miranzo, R. Marín, J. A. Salguero y L. J. Fernández

Titularidad: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Prosider Ibérica, S. A. e Ikerlan Sociedad Cooperativa

ES2319151 (A1) 2009-05-04; ES2319151 (B1) 2010-07-09

“Dense and homogeneous ceramic material consisting of carbon/silicon nitride nanotubes, production method and applications thereof”

M. Belmonte, M. P. Miranzo y M. I. Osendi

Titularidad: Consejo Superior de Investigaciones Científicas

WO2009118442 (A1) 2009-10-01

ES2326018 (A1) 2009-09-28; ES2326018 (B1) 2010-07-05

2010

“Method for dry dispersion of nanoparticles and production of hierarchical structures and coatings”

J. F. Fernández, I. Lorite, F. Rubio-Marcos, J. J. Romero, M. A. García, A. Quesada, M. S. Martín-González y J. L. Costa-Kramer

Titularidad: Consejo Superior de Investigaciones Científicas

WO2010/010220 (A1) 2010-01-28

CN 102099100 (A) 2011-06-15

EP2319613 (A1) 2011-05-11; EP2319613 (A4) 2013-03-06

ES2332079 (A1) 2010-01-25; ES2332079 (B1) 2010-10-27

KR20110040945 (A) 2011-04-20

JP 2011-530394 2011-12-22

RU2011106377 (A) 2012-08-27

US2012107405 (A1) 2012-05-03

Licencia: Advanced Dispersed Particles, S. L. 2011-12-11

“Silicon nitride ceramic material having an in-situ continuous gradient function, process for manufacture, properties and applications thereof”

M. Belmonte, J. González, M. P. Miranzo y M. I. Osendi

Titularidad: Consejo Superior de Investigaciones Científicas

WO2010037891 (A1) 2010-04-08

ES2335850 (A1) 2010-04-05; ES2335850 (B1) 2011-01-24

“Electrode for recording bioelectromagnetic signals and related manufacturing process”

B. Moreno, A. del Campo, E. Chinarro, J. R. Jurado, D. Guinea, A. Oliviero, V. Soto y C. Foffani

Titularidad: Consejo Superior de Investigaciones Científicas

WO2010055188 (A1) 2010-05-20

EP2356938 (A1) 2011-08-17

ES2339210 (A1) 2010-05-17; ES2339210 (B1) 2011-04-08

“Nanostructured calcium-silver phosphate composite powder, method for obtaining same, and bactericidal and fungicidal uses thereof”

J. S. Moya, M. Díaz, M. F. Barba, F. Malpartida, M. Miranda, A. Fernández, L. Esteban, S. López-Esteban y R. Torrecillas

Titularidad: Consejo Superior de Investigaciones Científicas

WO2010072882 (A1) 2010-07-01

CA2748420 (A1) 2010-07-01

CN102361717 (A) 2012-02-22

ES2341749 (A1) 2010-06-25; ES2341749 (B1) 2011-04-28

EP2380687 (A1) 2011-10-26; EP2380687 (A4) 2012-07-25

JP2012513971 (A) 2012-06-21

US2012040005 (A1) 2012-02-16

“Quemador poroso”

M. I. Osendi, M. A. Sainz, M. P. Miranzo, R. Marín, J. A. Salguero y L. J. Fernández

Titularidad: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Prosider Ibérica, S. A. e Ikerlan Sociedad Cooperativa

ES2343933 (A1) 2010-08-12; ES2343933 (B1) 2011-06-16

“Gel-coat de resina epoxi con nanofibras de carbono y proceso de preparación del mismo”

F. M. Blas, J. L. Oteo y G. Bajo

Titularidad: Moldeo y Diseño, S. L.

ES2343997 (A1) 2010-08-13; ES2343997 (B1) 2011-06-17

“Bone regeneration materials based on combinations of monetite and other bioactive calcium and silicon compounds”

A. García-Castro, R. García-Carrodegua, S. Padilla y N. Acosta

Titularidad: AZUREBIO, S. L.

WO2010092001 (A1) 2010-08-19

AU2010213019 (A1) 2011-09-22

CA2751950 (A1) 2010-08-19

CN102316911 (A) 2012-01-11; CN102316911 (B) 2014-03-05

EP2396046 (A1) 2011-12-21; EP2396046 (B1) 2012-06-13

ES2389294 (T3) 2012-10-24

JP2012517251 (A) 2012-08-02

US2012058152 (A1) 2012-03-08; US8506985 (B2) 2013-08-13

2011

“Method for obtaining a ceramic filler material for thermal-spraying techniques”

E. S. García, J. Queiroz, M. P. Miranzo y M. I. Osendi

Titularidad: Consejo Superior de Investigaciones Científicas

WO2011045457 (A1) 2011-04-21

ES2357712 (A1) 2011-04-29; ES2357712 (B1) 2012-03-08

“Vitreous coatings made using the sol-gel process for protecting metals against corrosion”

C. Rosero-Navarro, Y. Castro, M. Aparicio y A. Durán

Titularidad: Consejo Superior de Investigaciones Científicas

WO2011058209 (A1) 2011-05-19

ES2359550 (A1) 2011-05-24; ES2359550 (B1) 2012-04-04

2012

“Method for obtaining large pieces with high mechanical and thermal performance from silicon oxycarbide glass”

J. L. Oteo, J. Rubio, F. Rubio y M. A. Mazo

Titularidad: Consejo Superior de Investigaciones Científicas

WO2012017122 (A1) 2012-02-09

ES2374354 (A1) 2012-02-16; ES2374354 (B1) 2012-12-26

“Catalysts organized hierarchically by means of dry nanodispersion”

J. F. Fernández, F. Rubio-Marcos, V. Calvino y M. A. Bañares

Titularidad: Consejo Superior de Investigaciones Científicas

WO2012/017115 (A1) 2012-02-09

ES2374470 (A1) 2012-02-17; ES2374470 (B1) 2012-12-26

Licencia: Advanced Dispersed Particles, S. L. 2011-12-14

“Novel glass compositions and method for producing a glass/metal join”

N. Martínez, J. L. Oteo, J. Rubio, F. Rubio y M. A. Mazo

Titularidad: Abengoa Solar New Technologies, S. A.

WO2011051509 (A1) 2011-05-05; WO2011051509 (A8) 2011-07-28

CN102656124 (A) 2012-09-05

EP2495222 (A1) 2012-09-05

ES2358656 (A1) 2011-05-12; ES2358656 (B1) 2012-01-13

MA33700 (B1) 2012-10-01

US2013005560 (A1) 2013-01-03

“Water-repelling ceramic enamel having a metallic shine and method for producing same”

J. F. Fernández, J. J. Reinos, J. J. Romero, V. Orta, P. J. Jaquotot y M. A. Bengochea

Titularidad: 50% Consejo Superior de Investigaciones Científicas y 50% Kerafrit, S. A.

WO2012066172 (A1) 2012-06-11

ES2382514 (A1) 2012-06-11; ES2382514 (B1) 2013-05-07

Licencia: Kerafrit, S. A. 2011-07-27

“Method for producing a domestic appliance plate and domestic appliance device having a domestic appliance plate”

M. A. Buñuel, M. A. Caballero; S. Ejarque, F. J. Ester Sola, J. F. Fernández, F. Ferrando, J. R. García, D. Martín y F. Planas

Titularidad: 50% BSH Bosch Siemens Hausgeraete y 50% Minera Catalano Aragonesa SAMCA, S. A.

WO2012085763 (A1) 2012-06-28

EP2655292 (A1) 2013-10-30

ES2385082 (A1) 2012-07-18; ES2385082 (B1) 2013-05-24

US2013256295 (A1) 2013-10-03

“Formulation of drugs and vaccines in the form of percutaneous injectable needles”

A. García-Castro, R. García-Carrodeaguas y N. Acosta

Titularidad: AZUREBIO, S. L.

WO2011042542 (A1) 2011-04-14

AU2010305368 (A1) 2012-05-24

CA2785315 (A1) 2011-04-14

CN102647977 (A) 2012-08-22

EP2485711 (A1) 2012-08-15

ES2362525 (A1) 2011-07-07; ES2362525 (B1) 2012-06-07; ES2362525 (B8) 2013-01-03

US2012219589 (A1) 2012-08-30

“Method for producing a sol-gel coating on surfaces with vitreous ceramic enamels and coating thus produced”

F. González, A. J. de Albuquerque, J. Balcells, A. Quintana, J. F. Fernández, E. Enríquez, M. A. de la Rubia, M. García y M. A. Rodríguez

Titularidad: 50% Consejo Superior de Investigaciones Científicas y 50% ROCA SANITARIO, S. A.

WO2012113953 (A1) 2012-08-30

ES2389349 (A1) 2012-10-25; ES2389349 (B1) 2013-06-12

Licencia: Roca Sanitario, S. A. 2011-02-17

“Procedimiento para la obtención de un recubrimiento sol-gel híbrido en superficies con esmaltes cerámicos vitrificados y recubrimiento obtenido”

F. González, A. J. de Alburquerque, J. Balcells, A. Quintana, J. F. Fernández, E. Enríquez, M. A. de la Rubia, M. García y M. A. Rodríguez

Titularidad: 50% Consejo Superior de Investigaciones Científicas y 50% ROCA SANITARIO, S A.

ES2387222 (A1)2012-09-18; ES2387222 (B1)2013-06-12

Licencia: Roca Sanitario, S. A. 2011-02-17

“Use of radiofrequency wave absorbing markers for the authentication of security documents”

J. J. Romero, M. García-Juez, J. F. Fernández, J. Gamo y M. A. Rodríguez

Titularidad: 50% Consejo Superior de Investigaciones Científicas y 50% Fábrica Nacional de la Moneda y Timbre-Real Casa de la Moneda

WO2012/131045 (A1) 2012-10-04

AR085838 (A1) 2013-10-30

EP2505618 (A1) 2012-10-03; EP2694600 (A1) 2014-02-12

Licencia: Fábrica Nacional de la Moneda y Timbre-Real Casa de la Moneda 2013-02-25

“Composition of an electric conductive paste that can be co-sintered at high temperatures and the integration thereof into ceramic materials based on porcelain, stoneware, porcelain stoneware or the like”

F. González, A. J. Alburquerque, J. Balcells, A. Quintana, A. C. Caballero, M. T. Jardiel, M. Villegas y A. Caballero

Titularidad: Consejo Superior de Investigaciones Científicas y Roca Sanitarios, S. A.

WO2012140303 (A2) 2012-10-18; WO2012140303 (A3) 2012-12-20

ES2390427 (A1) 2012-11-13

Licencia: Roca Sanitarios, S. A. 31-03-2011

“Use of Raman Markers for authenticating security documents”

J. J. Romero, M. García-Juez, J. F. Fernández, J. Gamo, M. A. Rodríguez, A. Ruiz e I. Lorite

Titularidad: 50% Consejo Superior de Investigaciones Científicas y 50% Fábrica Nacional de la Moneda y Timbre-Real Casa de la Moneda

WO2012/164054 (A1) 2012-12-06

EP20110382183 2011-06-02

Licencia: Fábrica Nacional de la Moneda y Timbre-Real Casa de la Moneda 2013-02-25

2013

“Combination and method of producing glaze bactericide glaze ceramics for ceramic products”

J. F. Fernández, J. J. Reinos, J. J. Menéndez, A. Campillo y P. J. Jaquotot

Titularidad: 33,4% Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 33,3% Nanobiomaterials Industries, S. L. y 33,3% Kerafrit, S. A.

WO2013041751 (A1) 2013-03-28

ES2406354 (A1) 2013-06-06

Licencia: Kerafrit, S. A. y Nanobiomaterials Industries, S. L. 2012-09-01

“Síntesis instantánea de alfa-Ni(OH)₂ manométrico en disolución amoniacal”

S. Cabanas, A. J. Sánchez-Herencia y B. Ferrari

Titularidad: Consejo Superior de Investigaciones Científicas

ES2402408 (A1) 2013-05-03

“Method for producing hierarchically ordered inorganic phosphates structures on phyllosilicates”

A. Esteban-Cubillo, J. Santarén, E. Aguilar, A. Álvarez, E. Palacios, P. Leret, J. F. Fernández, A. H. de Aza y M. A. Rodríguez

Titularidad: TOLSA, S. A.

WO2013093139 (A1) 2013-06-27

ES2415241 (A1) 2013-07-24

“Composición de sales de nitrato para su uso como fluido de almacenamiento y transferencia de calor de bajo punto de fusión y alta temperatura de descomposición”

F. Galindo, F. Lorman, L. Contreras y P. Pena

Titularidad: Químicas del Estroncio, S. A.

ES2424823 (A2) 2013-10-08; ES2424823 (R1) 2013-10-11

José Francisco Fernández Lozano

Financiación de la investigación

La obtención de recursos económicos para financiar las acciones de I+D es de vital importancia para un centro de investigación. El ICV cuenta con la dotación presupuestaria de las partidas de personal en plantilla y gastos generales con cargo a presupuestos generales del Estado. La financiación de las actividades de investigación se acomete fundamentalmente a través de dos tipologías de proyectos: proyectos competitivos y contratos con empresas.

Desde sus orígenes el ICV ha estado relacionado con el mundo industrial mediante la transferencia de tecnología. Los primeros contratos en términos de decenas o en el mejor de los casos de cientos de miles de pesetas eran sustanciosos para épocas de fuertes limitaciones. Esas dotaciones presupuestarias y la contratación con empresas resultan a la luz de la situación actual muy exiguas. Es a partir de la creación de los Planes Nacionales de Investigación en la década de los ochenta cuando la obtención de proyectos de investigación competitivos cobra importancia y permite un despegue de las actividades del ICV y el aumento notable de personal con dedicación a I+D.

En los proyectos competitivos se incluyen los proyectos de investigación que se obtienen en convocatorias abiertas en los diferentes organismos. Estos proyectos se han nutrido de los Planes Nacionales de Investigación en sus diferentes convocatorias tanto de proyectos de investigación como de infraestructura, de planes regionales de investigación y de proyectos en el entorno de la Unión Europea. La evolución de los diferentes planes con modificaciones tanto en la denominación de la entidad convocante como del objetivo de la convocatoria ha atendido a las necesidades cambiantes del entorno de investigación. Desde unos primeros proyectos orientados hacia materiales concretos, hasta la actual demanda de proyectos orientados a atender los retos de la sociedad, el ICV ha sabido adaptarse a la situación de cada momento y obtener ingresos de forma continuada. La evolución de las actividades de los departamentos está

motivada y regulada por esta captación de recursos. La figura 1 muestra un resumen de los fondos obtenidos por los investigadores del ICV agrupados por quinquenios. Se puede observar que a partir de 1998 se duplican los ingresos por este concepto. Dos aspectos son claves para entender este significativo aumento: la incorporación de personal formado en la tercera década del ICV, y la ubicación del ICV en el Campus de la UAM que propicia un entorno más competitivo. La naturaleza de estos proyectos involucra la generación de conocimiento en las diferentes facetas de los materiales cerámicos y vítreos. Los fondos obtenidos han sido destinados a cubrir los costes de ejecución de los distintos proyectos, pero se debe destacar que una parte importante ha contribuido a reforzar los recursos humanos y técnicos. El ICV ha formado un número muy importante de personas con alta capacitación científica, preferentemente doctores. En algunos casos el personal formado ha reforzado el sistema público de I+D, pero en otros se han incorporado al sector privado favoreciéndose así el trasvase de conocimiento. Por otro lado, se puede decir que las instalaciones del ICV cuentan en la actualidad con un equipamiento de técnicas experimentales de primer nivel para abordar los retos actuales de la investigación en el campo de la cerámica y el vidrio.

El conocimiento generado se ha visto fuertemente reflejado en la última década en el notable aumento de las publicaciones SCI. Cerca del 50% de las publicaciones se han realizado en la última década del ICV, destacando el gran aumento en términos de impacto científico y la internacionalización de las actividades.

Fruto de la inversión en generación de conocimiento, el ICV ha intensificado las acciones de transferencia de tecnología. Este hecho se constata por la fuerte captación de fondos privados para la realización de proyectos de I+D con empresas. Desde 1998, los recursos captados desde el sector privado superan con creces los recursos públicos (figura 2). Un aspecto altamente notable es que en esta última década se ha acometido el 50% de las acciones en protección industrial y la mayor parte de las licencias de patentes se han conseguido en un entorno colaborativo entre empresa-ICV. Este camino marca una senda que tiene un doble valor, primero lleva implícito el papel preponderante que el ICV juega en la potenciación de la transferencia de conocimiento hacia el sector privado y, en segundo término, inicia un proceso orientado hacia la rentabilidad de la inversión en investigación pública.

Los antecedentes del ICV son su mejor carta de presentación para afrontar un futuro complejo pero muy motivador en el que los avances científicos en materiales cerámicos y vítreos marcarán hitos importantes tanto para el propio Instituto como para la sociedad. En este sentido, los nuevos investigadores del ICV pueden contar con una base sólida en la experiencia adquirida que les permitirá afrontar el futuro con garantías.

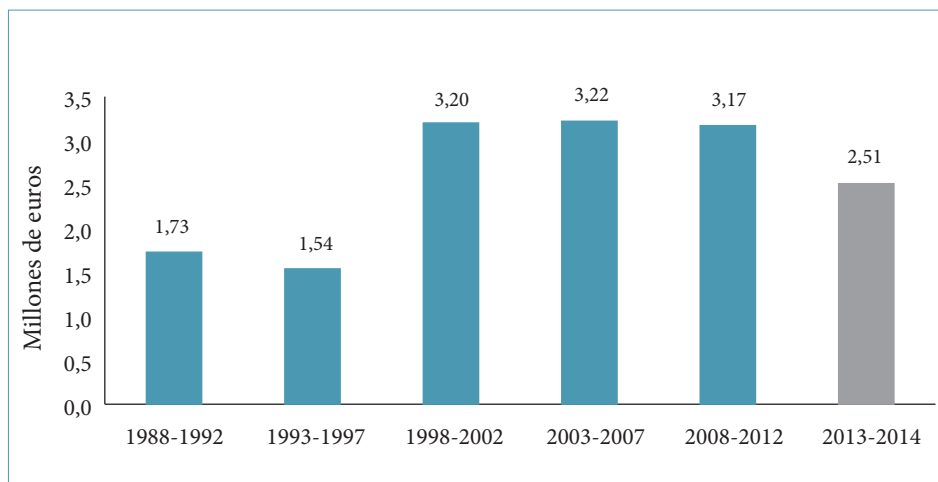


Figura 1. Evolución de los ingresos del ICV por proyectos en convocatorias competitivas.

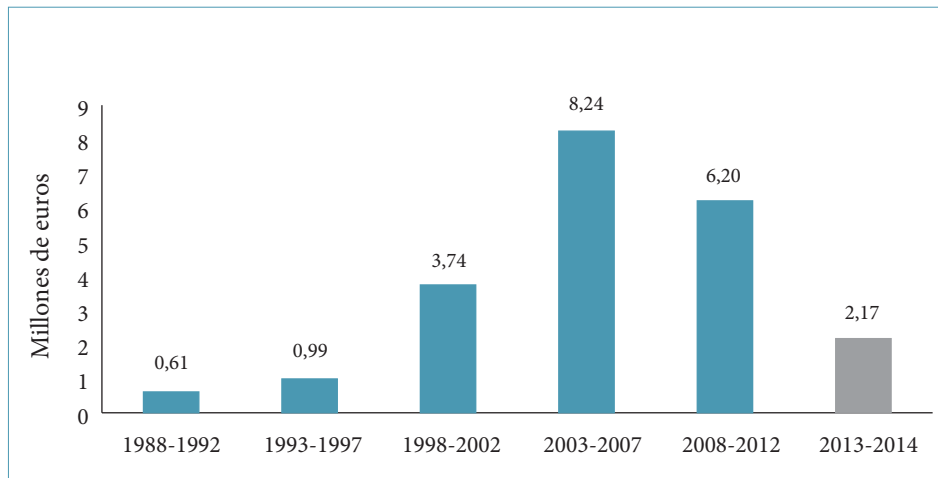


Figura 2. Evolución de los ingresos del ICV por proyectos en contratos con empresas.

Relación de empresas que han contratado proyectos I+D con el ICV-CSIC

Abengoa Solar New Technologies, S. A.	El Corindón Español, S. A.
Acerinox, S. A.	Eléctrica General Ibérica EGI
Altos Hornos de Vizcaya	Energía Industrias Aragonesas
Andamios In, S. A.	Enusa Industrias Avanzadas, S. A.
Ad Particles, S. L.	Epcos OHG
Advance Dispersed Particles, S. L.	Ercross
Advanta International Loss Adjusters	Esmalglass, SAU
Portugal, Lda.	Fábrica Nacional de Moneda y Timbre.
Aguas Font Vella y Lanjarón, S. A.	Real Casa de la Moneda
Arcelor-Mittal, S. A.	Fagor-Ederlan, Soc. Coop.
Asociación Anfre	Ferro-Enamel Española, S. A.
Azurebio, S. L.	FCC Construcción, S. A.
Bormioli - Rocco, S. A.	Fritta, S. L.
Calcinor Química Natural	Fundiplast, S. A.
Cañada, S. A.	Gecersa Tecnologías y Cerámicas
Cementos Molins, S. A.	Avanzadas, S. A.
Cementos Portland Valderribas, S. A.	Gres de Aragón, S. A.
Cepsa, S. A.	Gres de Nules Keraben, S. A.
Cerámica del Nalón	Grupo Antolín Ingeniería, S. A.
Ceraten, S. A.	Hispano Italiana de Revestimientos, S. A.
Cerámicas Greda, S. A.	Hugworld, S. L.
Cía. Española de Sistemas Aeronáuticos,	Hydrogen Solar Steam, S. L.
S. A. CESA	Ihobe, S. A.
Composites Avanzados, S. L.	Ikerlan Soc. Coop
Conservación del Patrimonio	Imra Europe SAS
Artístico, S. L.	Industrias de Aparellaje Electrico
Construcciones y Promociones	(Inael), S. A.
Coproso, S. A.	Industrias Químicas Benabent, S. A.
Cosentino, S. A.	Industria de Turbo Propulsores, S. A.
Cristalerías de Mataró, SCOCL	J. A. Lomba Camiña, S. A.
Cristalería Española, S. A.	Laboratorios Lesvi, S. L.
Cristalerías Mariano Pereanton, S. A.	Kelsen, S. A.
Disop, S. A.	Keraben, S. A.
Dual Instalaciones y Mantenimientos, S. A.	Keraben Grupo, S. A.
Eclipse Combustion SLU	Kerafrit, S. A.

Líneas y Cables, S. A.
 Lomba Camiña, S. A.
 Macer, S. A.
 Maeco Eólica, S. L.
 Magnesitas Navarra (Magna, S. A.)
 Mervilab, S. A.
 Morgan Matroc, S. A.
 Microtest, S. A. L.
 Miquel Juncá, S. A.
 MYD Moldeo y Diseño, S. L.
 Nanobiomatters Bactiblock, S. L.
 Nanobiomatters Industries, S. L.
 Nanoinnova Technologies, S. L.
 Nevz-Ceramics
 Parla Consulting, S. L.
 Parque Empresarial Omega, S. L. U.
 Passek España
 Pereanton, S. A.
 Perplastic, S. A.
 Plasotec, S. L.
 Potosi 10
 Prefabricados Uniblok, S. L. U.
 Prointec
 Prosider Ibérica S. A.
 QBE Insurance (Europe) Ltd. Suc.
 España

Química del Estroncio
 Refractarios Alfran, S. A.
 Repsol, S. A.
 Roca Radiadores S. A.
 Roca Sanitarios S. A.
 Rhone Poulenc Química, S. A.
 Río Ródano, S. A.
 Sintef Raufoss Manufacturing AS
 Sistemas Tubulares Al-Andalus, S. L.
 Solúcar, S. A.
 Tecnologías Avanzadas Inspiralia, S. L.
 Thermal Ceramics España, S. L.
 Tgi, S. A.
 Tierra Atomizada, S. A.
 Tisirsa
 Togama S. A.
 Tolsa, S. A.
 Torrecid, S. A.
 Valenciana de Cementos, S. A.
 Verallia
 Vicar, S. A.
 Vicrila, S. A.
 Vidrala
 Vidres, S. A.
 Vidrieras Muñoz de Pablos
 Xtreme Fitnees Equipment, S. L.

Relación de otros organismos que han contratado proyectos I+D con el ICV-CSIC

Cartif

Centro Tecnológico L'Urederra

CIDEMCO

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales

Fundación Centro de Cirugía de Mínima Invasión Jesús Usón

Fundación Cidaut

Fundación de Investigación de la Universidad de Sevilla - Fu0307

Fundación General CSIC

Fundación Innovarcilla - VATC1267

Fundación para la Investigación Biomédica Hospital Universitario de Getafe

FUNDETEL

Inasmet

Instituto de Tecnología Cerámica

Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial - INTA

Sociedad Pública de Gestión Ambiental del Gobierno Vasco, Ihobe

Universidad Autónoma de Madrid

Universidad de Barcelona

Universidad Carlos III

Universidad Complutense de Madrid

Universidad de Córdoba - UCO

Universidad de Extremadura

Universidad Jaime I

Universite de Liege

Universidad de Málaga

Universidad Politécnica de Madrid

Universidad Politécnica de Valencia

Universidad Rey Juan Carlos

Universidad de Valladolid

Rafael Gata López

Premios, condecoraciones y menciones honoríficas

Se expone en este apartado una relación de los investigadores del Instituto de Cerámica y Vidrio a lo largo de estos cincuenta años de historia, tanto a nivel nacional como internacional, han sido premiados por un determinado trabajo así como aquellos que han recibido un reconocimiento honorífico a su labor profesional. Asimismo, se mencionan los primeros premios del concurso de fotografía científica, técnica y artística que organiza anualmente la SECV. El Premio Nacional de Investigación Científica y Técnica “Juan de la Cierva” 1951, anterior a la creación del centro en 1964, que consiguieron Alexandre y Álvarez-Estrada, se recoge también dada la transcendencia que dicho galardón tuvo en los orígenes del ICV. Es de destacar la participación o colaboración de investigadores del ICV con empresas privadas del sector cerámico en la obtención de los premios “Alfa de Oro” concedidos por la SECV en colaboración con la Feria Internacional de Cerámica CEVISAMA.

Premios y reconocimientos internacionales

**Royal Society Fellowship of Dpto. Ceramics with Refractories Technology,
Sheffield (UK)**

1969: *Salvador de Aza Pendás*

Fellow of the Institute of Ceramics (UK)

1971: *Salvador de Aza Pendás*

Premio Keramos Refractories section, American

1982: *Ángel Caballero Cuesta*

Premio Vittorio Gottardi. International Commission on Glass

1988: *Alicia Durán Carrera*

2010: *María Jesús Pascual Francisco*

Stuijts Memorial Award of the European Ceramic Society

1993: *Salvador de Aza Pendás*

Fellow of the American Ceramic Society (USA)

1994: *Salvador de Aza Pendás*

1996: *José Serafín Moya Corral*

Fellow Member of the European Ceramic Society

2013: *Carmen Baudín de la Lastra*

2013: *José Francisco Fernández Lozano*

Premio RAÍCES a la Cooperación Internacional en Ciencia y Tecnología.

Ministerio de Ciencia y Tecnología de Argentina

2014: *Alicia Durán Carrera*

Premios y reconocimientos nacionales

Premio Nacional de Investigación Científica y Técnica “Juan de la Cierva” del CSIC

1951: *Demetrio Álvarez-Estrada y Fernández-Castrillón y Vicente Aleixandre Ferrandis*

1966: *Salvador de Aza Pendás y Demetrio Álvarez-Estrada y Fernández-Castrillón*

Premio del Instituto del Hierro y del Acero por el trabajo “Tierras de Moldeo”

1957: *Vicente Aleixandre Ferrandis*

Premio Emilio Jimeno de la Asociación Nacional de Químicos de España

1965: *Antonio García Verduch*

Gran Cruz de la Orden Civil de Alfonso X el Sabio

1968: *Vicente Aleixandre Ferrandis*

Académico de Número en la Real Academia de Farmacia

1973: *Vicente Aleixandre Ferrandis*

Medalla de Oro de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio

1974: *Antonio García Verduch*

Premio de Investigación Centro del Envase de Vidrio (CEVI)

1987: *José María Fernández Navarro*

Medalla de Plata del Consejo Superior de Investigaciones Científicas

1996: *Salvador de Aza Pendás*

Doctor Honoris Causa por la Universidad de Castellón

1996: *Antonio García Verduch*

Premio Nacional de Investigación Juan Artieda AITEMIN

1998: *Begoña Ferrari Fernández*

Placa de Honor de la Asociación Española de Científicos

1999: *José María Fernández Navarro*

Insignia de Oro de la Asociación Española de Técnicos Cerámicos

2004: *Antonio García Verduch*

Premio Extraordinario de Doctorado

1998: *Begoña Ferrari Fernández*. Universidad Politécnica de Madrid

2001: *Arnaldo José Millán Miranda*. Universidad Autónoma de Madrid

2003: *Amal Khalifa Mohamed*. Universidad Carlos III de Madrid

2011: *Julián Jiménez Reinos*. Universidad Autónoma de Madrid

2012: *Noemí Arconada Gómez-Jareño*. Universidad Autónoma de Madrid

Presidente de Honor de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio

1951: *Vicente Aleixandre Ferrandis*

Socio de Honor de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio

1985: *Salvador de Aza Pendás*

1989: *José María Fernández Navarro*

1993: *Jesús Rincón López*

1997: *José Ramón Jurado Egea*

2011: *Emilio Criado Herrero*

Premio “Alfa de Oro”. Feria Internacional de Cerámica CEVISAMA y SECV

1987: *Salvador de Aza Pendás y Ángel Caballero Cuesta* (LOMBA CAMIÑA, S. A.)

2006: *José Francisco Fernández Lozano y Pilar Ochoa Pérez* (MACER, S. L.)

2009: *José Francisco Fernández Lozano y Julián Jiménez Reinoso* (CIRAFRIT)

2012: *Alicia Durán Carrera* (TOGAMA)

Premio “Épsilon de Oro”. Sociedad Española de Cerámica y Vidrio

1999: *Pedro Durán Botía*

2009: *Carlos Moure Jiménez*

2013: *José Francisco Fernández Lozano*

Medalla de Honor del Grupo Español de Fractura

2014: *Francisco Capel del Águila*

Premios concedidos en congresos internacionales

“4th International Symposium on SHS”. España

Medalla Comité Organizador

1997: *M. Ángel Rodríguez Barbero*

International Conference on Erosive and Abrasive Wear

Premio “Mejor Póster”

1998: *M. Isabel Osendi Miranda y Pilar Miranzo López*

British Society for Dental Research. Reino Unido

“Premio sobre mineralización de tejidos”

2004: *Salvador de Aza Pendás*

VXth International Sol-Gel Conference. Brasil

2009: *M.^a Yolanda Castro Martín*

Congreso Internacional Shaping 4. España. Student Contest

2009: *María Verde Lozano*

XII European Ceramic Society. Suecia. Premio “Mejor Póster”

2011: *Francisco Capel del Águila*



Salvador de Aza recibe el nombramiento de Fellow of the American Ceramic Society (USA) en 1994.



Carmen Baudín, Fellow of ECerS (2013).



José F. Fernández, Fellow of ECerS (2013).



Premio del Concurso de Fotografía Científica, Técnica y Artística de la SECV.



Premio Vittorio Gottardi, 1988: Alicia Durán.



Premio Vittorio Gottardi, 2010: M.ª Jesús Pascual.

Premios concedidos en congresos nacionales

“Student speech contest”. Congresos Anuales organizados por la SECV

1995: *Antonio de Aza Moya*
2000: *María Yolanda Castro Martín*
2006: *Jadra Mosa Ruiz*
2008: *Jesús González-Julián*
2010: *Araceli de Pablos-Martín*
2012: *Benito Román Manso*

“Joven Investigador”. Congresos de la Sección de Electrocerámica. SECV

2001: *Marco Pleiteado López*
2005: *Pilar Ochoa Pérez*
2009: *Pilar Leret Moltó*

“Joven investigador”. Jornadas de Jóvenes Investigadores del ICV-CSIC

2013: *Nerea Mascaraque Álvarez*
2014: *Laura Muñoz Senovilla*

Congreso Anual de la SECV. Mejor Póster

2009: *Laura Peláez Aguado*
2013: *Juan Antonio Escribano Quintana*

Premio a la Mejor Comunicación Oral. Sociedad Española de Prótesis Estomatológica

2007: *Antonio H. de Aza Moya*

“Primer premio concurso de Fotografía Científica, Técnica y Artística”. Congresos Anuales de la SECV

1989: *Hans Wohlfromm*
1992: *Manuel Belmonte y Pilar Miranzo*
1996: *Mario Aparicio Ambrós*
2005: *Manuel Belmonte*
2007: *Francisco Capel del Águila*
2008: *Enrique Díaz Garrido*
2012: *David González Calatayud*

María Pilar Pena Castro
Francisco Capel del Águila

Formación, colaboración e internacionalización



Tesis doctorales*

La formación de nuevos investigadores en el campo de la cerámica y el vidrio es una de las actividades fundamentales del Instituto de Cerámica y Vidrio. La práctica totalidad de los científicos de plantilla dedican una parte de su tiempo a esta tarea, ya que los nuevos investigadores son recursos humanos fundamentales en el proceso de creación e innovación científica y tecnológica abordado en el instituto.

Se presentan, cronológicamente, todas las tesis doctorales realizadas, total o parcialmente, en el ICV. Se recogen, en primer lugar, aquellas tesis que fueron realizadas con anterioridad a la creación del centro, en el año 1964, de los investigadores que impulsaron la creación del Instituto y que dieron los primeros pasos en la investigación de las áreas de la cerámica y el vidrio. Durante los diez primeros años de existencia del ICV, obtuvieron el grado de doctor nueve personas cuya labor investigadora, junto a la de los anteriores, ha sido fundamental en el desarrollo científico y técnico del centro a lo largo de su historia.

De las 161 tesis doctorales cuya realización está vinculada al ICV, un 60 por ciento se han leído por la Universidad Autónoma de Madrid; un 26 por ciento en la Universidad Complutense de Madrid; un 14% en otras universidades nacionales y un 9% en universidades extranjeras.

El ICV manifiesta su más sincero agradecimiento al catedrático de la Universidad Autónoma de Madrid Vicente Fernández Herrero por haber aceptado participar en 85 Tribunales de Tesis y, en su mayoría, como presidente de los mismos.

* Al enumerar las tesis se ha marcado con: * Doctorado Europeo o con Mención Europea y ** Premio Extraordinario de Tesis.

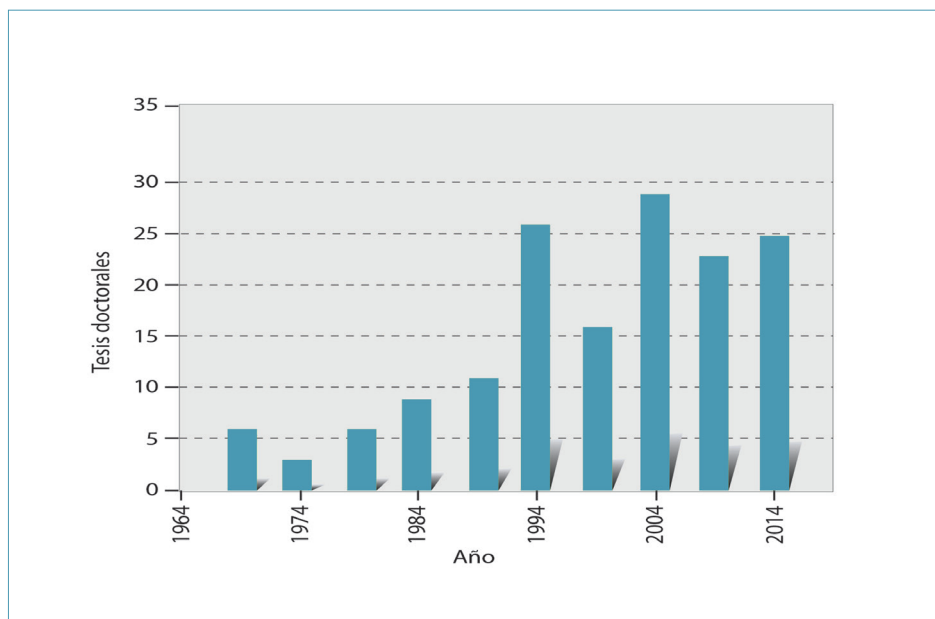


Figura 1. Evolución de las tesis doctorales.

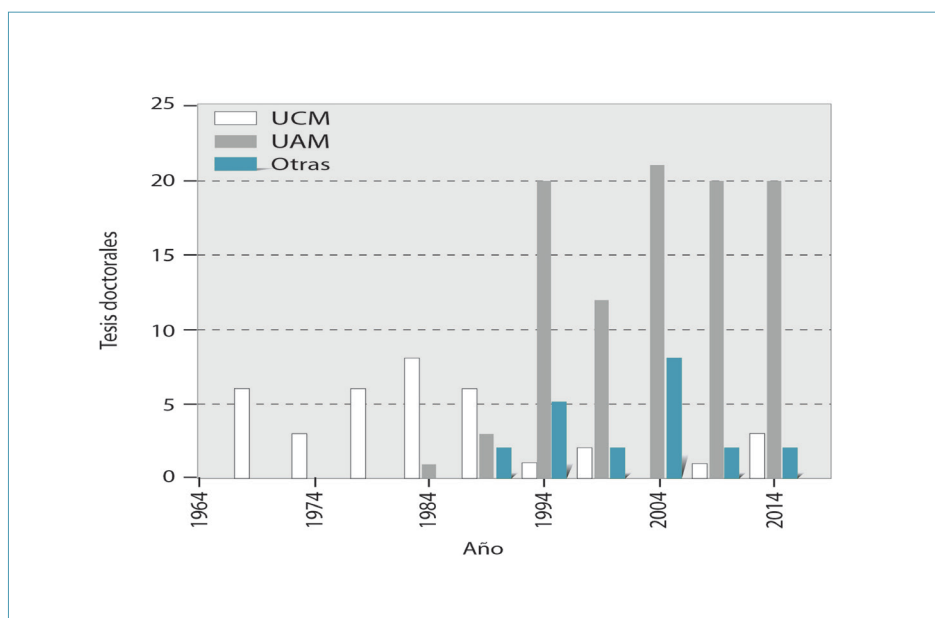


Figura 2. Universidades para obtener el grado de doctor.

Antes de la creación del ICV (1945-1964)

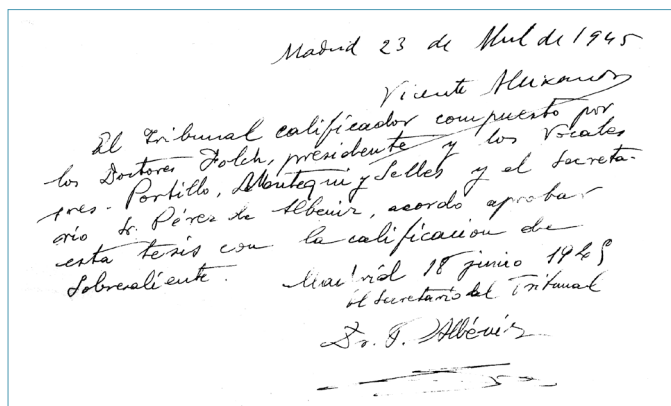
1945-1950

Adsorción a partir de disoluciones no acuosas

Vicente Aleixandre Ferrandis

Director: José María Albareda Herrera

Universidad Central de Madrid, 1945



Calificación de la tesis doctoral de Vicente Aleixandre (Archivo histórico de la UCM).

1951-1955

Relaciones entre algunas propiedades físicas, químicas y técnicas de las arcillas

Antonio García Verduch

Directores: José María Albareda Herrera y Vicente Aleixandre Ferrandis

Universidad Central de Madrid, 1951

Estudio sobre talcos españoles y sus aplicaciones en dieléctricos para la alta frecuencia

Demetrio Álvarez-Estrada Fernández-Castrillón

Directores: José María Albareda Herrera y Vicente Aleixandre Ferrandis

Universidad Central de Madrid, 1952

Estudio de la determinación de la humedad en suelos por medidas de resistencia eléctrica

Julia María González Peña

Director: Vicente Aleixandre Ferrandis

Universidad Central de Madrid, 1952

Estudio mineralógico y técnico de algunas tierras de moldeo españolas

Jaime Robredo Olave

Director: Vicente Aleixandre Ferrandis

Universidad Central de Madrid, 1954

Estudio de las transformaciones alotrópicas de la sílice en algunas cuarcitas españolas

María del Carmen Sánchez Conde

Directores: José María Albareda Herrera y Vicente Aleixandre Ferrandis

Universidad Central de Madrid, 1954

1960-1965

Efectos de la sustitución del óxido de plomo por óxido de litio en vidriados cerámicos

José María Fernández Navarro

Director: Vicente Aleixandre Ferrandis

Universidad Central de Madrid, 1963

Después de la creación del ICV (1964-2014)

1967-1974

Ladrillos refractarios básicos aglomerados químicamente en frío

Salvador de Aza Pendás

Director: Demetrio Álvarez Estrada

Universidad Central de Madrid, 1967

Estudio de mineralizadores para la sinterización de la periclasa

Pedro Durán Botía

Director: Demetrio Álvarez-Estrada

Universidad Central de Madrid, 1967

Muelas abrasivas cerámicas

José Manuel Bolívar Palacio

Director: Demetrio Álvarez-Estrada

Universidad Central de Madrid, 1967

Los silicatos españoles como vehículos portadores y diluyentes de insecticidas

Juan Espinosa de los Monteros Muñoz

Director: Demetrio Álvarez-Estrada

Universidad Central de Madrid, 1967

Variación de los minerales de la arcilla en los tratamientos previos a su caracterización

Gloria Fernández Arroyo

Director: José María Albareda Herrera

Universidad Central de Madrid, 1969

Influencia del contenido gaseoso sobre las propiedades de algunos vidrios de diferente composición

José Luis Oteo Mazo

Director: José María Fernández Navarro

Universidad Complutense de Madrid, 1971

Propiedades termo-mecánicas anisótropas y su aplicación para proyectar nuevos materiales cerámicos de elevada resistencia al choque térmico

José Serafin Moya Corral

Director: Antonio García Verduch

Universidad Complutense de Madrid, 1973

Obtención y estudio de materiales cerámicos magnéticos con ciclo de histéresis rectangular

Carlos Moure Jiménez

Director: Demetrio Álvarez-Estrada

Universidad Complutense de Madrid, 1974

1976-1980

Estudio de esmaltes cerámicos de baja temperatura y su aplicación sobre productos de aluminio y chapa de acero

Ismael Jiménez Calvo

Director: Demetrio Álvarez-Estrada

Universidad Complutense de Madrid, 1976

El granito como posible materia prima para las industrias de cerámica y de vidrio

Joaquín Requena Balmaseda

Director: Antonio García Verduch

Universidad Complutense de Madrid, 1976

Preparación y estudio de vidrios semiconductores

José Ramón Jurado Egea

Director: José María Fernández Navarro

Universidad Complutense de Madrid, 1978

Relaciones de fases en sistemas de óxidos refractarios de interés tecnológico: sistema ZrO_2 - Al_2O_3 - SiO_2 - TiO_2

María del Pilar Pena Castro

Director: Salvador de Aza Pendás

Universidad Complutense de Madrid, 1979

Contribución al estudio de sistemas ZrO_2 - Ln_2O_3 y ZrO_2 - Y_2O_3 - Ln_2O_3 , $Ln=Ce, Nd, Y, Dy, Er$.

Carmen Pascual Centenera

Director: Pedro Durán Botía

Universidad Complutense de Madrid, 1980

La arcilla íltica como componente de pastas para la obtención de porcelanas eléctricas de alta resistencia mecánica

Fernando Sandoval del Río

Directora: Julia María González Peña

Universidad Complutense de Madrid, 1980

1981-1985

Cambio iónico en vidrios: estudio de la cinética, del equilibrio y de las posibilidades de reforzamiento mecánico

Felipe Orgaz Orgaz

Director: José María Fernández Navarro

Universidad Complutense de Madrid, 1981

Estudio y desarrollo de cementos refractarios en los sistemas Al_2O_3 - CaO - SiO_2 - Fe_2O_3 y Al_2O_3 - CaO - SiO_2 - TiO_2

Rafael Martínez Cáceres

Director: Salvador de Aza Pendás

Universidad Complutense de Madrid, 1983

Estudio de nuevos vidrios y materiales vitrocrystalinos del sistema Li_2O - CdO - SiO_2 con posible utilidad en la industria nuclear

Jesús María Rincón López

Directora: Julia María González Peña

Universidad Complutense de Madrid, 1983

Influencia de la incorporación de óxido de cobre en vidrios

Alicia Durán Carrera

Director: José María Fernández Navarro

Universidad Complutense de Madrid, 1984

Reacciones con amoníaco de vidrios que contienen B_2O_3 como formadores de red

María Isabel Nieto Jiménez

Director: José Luis Oteo Mazo

Universidad Complutense de Madrid, 1984

Materiales cerámicos tenaces compuestos de mullita-circona

María Isabel Osendi Miranda

Director: José Serafín Moya Corral

Universidad Complutense de Madrid, 1984

Bauxitas refractarias: constitución y comportamiento térmico: interpretación en base al sistema Al_2O_3 - SiO_2 - TiO_2 - Fe_2O_3

Ángel Caballero Cuesta

Director: Salvador de Aza Pendás

Universidad Complutense de Madrid, 1985

Comportamiento mecánico de los materiales cerámicos tenaces multifásicos obtenidos por sinterización reactiva

Pilar Miranzo López

Director: José Serafín Moya Corral

Universidad Autónoma de Madrid, 1985

Contribución al estudio de las reacciones de vidrios silicobóricos con disoluciones acuosas ácidas

Miguel Ángel Rodríguez Barbero

Director: José Luis Oteo Mazo

Universidad Complutense de Madrid, 1985

1986-1990

Nuevas sistemáticas para el análisis completo de materiales refractarios: elemento clave

María Flora Barba Martín-Sonseca

Director: Francisco José Valle Fuentes

Universidad Complutense de Madrid, 1986

Absorción de vapores orgánicos en superficies vítreas originales y modificadas

Juan Rubio Alonso

Director: José Luis Oteo Mazo

Universidad Complutense de Madrid, 1986

Aplicación del concepto de sinterización reactiva a la obtención de materiales cerámicos multifásicos

Carmen Baudín de la Lastra

Director: José Serafín Moya Corral

Universidad Complutense de Madrid, 1987

Preparación y estudio de vidrios obtenidos por el procedimiento sol-gel

María Ángeles Villegas Broncano

Director: José María Fernández Navarro

Universidad Autónoma de Madrid, 1987

Obtención, microestructura y propiedades de materiales vitrocrystalinos con efecto aventurina

Pío Callejas Gómez

Director: Jesús María Rincón López

Universidad Complutense de Madrid, 1988

Procesamiento por colaje de materiales cerámicos avanzados

Rodrigo Moreno Botella

Director: Joaquín Requena Balmaseda

Universidad Autónoma de Madrid, 1988

Estudio analítico de materiales cerámicos avanzados con matrices de circonita y titanato por espectrometría de plasma de acoplamiento inductivo

Juan Carlos Fariñas Gutiérrez

Directora: María Flora Barba Martín-Sonseca

Universidad Complutense de Madrid, 1990

Influencia del procesamiento cerámico en las relaciones microestructurales y propiedades del BaTiO₃

José Francisco Fernández Lozano

Directores: Carlos Moure Jiménez y Pedro Durán Botía

Universidad Autónoma de Madrid, 1990

Preparación por el proceso sol-gel y caracterización de materiales de los sistemas SiO₂-ZrO₂, SiO₂-TiO₂ y SiO₂-Al₂O₃. Aplicación como revestimientos protectores

Isabel Margarida Miranda Salvado

Director: José María Fernández Navarro

Universidad de Aveiro, 1990

Procesado y caracterización de electrolitos sólidos cerámicos basados en soluciones sólidas de circonita tetragonal

María Teresa Hernández Díaz

Directores: Pedro Durán Botía y José Ramón Jurado Egea

Universidad Complutense de Madrid, 1990

Comportamiento mecánico de mullita y mullita-circonita obtenida por sinterización

Ramón Torrecillas San Millán

Directores: José Serafín Moya y Salvador de Aza Pendás

Universidad a Distancia de Madrid, 1990

1991-1995

Incorporación estructural de iones de transición a vidrios preparados por el proceso sol-gel

María Grasinda Ferreira da Silva

Director: José María Fernández Navarro

Universidade de Aveiro, Portugal, 1991

Preparación por sinterización reactiva y estudio del comportamiento mecánico y térmico de materiales de titanato de aluminio

Hans Wohlfrohm

Directores: María del Pilar Pena Castro y José Serafín Moya Corral

Universidad Autónoma de Madrid, 1991

Procesamiento y caracterización de materiales cerámicos ricos en ZrO_2 dentro del sistema ZrO_2 - CeO_2 - Yb_2O_3 y de compuestos con Al_2O_3

María González Viada

Directores: José Ramón Jurado Egea y Carlos Moure Jiménez

Universidad Autónoma de Madrid, 1992

Obtención de láminas gruesas de $YBaCuO$, $YBaCuO/Ag$ sobre sustratos cerámicos compatibles

Eduardo Saiz Gutiérrez

Director: José Serafín Moya Corral

Universidad Autónoma de Madrid, 1992

Preparación por vía química, conformación en láminas tape-casting y propiedades de materiales superconductores de alta T_c basados en $YBa_2Cu_3O_x$

Jesús Tartaj Salvador

Directores: Pedro Durán Botía y Carlos Moure Jiménez

Universidad Autónoma de Madrid, 1992

Estudio de los mecanismos de nucleación y cristalización en vidrios obtenidos a partir de rocas basálticas canarias

Íñigo de Vicente Mingarro

Director: Jesús María Rincón López

Universidad Autónoma de Madrid, 1992

Síntesis de wollastonita a partir de diatomitas españolas y estudio de su aplicación en revestimientos cerámicos porosos procesados por cocción rápida

Augusto Ibáñez Pérez

Directores: Julia María González Peña y Fernando Sandoval del Río
Universidad Autónoma de Madrid, 1993

Caracterización analítica y microanalítica de materiales cerámicos no oxídicos

María del Rosario Martínez Lebrusant

Directores: María Flora Barba Martín-Sonseca y Francisco José Valle Fuentes
Universidad Autónoma de Madrid, 1993

Aplicación de recubrimientos protectores obtenidos por sol-gel

Óscar de Sanctis

Directora: Alicia Durán Carrera
Universidad Nacional de Rosario (Argentina), 1993

Preparación y estudio de materiales cerámicos piezoeléctricos del sistema PbZrO_3 - PbTiO_3 , PZT y relaxores del sistema Pb , $\text{Mg}_{1/3}$, $\text{Nb}_{2/3}$, O_3 - PbZrO_3 - PbTiO_3 , PMN-PZT

Marina Villegas Gracia

Directores: Pedro Durán Botía y José Ramón Jurado Egea
Universidad Autónoma de Madrid, 1993

Nuevos vidrios con aplicaciones ópticas formulados en el sistema ZrO_2 - CeO_2 - Yb_2O_3 y de compuestos con Al_2O_3

María Elena Zayas Saucedo

Director: Jesús María Rincón López
Universidad Autónoma de Madrid, 1993

Diseño de materiales basados en BaTiO_3 con microestructura controlada aplicables como condensadores cerámicos multicapas

Amador Caballero Cuesta

Directores: Carlos Moure Jiménez y José Francisco Fernández Lozano
Universidad Autónoma de Madrid, 1994

Estudio de fibras de vidrio de sílice-alúmina para su utilización en materiales compuestos

María del Carmen Bautista Sanz

Directores: José Luis Oteo y Juan Rubio Alonso

Universidad Autónoma de Madrid, 1994

Caracterización y purificación del residuo de sílice de la central geotérmica de Cerro Prieto (Baja California, México): su aplicación a la producción de materiales vítreos y cerámicos

Gerardo César Díaz Trujillo

Director: Jesús María Rincón López

Universidad Autónoma de Baja California (México), 1994

Preparación y evaluación de materiales compuestos cerámicos basados en $\text{ZrO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ como electrolitos sólidos en pilas de combustible

Lourdes María Navarro Oliva

Directores: Paloma Recio de la Rosa y Pedro Durán Botía

Universidad de Alcalá de Henares, 1994

Síntesis y caracterización de óxidos de estructura perovskita utilizables como electrodos en células de combustible

Jesús Palma del Val

Directora: Carmen Pascual Centenera

Universidad Autónoma de Madrid, 1994

Nitruración de vidrios de fosfato

Luis Pascual López

Directora: Alicia Durán Carrera

Universidad Autónoma de Madrid, 1994

Obtención de recubrimientos funcionales por el método sol-gel

Nora Pellegri

Directora: Alicia Durán Carrera

Universidad Nacional de Rosario (Argentina), 1994

Estudio químico-físico de la preparación por el método sol-gel de materiales del sistema $\text{SiO}_2\text{-ZrO}_2$

Fausto Rubio Alonso

Directores: José Luis Oteo Mazo y Juan Rubio Alonso

Universidad Complutense de Madrid, 1994

Procesamiento y propiedades mecánicas de materiales cerámicos laminados

Antonio Javier Sánchez Herencia

Director: José Serafín Moya Corral

Universidad Autónoma de Madrid, 1995

Obtención de mullita a partir de la transformación térmica de cianita

María Antonia Sainz Trigo

Director: Ángel Caballero Cuesta

Universidad Autónoma de Madrid, 1995

Procesado y caracterización de nuevos vidrios y materiales vitro-cerámicos obtenidos por reciclado de residuos industriales de goethita

Maximina Romero Pérez

Director: Jesús María Rincón López

Universidad de Alcalá de Henares, 1995

Preparación y estudio de propiedades de vidrios de fluorofosfoaluminato

Ángel de Pablos Pérez

Directores: José María Fernández Navarro y Rolindes Balda de la Cruz

Universidad Autónoma de Madrid, 1995

Preparación y caracterización de películas gruesas y delgadas de materiales cerámicos ferroeléctricos del sistema PbO-ZrO_2 (PZT)

Emilio Nieto Gallego

Directores: Pedro Durán Botía y Carlos Moure Jiménez

Universidad Autónoma de Madrid, 1995

Estudio de materiales cerámicos electrocatalíticos para su aplicación en sistemas de producción de energía eléctrica y obtención de H_2 , O_2 , CH_4 y CH_3OH

María Teresa Colomer Bas

Director: José Ramón Jurado Egea

Universidad Autónoma de Madrid, 1995

Materiales cerámicos compuestos de Al_2O_3 reforzados con plaquetas

Manuel Belmonte Cabanillas

Directora: Pilar Miranzo López

Universidad Autónoma de Madrid, 1995

1996-2000

Procesamiento de nitruro de silicio por técnicas de filtración coloidal

Sonia Regina Homem de Mello Castanho

Director: Rodrigo Moreno Botella

Universidad Autónoma de Madrid, 1996

Estudio de materiales de nitruro de silicio y nitruro de aluminio procesados mediante polvos obtenidos por reacciones de autocombustión

Joaquín Bermudo Molina

Directora: María Isabel Osendi Miranda

Universidad de Alcalá de Henares, 1996

Comportamiento mecánico en caliente de refractarios de magnesia-grafito

Carlos Álvarez González

Directora: Carmen Baudín de la Lastra

Universidad Complutense de Madrid, 1996

Diseño y desarrollo de materiales de alta alúmina con matrices de espinela y hexaluminato cálcico

Antonio H. de Aza Moya

Directores: María del Pilar Pena Castro y Ramón Torrecillas San Millán

Universidad Autónoma de Madrid, 1997

Preparación y caracterización de vidrios de alta absorción energética en el IR y UV cercanos

Pablo Jesús Abad Mejía

Director: José María Fernández Navarro

Universidad Autónoma de Madrid, 1998

Conformado de materiales cerámicos por deposición electroforética

Begoña Ferrari Fernández**

Director: Rodrigo Moreno Botella

Universidad Politécnica de Madrid, 1998

Procesado, sinterización, estabilidad y propiedades de materiales cerámicos de circonia tetragonal en los sistemas ZrO_2 - TiO_2 - CeO_2 y ZrO_2 - TiO_2 - Y_2O_3

Francisco Capel del Águila

Directores: Pedro Durán Botía y Carlos Moure Jiménez

Universidad Complutense de Madrid, 1998

Materiales vitrocrystalinos obtenidos a partir de residuos para su aplicación como fertilizantes de liberación controlada

José Omar Arzabe Maure

Directores: María Flora Barba Martín-Sonseca y Pío Callejas Gómez

Universidad Autónoma de Madrid, 1998

Sistemas de protección antioxidante de materiales compuestos C/SiC

Mario Aparicio Ambrós

Directora: Alicia Durán Carrera

Universidad Autónoma de Madrid, 1998

Síntesis y caracterización de hormosiles obtenidos a partir de TEOS y PDMS

María José Velasco Manjón

Directores: José Luis Oteo Mazo y Juan Rubio Alonso

Universidad Autónoma de Madrid, 1999

Estudio de los mecanismos de formación de partículas de ZnO con diseño morfológico y dimensional obtenidas por el método de precipitación controlada

Jorge Enrique Rodríguez-Páez

Directores: José Francisco Fernández Lozano y Carlos Moure Jiménez

Universidad Autónoma de Madrid, 1999

Materiales vítreos para el sellado de pilas de combustible de carbonatos fundidos (MCFC)

María Jesús Pascual Francisco

Director: Luis Pascual López

Universidad Autónoma de Madrid, 2000

Refuerzo de materiales vítreos para su uso en aplicaciones tradicionales

Esther Ocaña García

Directores: José Luis Oteo Mazo y Juan Rubio Alonso

Universidad Autónoma de Madrid, 2000

Propiedades ferroeléctricas de materiales cerámicos con estructura aurivillius de composición $Pb_x Bi_4 Ti_{3+x} O_{12+3w}$ $x=0, 1, 2$ y 3

Luis Lascano Lascano

Directores: José Francisco Fernández Lozano y Carlos Moure Jiménez
Universidad Autónoma de Madrid, 2000

Influencia de los potenciales de interacción entre partículas en la tecnología de colaje en cinta

Carlos Alberto Gutiérrez Chavarría

Director: Rodrigo Moreno Botella
Universidad Autónoma de Madrid, 2000

Microestructura y propiedades de materiales cerámicos PZT preparados a partir de polvo modificado superficialmente con fósforo

Luis Alberto Celi Apolo

Directores: José Francisco Fernández Lozano y Carlos Moure Jiménez
Universidad Autónoma de Madrid, 2000

2001-2005

Desarrollo de materiales estructurales de alúmina-titanato de aluminio con alta resistencia al choque térmico

Rafael Alonso Uribe Soto

Directora: Carmen Baudín de la Lastra
Universidad Autónoma de Madrid, 2001

Materiales de magnesia-circonato cálcico obtenidos por sinterización reactiva de mezclas de dolomita-circón

José Luis Rodríguez Galicia

Directora: María del Pilar Pena Castro
Universidad Autónoma de Madrid, 2001

Conformado de materiales cerámicos por gelificación térmica de polisacáridos

Arnaldo José Millán Miranda**

Directores: María Isabel Nieto Jiménez y Rodrigo Moreno Botella
Universidad Autónoma de Madrid, 2001

Nueva familia de materiales cerámicos basados en manganitas de tierras raras

Dionisio Gutiérrez Fallas

Directores: Carlos Moure Jiménez y José Francisco Fernández Lozano

Universidad Autónoma de Madrid, 2001

Modelización termodinámica y cálculo del diagrama de equilibrio de fases

ZrO₂-CaO-MgO. Aplicación al diseño y obtención de materiales de MgO-CaZrO₃

Sara Serena Palomares

Directores: María Antonia Sainz Trigo y Ángel Caballero Cuesta

Universidad Autónoma de Madrid, 2002

Degradación de materiales de cordierita en atmósferas de combustión

Eugenio Santiago García Granados

Directora: María Isabel Osendi Miranda

Universidad Carlos III de Madrid, 2002

Obtención de nitruro de silicio mediante síntesis autopropagada a alta temperatura (SHS)

Irene García Cano

Director: Miguel Ángel Rodríguez Barbero

Universidad Autónoma de Madrid, 2002

Etude de les réactions d'obtention de matériaux composés Ceramique-Metal en utilisant la technologie SHS. Etude avec la Radiation Synchrotron

Catherine Curfs

Directores: Miguel Ángel Rodríguez Barbero y Åke Kvik

Université Joseph Fourier. Grenoble, Francia, 2002

Estudio de alteración de vidrieras históricas y de tratamientos para su restauración y protección

Noemí Carmona Tejero

Directores: José María Fernández Navarro y María Ángeles Villegas

Universidad de Valladolid, 2002

Preparación y caracterización de materiales vítreos de oxycarburo de silicio reforzado con partículas de carburos metálicos

Lucía Téllez Jurado

Directores: Juan Rubio Alonso y José Luis Oteo Mazo

Universidad Autónoma de Madrid, 2003

Síntesis, estructura y propiedades de vidrios de fosfato nitrurados del sistema

Li₂O-Na₂O-PbO-P₂O₅

Francisco Muñoz Fraile

Director: Luis Pascual López

Universidad Autónoma de Madrid, 2003

Síntesis y caracterización de materiales vítreos de oxicarbono de silicio obtenidos a partir del sistema SiO₂-TEOS-PDMS

César Martos Luján

Directores: José Luis Oteo Mazo y Fausto Rubio Alonso

Universidad Autónoma de Madrid, 2003

Síntesis y caracterización de materiales cerámicos y/o metálicos y desarrollo de ensamblajes de electrodo-membrana, para aplicaciones electroquímicas y electrocatalíticas

Eva Chinarro Martín

Director: José Ramón Jurado Egea

Universidad Autónoma de Madrid, 2003

Recubrimientos protectores obtenidos por deposición electroforética (EPD) a partir de suspensiones sol-gel

María Yolanda Castro Martín

Directores: Alicia Durán Carrera y Rodrigo Moreno Botella

Universidad Autónoma de Madrid, 2003

Comportamiento frente al impacto de materiales cerámicos

Amal Khalifa Mohamed

Directora: Pilar Miranzo López y Carlos Navarro Ugena

Universidad Carlos III de Madrid, 2003

Desarrollo de materiales cerámicos para su aplicación en la inmovilización de metales pesados y retención de microorganismos en aguas contaminadas

José Manuel Villora Martín

Directores: María Flora Barba Martín-Sonseca y Pío Callejas Gómez

Universidad Autónoma de Madrid, 2004

Estudio de la sinterización de cerámicas dieléctricas del sistema $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$

Enrique M. Vela Carrascosa

Directores: José Francisco Fernández Lozano, Joaquín Bastida y José María Amigó
Universidad de Valencia, 2004

Influencia de la espinela de aluminio y magnesio en el comportamiento frente a la corrosión de hormigones refractarios de bajo contenido en cemento

Bertha Alicia Vázquez Méndez

Directores: María del Pilar Pena Castro y Ángel Caballero Cuesta
Universidad Autónoma de Madrid, 2004

Proceso de colado en cinta para decoración de materiales cerámicos

Elena Solera Carlavilla

Director: José Francisco Fernández Lozano
Universidad Autónoma de Madrid, 2004

Conformado de materiales cerámicos por métodos de gelificación a partir de suspensiones acuosas

María Isabel Santacruz Cruz

Directores: María Isabel Nieto Jiménez y Rodrigo Moreno Botella
Universidad Autónoma de Madrid, 2004

Influencia de adiciones de microsilíce en la físico-química de cementos refractarios

José Manuel Rivas Mercury

Directora: María del Pilar Pena Castro
Universidad Autónoma de Madrid, 2004

Preparación y caracterización de materiales de oxcarburo, oxinitruro y oxicarbonitruro de boro y silicio

Raquel de la Peña Alonso

Director: Juan Rubio Alonso
Universidad Autónoma de Madrid, 2004

Control de la microestructura funcional en varistores cerámicos de alto voltaje basados en $\text{ZnO-Bi}_2\text{O}_3\text{-Sb}_2\text{O}_3$

Marco Peiteado López

Director: Amador Caballero Cuesta
Universidad Autónoma de Madrid, 2004

Bioactivación de metales de uso ortopédico mediante recubrimientos producidos por sol-gel

Claudia Patricia García García

Directoras: Alicia Durán Carrera y Silvia Ceré

Universidad Nacional de Colombia (Medellín), 2004

Utilización de aluminosilicatos cubanos no tradicionales en la fabricación de vidrio sódico-cálcico

Rafael Jordán Hernández

Directores: Alicia Durán Carrera, Nelson Álvarez Alvelaiz y Gerardo Rodríguez Fuentes

Universidad de La Habana. Cuba, 2004

Caracterización eléctrica de semiconductores policristalinos. Aplicación al óxido de zinc

Daniel Fernández Hevia

Directores: José de Frutos Vaquerizo y Amador Caballero Cuesta

Universidad Politécnica de Madrid, 2004

Conductividad térmica de materiales cerámicos bifásicos

Rafael Barea del Cerro

Directora: Pilar Miranzo López

Universidad Autónoma de Madrid, 2004

Desarrollo y aplicaciones de materiales híbridos orgánico-inorgánicos basados en trialcóxilanos y tetraalcóxilanos

Sergio Antonio Pellice

Directores: Roberto J.J. Williams y Alicia Durán Carreras

Universidad Nacional de Mar del Plata. Argentina, 2005

Procesamiento coloidal de materiales compuestos Al_2O_3 -Ni

Gilmer Nicolás Hernández Guarín

Directores: Antonio Javier Sánchez Herencia y Rodrigo Moreno Botella

Universidad Autónoma de Madrid, 2005

Desarrollo de materiales laminados de alúmina-titanato de aluminio con aplicaciones estructurales

Salvador Bueno Rodríguez

Directora: Carmen Baudín de la Lastra

Universidad Autónoma de Madrid, 2005

2006-2010

Modelización y desarrollo de piezocomposites

María Pilar Ochoa Pérez

Director: José Francisco Fernández Lozano

Universidad Politécnica de Madrid, 2006

Síntesis por combustión de catalizadores metálicos y metal-cerámicos para su aplicación en pilas de combustible de membrana de intercambio protónico

Berta Moreno Burriel

Director: José Ramón Jurado Egea

Universidad Autónoma de Madrid, 2006

Sellos vitrocerámicos del sistema RO-BaO-SiO₂ (R= Mg, Zn) para pilas de combustible de óxido sólido (SOFC)

Carlos Javier Lara López

Directoras: Alicia Durán Carreras y María Jesús Pascual Francisco

Universidad Autónoma de Madrid, 2006

Diseño de materiales cerámicos de Bi₄Ti₃O₁₂ dopados con WO₃

María Teresa Jardiel Rivas

Directora: Marina Villegas Gracia

Universidad Autónoma de Madrid, 2006

Preparación y caracterización de materiales cerámicos para su uso como componentes: electrolito, ánodo y cátodo, en pilas de combustible de óxido sólido de temperatura intermedia. Estudio de sus compatibilidades

Vanesa Gil Hernández

Directores: Carlos Moure Jiménez y Jesús Tartaj Salvador

Universidad Autónoma de Madrid, 2006

Desarrollo de materiales laminados de alúmina-circona reforzados por tensiones residuales

Jonás Gurauskis

Directores: Carmen Baudín de la Lastra y Antonio Javier Sánchez Herencia

Universidad Autónoma de Madrid, 2006

*Diseño y obtención de membranas cerámicas de alta porosidad***José Manuel Benito López**

Director: Miguel Ángel Rodríguez

Universidad Autónoma de Madrid, 2006

Procesos de unión y estudio de interfaces en Si_3N_4 y ZrO_2 **Raquel Polanco Rodríguez**

Directora: María Isabel Osendi Miranda

Universidad Autónoma de Madrid, 2007

*Estudio de materiales en el sistema $\text{ZnO-Bi}_2\text{O}_3\text{-Sb}_2\text{O}_3$ y su aplicación a la obtención de varistores en forma de lámina gruesa***Miguel Ángel de la Rubia López**

Director: Amador Caballero Cuesta

Universidad Autónoma de Madrid, 2007

*Síntesis y caracterización de vidrios de oxcarburo porosos y no porosos***Aitana Elena Tamayo Hernando**

Director: Juan Rubio Alonso

Universidad Complutense de Madrid, 2007

*Síntesis de nanopolvos y procesamiento de nanomateriales por liofilización***Carolina Tallón Galdeano**

Directores: María Isabel Nieto Jiménez y Rodrigo Moreno Botella

Universidad Autónoma de Madrid, 2008

*Membranas inorgánicas e híbridas orgánico-inorgánicas para pilas de combustible de intercambio de protones (PEMFC)***Jadra Mosa Ruiz**

Directores: Mario Aparicio Ambrós y Alicia Durán Carrera

Universidad Autónoma de Madrid, 2008

*Estudio de la coloración amarillo de plata en vidrios: aplicaciones pasadas, presentes y futuras***Sofía Pérez Villar**

Directores: José Luis Oteo Mazo y Juan Rubio Alonso

Universidad Autónoma de Madrid, 2008

Recubrimientos cerámicos con aplicación en barreras térmicas y ambientales

Cristina Cano Valencia

Directoras: Pilar Miranzo López y María Isabel Osendi Miranda

Universidad Autónoma de Madrid, 2008

Nuevo procedimiento de obtención de vidrios de oxycarburo. Estudio de los mecanismos del proceso

María Alejandra Mazo Fernández

Directores: Fausto Rubio Alonso y José Luis Oteo Mazo

Universidad Autónoma de Madrid, 2008

Síntesis y procesamiento coloidal de nanocomposites de alúmina-mullita

Olga Burgos Montes

Director: Rodrigo Moreno Botella

Universidad Autónoma de Madrid, 2008

Estudio de materiales cerámicos basados en el sistema (K, Na, Li) (Nb, Ta, Sb)O₃; relación entre la estructura y las propiedades eléctricas

Fernando Rubio Marcos

Director: José Francisco Fernández Lozano

Universidad Autónoma de Madrid, 2009

Análisis de la microestructura de varistores de ZnO: interfases funcionales y su respuesta eléctrica

Yolanda Iglesias Vega

Director: Amador Caballero Cuesta

Universidad Politécnica de Madrid, 2009

Influencia de las fases secundarias en la microestructura y propiedades, en materiales cerámicos de Bi₄Ti₃O₁₂

María Guadalupe Navarro Rojero

Director: José Francisco Fernández Lozano

Universidad Autónoma de Madrid, 2009

Estudio y desarrollo de nuevos hormigones refractarios de magnesita con formación in situ de espinela

Teresa Durán Prieto

Directores: Antonio H. de Aza y María del Pilar Pena Castro

Universidad Autónoma de Madrid, 2009

Estudio de materiales cerámicos de alta constante dieléctrica basados en $\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$

María Pilar Leret Moltó

Directores: José Francisco Fernández Lozano y Juan José Romero Fanego

Universidad Autónoma de Madrid, 2010

Síntesis hidrotermal de nanopartículas de circona dopada con itria e itria/escandia y su procesamiento en película delgada por EPD

Isabel Gonzalo de Juan

Directores: Begoña Ferrari Fernández y María Teresa Colomer Bas

Universidad Autónoma de Madrid, 2010

Nueva ruta para la obtención de biomateriales de composición eutéctica dentro del sistema wollastonita-fosfato tricálcico

Marlín Coromoto Magallanes Perdomo*

Directores: Antonio H. de Aza y María del Pilar Pena Castro

Universidad Autónoma de Madrid, 2010

2011-2014

Recubrimientos producidos por sol-gel con inhibidores de corrosión para la protección activa de aleaciones ligeras

Nataly Carolina Rosero Navarro*

Directores: Mario Aparicio Ambrós y Alicia Durán Carrera

Universidad Autónoma de Madrid, 2011

Formación de esmaltes metalizados multifuncionales en soporte de gres porcelánico

Julián Jiménez Reinosa**

Director: José Francisco Fernández Lozano

Universidad Autónoma de Madrid, 2011

Síntesis de materiales de fosfato tricálcico para regeneración o sustitución ósea. Sistema $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{-CaMg}(\text{SiO}_3)_2$

Ismael García Páez

Directores: Antonio H. de Aza y Pilar Pena Castro

Universidad Autónoma de Madrid, 2011

Estudio de los efectos de proximidad en nanopartículas de óxidos metálicos mediante procesos de dispersión en seco

Israel Lorite Villalba

Director: José Francisco Fernández Lozano
Universidad Politécnica de Madrid, 2011

Síntesis y procesamiento de compuestos metalocerámicos con fase metálica nanométrica

Sandra Cabañas Polo

Directores: Antonio Javier Sánchez Herencia y Begoña Ferrari Fernández
Universidad Autónoma de Madrid, 2012

Síntesis de perovskitas basadas en $\text{La}(1-x-y)\text{Sr}_y\text{MnO}_{3+d}$ y nitruros del sistema W_2N para su aplicación como electrodos en pilas de combustible de intercambio protónico de alta temperatura

Laura Villaseca del Pozo

Directores: Berta Moreno Burriel y Eva Chinarro Martín
Universidad Autónoma de Madrid, 2012

Tratamientos superficiales de nanofibras de carbono para su incorporación en materiales compuestos avanzados

Andrés Nistal González

Directores: José Luis Oteo Mazo y Fausto Rubio Alonso
Universidad Autónoma de Madrid, 2012

Síntesis de fosfatos ácidos de aluminio mediante precipitación. Aplicación en sistemas retardantes de llama

Elena Palacios Zambrano

Directores: Miguel Ángel Rodríguez Barbero y Antonio H. de Aza Moya
Universidad Autónoma de Madrid, 2012

Comportamiento de recubrimientos multicapa de mullita/ ZrO_2 diseñados para barreras ambientales en condiciones de vapor de agua y alta temperatura

Joana Queiroz de Mesquita Guimaraes

Directores: Eugenio S. García Granados y María Isabel Osendi Miranda
Universidad Autónoma de Madrid, 2012

Recubrimientos mesoporosos y mesoestructurados de TiO_2 -anatasa por el método sol-gel para aplicaciones en sistemas fotocatalíticos

Noemi Arconada Gómez-Jareño**

Directoras: Alicia Durán Carrera y María Yolanda Castro Martín
Universidad Autónoma de Madrid, 2012

Materiales basados en óxidos de titanio destinados a implantes para reparación de lesiones del sistema nervioso central

María Canillas Pérez

Directoras: Eva Chinarro Martín y Berta Moreno Burriel
Universidad Autónoma de Madrid, 2012

Vitrocerámicos transparentes del sistema $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Na}_2\text{O-K}_2\text{O-LaF}_3/\text{YF}_3$: mecanismos de cristalización y propiedades ópticas

Araceli de Pablos Martín

Directora: María Jesús Pascual Francisco
Universidad Autónoma de Madrid, 2012

Desarrollo de materiales compuestos de nitruro de silicio conteniendo nanotubos de carbono: nuevas funcionalidades y aplicaciones

Jesús González Julián

Director: Manuel Belmonte Cabanillas
Universidad Autónoma de Madrid, 2012

Posibilidades del titanato de circonio como componente de materiales estructurales

Emilio López López

Directores: Carmen Baudín de la Lastra y Rodrigo Moreno Botella
Universidad Autónoma de Madrid, 2012

Síntesis asistida por ultrasonidos de nanoestructuras de compuestos de níquel

Sandra Cabañas Polo

Directores: Antonio Javier Sánchez Herencia y Begoña Ferrari Fernández
Universidad Autónoma de Madrid, 2012

Los diagramas de equilibrio de fases ZnO-CaO-P₂O₅ y MgO-ZnO-CaO-P₂O₅ y su aplicación al diseño y obtención de biomateriales basados en fosfato tricálcico

Leticia Mercedes Carbajal Galán

Directores: Ángel Caballero Cuesta y María Antonia Sainz Trigo
Universidad Autónoma de Madrid, 2013

Nanostructured ZnO films obtained by electrophoretic deposition of tailored ZnO nanoparticles

María Verde Lozano

Directores: Amador Caballero Cuesta y Begoña Ferrari Fernández
Universidad Autónoma de Madrid, 2013

Síntesis, microestructura y propiedades de materiales multiferroicos basados en BiFeO₃

Mara Bernardo Sacristán

Directores: Amador Caballero Cuesta y María Teresa Jardiel Rivas
Universidad Autónoma de Madrid, 2013

Desarrollo de recubrimientos funcionales obtenidos por proceso sol-gel basados en sílice y partículas de baja dimensionalidad para aplicaciones industriales

Esther Enríquez Pérez

Directores: Miguel Ángel de la Rubia López y José Francisco Fernández Lozano
Universidad Complutense de Madrid, 2013

Obtención de nanofibras de carbono in situ en vidrios porosos

Javier Sanguino Otero

Directores: José Luis Oteo Mazo, Juan Rubio Alonso y María Alejandra Mazo Fernández
Universidad Complutense de Madrid, 2013

Síntesis de xerogeles y preparación de recubrimientos nanoparticulados de TiO₂-anatasa dopada con Er³⁺ o Eu³⁺ para aplicaciones fotoluminescentes

Mario Borlaf Pinar

Directores: Rodrigo Moreno Botella y María Teresa Colomer Bas
Universidad Autónoma de Madrid, 2013

Desarrollo y optimización del proceso de reconstitución de polvos nanoestructurados para proyección térmica por plasma

Mónica Vicent Cabedo

Director: Rodrigo Moreno Botella
Universidad Jaume I de Castellón, 2013

Estudio de nanomateriales modificados basados en Au mediante espectroscopia de resonancia de plasmones de superficie

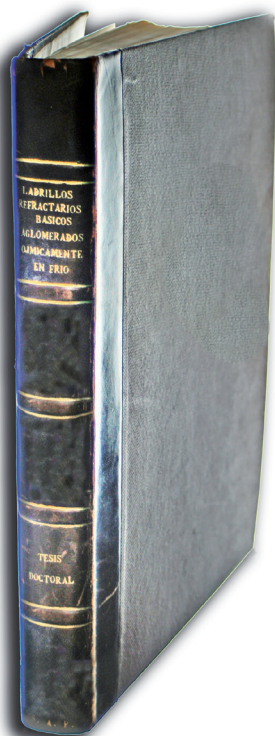
Aida Serrano Rubio

Directores: Miguel Ángel García García-Tuñón y Óscar Rodríguez de la Fuente
Universidad Complutense de Madrid, 2014

Materiales compuestos multifuncionales de nitruro de silicio con nanoestructuras reforzantes basadas en grafeno

Cristina Ramírez Maglione

Directora: María Isabel Osendi Miranda
Universidad Autónoma de Madrid, 2014



Primera y última tesis doctoral realizadas en el ICV: tesis de Salvador de Aza de 1967 y tesis de Cristina Ramírez Maglione de 2014.

María Pilar Pena Castro
Francisco Capel del Águila

Docencia

En materiales cerámicos y vítreos

El ICV ha tratado de complementar, desde su fundación, su labor investigadora con la de formación científica a fin de despertar vocaciones dentro del campo específico de su actividad por un lado y, por otro, prestar un servicio de formación profesional al personal técnico de la industria privada. La labor docente se puede dividir en la formación de doctores, cursos de posgrado y cursos de especialización.

Cursos de doctorado

Dentro de esta línea de enseñanza primero en el Departamento de Silicatos y posteriormente en el ICV, entre los años 1961 y 1977, un grupo de investigadores impartieron un “Curso de doctorado sobre tecnología cerámica y del vidrio” compuesto por cuatro asignaturas monográficas y reconocidas por la Universidad de Madrid para el Doctorado en Ciencias Químicas. También podían asistir profesionales de los sectores de la cerámica y el vidrio. A partir de año 1966, dichas asignaturas de doctorado quedaron definidas con los siguientes títulos:

- Teoría de los procesos cerámicos: *A. García Verduch*.
- Tecnología de los procesos cerámicos: *D. Álvarez-Estrada*.
- Fisico-química de silicatos: *J. García Vicente*.
- Estado vítreo y tecnología del vidrio: *J. M.^a Fernández Navarro* (esta asignatura, en su origen, se llamaba “Aplicaciones industriales de los silicatos” y fue impartida por *V. Alexandre Ferrandis* y *J. M.^a Fernández Navarro*).

En 1977 el curso de doctorado pasó oficialmente a la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Madrid. Desde ese momento, la formación académica en cerámica y vidrio se ha mantenido en el Departamento de Química Inorgánica de la Facultad de Ciencias.

Entre los cursos académicos 1980/1981 y 1994/1995 y en el marco del Programa de Doctorado: “Tendencias actuales en química inorgánica: materiales cerámicos y vítreos” (25 créditos) los investigadores del ICV impartieron en el Instituto las siguientes asignaturas de cinco créditos cada una:

- Diagramas de equilibrio de fases en ciencia de materiales: *S. de Aza*.
- Materiales refractarios: *S. de Aza*.
- Cerámica estructural: *J. S. Moya*.
- Electrocerámica: *P. Durán*.
- Fisicoquímica del vidrio y su elaboración: *J. M. Fernández Navarro*.
- Métodos analíticos aplicados a cerámica y vidrio: *F. J. Valle*.
- Técnicas de caracterización de materiales cerámicos y vidrios: *M. I. Nieto*.
- Reología de las suspensiones cerámicas: *R. Moreno*.
- Fibras cerámicas y vítreas: *M. I. Nieto*.

Entre los cursos académicos 1994/1995 y el 2002/2003 el Programa de Doctorado en “Materiales cerámicos y vidrios” (29 créditos) está dirigido por *A. Caballero* y se imparten las siguientes asignaturas:

- Relación estructura propiedades en materiales cerámicos y vidrios. *Coord. C. Moure*.
- Diagramas de equilibrio de fases. *Coord. A. Caballero*.
- Ciencia y tecnología de procesos en cerámica y vidrio. *Coord. R. Moreno*.
- Los vidrios: físico-química, propiedades y aplicaciones. *Coord. J. M. Fernández Navarro y A. Durán*.
- Cerámica estructural y funcional. *Coord. P. Miranzo*.
- Materiales refractarios. *Coord. P. Pena*.
- Electrocerámica. *Coord. C. Moure*.
- Comportamiento termomecánico de materiales cerámicos y Vidrios. *Coord. C. Baudín*.
- Análisis químico de materiales cerámicos y vidrios. *Coord. M. F. Barba*.
- Técnicas de caracterización de materiales cerámicos y vítreos. *Coord. M. I. Nieto*.

Entre los cursos académicos 2003/2004 y 2008/2009 el Programa de Doctorado recibe la mención de calidad del Ministerio correspondiente (resolución de 22 de junio de 2004, BOE de 5 de febrero de 2004) y pasa a llamarse “La química como una ciencia multidisciplinar”.

En este periodo los investigadores del ICV imparten las siguientes asignaturas de 5 créditos cada una:

- Materiales cerámicos y vidrios. Fundamentos químico-físicos. *Coord. P. Pena.*
- Materiales cerámicos y vidrios. Propiedades y aplicaciones. *Coord. C. Moure.*

En el curso 2009/2010 el Programa de Doctorado cambia su nombre por “Doctorado en química: ciencia interdisciplinar”.

En julio de 2013, el MICIN, previa evaluación positiva de la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad, aprueba el nuevo “Doctorado en química aplicada”. En este doctorado participan cuatro departamentos de la UAM: Geología y Geoquímica, Química Analítica y Análisis Instrumental, Química Física Aplicada y Química Inorgánica y los Institutos del CSIC: Instituto de Cerámica y Vidrio, Instituto de Catálisis y Petroleoquímica e Instituto de Ciencia de Materiales.

Participación en otros programas docentes

Universidad Carlos III de Madrid (2003/2005)

Programa de “**Doctorado en ciencia e ingeniería de materiales**”:

- Diagramas de equilibrio de fases. *Coord. A. Caballero.*
- Cerámicas estructurales. *Coord. P. Miranzo.*

Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Químicas (desde el curso 1993/1994)

Programa de “**Doctorado en ciencia e ingeniería de los materiales**”:

- Materiales cerámicos refractarios. *A. Caballero.*

Universidad de Santiago de Compostela (1985/1999)

Programa de “**Doctorado en materiales cerámicos y vítreos**”:

- Diagramas de equilibrio de fases en cerámica. *S. de Aza.*
- Materiales refractarios. *S. de Aza.*
- Cerámica estructural. *J. S. Moya.*
- Fisicoquímica del vidrio y su elaboración. *J. M. Fernández Navarro.*

Universidad de Jaén: Escuela Politécnica de Linares (2006/2007):

Programa de “**Doctorado en ciencia e ingeniería cerámica**”:

- Caracterización físico-química de materiales cerámicos y vítreos. *Coord. F. Capel.*

Cursos de Máster

En el marco de la adaptación al Espacio Europeo de Educación Superior, el Curso de Doctorado sobre “Materiales Cerámicos y Vítreos” se ha rediseñado para adaptarlo al formato de máster. El nuevo máster titulado “Química aplicada” es un título oficial de la UAM al haber superado la evaluación “VERIFICA” de la ANECA. El nuevo máster es multidisciplinar contando con la participación de cuatro departamentos de la UAM (Geología y Geoquímica, Química Analítica y Análisis Instrumental, Química Física Aplicada y Química Inorgánica) y tres Institutos del CSIC (Instituto de Cerámica y Vidrio, Instituto de Catálisis y Petroleoquímica y el Instituto de Ciencia de Materiales).

En el marco de dicho máster y dentro del módulo de Química de Materiales desde el curso académico 2010 se imparten en el ICV-CSIC las asignaturas de cuatro créditos cada una:

- Química del estado sólido aplicada a materiales cerámicos. *Coord. P. Pena.*
- Materiales cerámicos avanzados estructurales y funcionales. *Coord. C. Moure.*
- Vidrios y vitrocerámicos. *Coord. A. Durán.*

El año 2003, la Red de Pilas de Combustible del CSIC comienza la impartición del “Máster de pilas de combustible y supercondensadores”, con la colaboración de investigadores del ICTP, ICP, ICMM, IAI e ICV del CSIC. En el año 2006 pasó a denominarse “Máster en energías renovables, pilas de combustible e hidrógeno” (60 ECTS), y se convirtió en una titulación de la Universidad internacional Menéndez Pelayo y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Los investigadores del ICV-CSIC se encargan principalmente de las asignaturas del módulo II de Pilas de Combustibles (21 ECTS):

- Componentes, propiedades de materiales y procesos (4 ECTS). *Coord. C. Moure hasta 2012 y J. Tartaj Salvador desde 2013.*
- Caracterización y diagnosis (2ECTS). *Coord. E. Chinarro desde 2010.*
- Director del máster los años 2011, 2012, *J. Tartaj Salvador.*

Participación en otros programas de máster

- “Máster universitario en ingeniería de las estructuras, cimentaciones y sus materiales”: Ingeniería Civil Forense. UCM. *F. Capel.* 2008-2014.

- “Máster en materiales avanzados”. Facultad de Ciencias de la UAM. *B. Ferrari y Y. Castro*. 2011-2014.
- “Máster en Biotecnología”. UAM”. *M. A. García Tuñón*. 2011-2014.
- “Máster en materiales”. Departamento de Metalurgia de la UCM. *Á. Caballero*. 1993-2010.

Formación de licenciados y graduados

Desde el curso académico 1982/1983 hasta el 1998/1999 el profesor *Salvador de Aza* y desde el curso 1999/2000 hasta el curso 2011/2012 *Ángel Caballero* han impartido la asignatura “Química del estado sólido” del Departamento de Química Inorgánica de la Facultad de Ciencias de la UAM.

Cursos de posgrado en universidades

Asimismo, investigadores del ICV-CSIC han impartido cursos de especialización en diversas universidades españolas y extranjeras.

a) Cursos en universidades españolas

- Universidad de Valencia, 1985.
- Universidad de Oviedo, 1985.
- Universidad Complutense de Madrid (Facultades de Ciencias Químicas y Geológicas). 1989-1996.
- Universidad Rey Juan Carlos de Madrid.
- Universidad Politécnica de Madrid (ETS de Ingenieros Industriales de Madrid).
- Universidad Internacional Menéndez Pelayo. Santander. España, 1991.
- Universidad Politécnica de Madrid (ETS de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos de Madrid). Graduado en materiales estructurales. Diciembre, 1988, 1989, 1991.
- ETS de Ingenieros Industriales (Bilbao), 1994.
- Universidad Jaime I (Castellón), 1994.
- Universidad de Jaén, 2007.
- Universidad de Burgos, 2013.

b) Cursos en universidades extranjeras

- Universidad de Michoacan. Morelia. México, 1979.
- Universidad Nacional. Bogotá, Colombia, 1984, 1986, 1988, 1993, 1994, 1995.
- Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional de San Nicolás. Argentina, 1985.
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Buenos Aires, Argentina, 1987.
- Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ingeniería. Departamento de Cerámica. Mar del Plata (Argentina), 1992, 1993, 1994 y 1998.
- Centro Cerámico de Bolonia, Italia, 24 marzo 1994.
- Universidad del Cauca, Popayán, Colombia, 16-20 octubre 1995.
- Instituto Universitario de Tecnología (Caracas, Venezuela), 1995.
- Universidad Nacional (Medellín, Colombia), 1995.
- Università degli Studi di Bologna-Centro Ceramico, Italia, noviembre 1996.
- Università degli Studi di Bologna-Centro Ceramico, Italia, noviembre 1997.
- Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey (México), 1997.
- Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones en Materiales, México D.F., México, 17-21 agosto 1998 y 27 junio-1 julio 2005.
- Centro de Investigaciones en Materiales Avanzados, CIMAV, Chihuahua, Chih., México, 17-21 mayo 1999.
- Universidad Nacional de Colombia en Medellín, 26 abril-5 mayo 1999.
- Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México, 4-6 julio 2000.
- Universidad de Missouri-Rolla (USA), School of Mines and Metallurgy. Ceramics Engineering Department. Rolla (MO) (USA), 1990, 1992.
- Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN. Unidad de Saltillo (CINVESTAV). México, 1999-2002.
- Universidad Nacional Autónoma de México. México, 2006.

Cursos de especialización para técnicos e investigadores de empresas del sector

a) Cursos en España

- “Curso de tecnología cerámica”. Organizado por la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio. Noviembre-diciembre 1966. Barcelona. S. de Aza, J. M. Fernández Navarro, J. Espinosa de los Monteros y J. M.^a González Peña.

- “Introducción a la ciencia cerámica”. Universidad de Verano de Vigo. Dirigido al personal técnico de empresas del sector. Vigo (Pontevedra). Julio-agosto 1973. *D. A. Estrada, J. M. Fernández Navarro, S. de Aza, J. Espinosa de los Monteros y P. Durán.*
- “Identificación, estudio y aplicación de materias primas para cerámica y vidrio”. Universidad de Verano de Vigo. Dirigido al personal técnico de empresas del sector. Vigo (Pontevedra). Julio-agosto 1974. *D. A. Estrada, J. M. Fernández Navarro, S. de Aza, J. Espinosa de los Monteros, P. Durán y J. M. González Peña.*
- “Tecnología en la fabricación de pavimentos y revestimientos cerámicos”. Asociación de Técnicos Cerámicos y Asociación de Revestimientos Cerámicos. Castellón de la Plana. Enero-junio 1978. *S. de Aza.*
- “Tecnología en la fabricación de pavimentos y revestimientos cerámicos”. Asociación de Técnicos Cerámicos y Asociación de Revestimientos Cerámicos. Castellón de la Plana. Enero-junio 1979. *S. de Aza.*
- “I Curso Iberoamericano sobre Ciencia y Tecnología del Vidrio”. Organizado por la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio. Madrid 2-28 de noviembre de 1981. *Dirigido por J. M. Fernández Navarro.*
- “Seminario de formación para cuadros y mandos de Cristalería Española, S. A.”. Instituto de Cerámica y Vidrio. Arganda del Rey (Madrid) noviembre-diciembre 1983 (100 horas lectivas). *Dirigido por J. M. Fernández Navarro.*
- “Diagramas de equilibrio de fases, fundamentos, interpretación y uso en ciencia y tecnología de materiales”. Organizado por la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT). Pazo de Mariñán (Mariñán, La Coruña). 16-28 enero 1986. *Director científico del curso, S. de Aza.*
- “Diagramas de equilibrio de fases aplicados a materiales”. Curso organizado por la Fundación Universidad-Empresa. Pazo de Mariñán (La Coruña), 16-30 de enero de 1989 (100 horas lectivas). *Director científico del curso, S. de Aza.*
- “Materiales refractarios. Composición, propiedades y comportamiento”. Curso organizado por la Fundación Universidad-Empresa. Candas (Oviedo) 4-17 de febrero de 1990 (100 horas lectivas). *Director científico del curso, S. de Aza.*
- “Materiales cerámicos refractarios. Procesos de fabricación, propiedades y comportamiento”. Curso organizado por la Fundación Universidad-Empresa y Asociación Latinoamericana de Fabricantes de Refractarios (ALAFAR). Pazo de Mariñán (La Coruña), 14-21 abril de 1991 (50 horas lectivas). *Director científico del curso, S. de Aza.*
- “Aplicación de los diagramas de fases en la fabricación y uso de los refractarios”. Curso organizado por la Fundación Universidad-Empresa y la CICYT. Pazo de Mariñán (La Coruña), 21-27 julio 1992 (50 horas). *Dirigido por S. de Aza.*

- “El vidrio y su elaboración”. Escuela de Vidrio CESA. Organizado por Cristalería Española, S. A., para su personal técnico. Segovia 20-22 de noviembre de 1996. *José María Fernández Navarro, Alicia Durán y Francisco Capel.*
- “Introducción a la cerámica. Propiedades y aplicaciones”. Curso impartido por el Instituto de Cerámica y Vidrio a la Fundación Centro Nacional del Vidrio a su personal técnico e investigador. La Granja (Segovia), noviembre 1997 (40 horas lectivas). *Dirigido por A. Caballero y P. Pena.*
- “El vidrio y su elaboración”. Escuela de Vidrio CESA. Organizado por Cristalería Española, S. A., para su personal técnico. Azuqueca de Henares 2 de abril y Avilés 4-6 de junio de 1997. *José María Fernández Navarro, Alicia Durán y Francisco Capel.*
- “Técnicas en materiales cerámicos y vidrios”, dirigido a personal técnico de titulación media y superior. 110 horas lectivas, octubre-noviembre, 1998. *Dirigido por A. Caballero.*
- “Materiales refractarios. Puesta al día del conocimiento avanzados en estos materiales”, dirigido a personal técnico de titulación media y superior de empresas asociadas a ANFRE. 40 horas lectivas. Residencia “La Cristalera”. UAM. Miraflores de la Sierra, mayo 2005. *Dirigido por A. Caballero.*
- “Materiales refractarios 2007”. Dirigido a personal técnico de titulación superior y doctores de empresas asociadas a ANFRE. 40 horas lectivas. Cantoblanco, junio 2007. *Dirigido por A. Caballero.*
- “Materiales refractarios 2012”. Dirigido a personal técnico de titulación superior y doctores de empresas asociadas a ANFRE. 40 horas lectivas. Cantoblanco, marzo 2012. *Dirigido por A. H. de Aza y A. Caballero.*
- “Diagramas de equilibrio de fases: su aplicación al diseño y comportamiento de los materiales cerámicos”. Dirigido al personal técnico de titulación superior y doctores de ENUSA Industrias Avanzadas, S. A. Madrid 8 de octubre a 29 de noviembre de 2012 (35 horas). *Dirigido por P. Pena.*
- “1º a 6º Cursos de introducción a la reología”. Madrid, julio de 2003, 2005, 2007, 2009, 2011 y 2013. Instituto de Cerámica y Vidrio-CSIC. El curso está dirigido a técnicos con titulación superior y doctores de empresas, organismos de investigación y universidades que precisan la reología para desempeñar su trabajo. 20 horas lectivas. *Dirigido por R. Moreno.*
- “1º a 5º Cursos de caracterización de partículas”. Madrid, de julio de 2004, 2006, 2008, 2010 y 2012. Dirigido a técnicos con titulación superior y doctores de empresas, organismos de investigación y universidades. 20 horas lectivas. *Dirigido por R. Moreno.*

b) Cursos en el extranjero

- “Introducción a los materiales refractarios”. Dirigido al personal de empresas de la Asociación Latino Americana de Fabricantes de Materiales Refractarios (ALAFAR). Colonia Suiza (Uruguay), 26 julio-15 de agosto 1987. *S. de Aza*.
- “Diagramas de equilibrio de fases y su utilización en materiales refractarios”. Dirigido al personal de ALAFAR. Punta del Este (Uruguay), 15 julio-15 agosto 1988. *S. de Aza*.
- “Fisicoquímica de los materiales refractarios”. Dirigido al personal ALAFAR. Punta del Este (Uruguay), 1-16 octubre 1989. *S. de Aza*.
- “Fisicoquímica de los materiales refractarios”. Dirigido al personal ALAFAR. Punta del Este (Uruguay), 1-16 noviembre 1990. *S. de Aza*.
- “Materiales cerámicos refractarios: procesos de fabricación, propiedades y comportamiento”. I Curso hispano-americano y IV Curso ALAFAR. Organizado por la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT); Asociación Latinoamericana de Refractarios (ALAFAR); Centro para el Desarrollo Técnico Industrial (CDTI) e Instituto de Cerámica y Vidrio, CSIC (ICV). Pazo de Mariñán (Bergondo, La Coruña), 14-20 abril, 1991. *Director científico del curso, S. de Aza*.
- “Diagramas de equilibrio de fases y su utilización en materiales refractarios”. Dirigido al personal de ALAFAR. Punta del Este (Uruguay), 15 agosto-30 agosto 1992. *S. de Aza*.
- “Fundamentos y Aspectos Tecnológicos de la Fabricación de Vidrio”. Antigua, Guatemala, 4-9 octubre 1999. Curso en el ámbito de la Red CYTED VIII-E. *Coord. A. Durán*.
- “Introducción a la tecnología sol-gel”. Curso en la Reunión CYTED de la Red VIII-E, La Habana, Cuba, noviembre 2000. *Coord. A. Durán*.
- “Recubrimientos anticorrosivos sobre metales producidos por sol-gel”. Bucaramanga, Colombia, 2001. *Coord. A. Durán*.
- “Introducción a los esmaltes cerámicos”. Foz do Iguaçu, Brazil, agosto 2001, Isla Margarita, Venezuela, octubre 2002. *Coord. A. Durán*.
- “Técnicas de caracterización de materiales vítreos y vitrocerámicos”, Isla Margarita, Venezuela, octubre 2002. *Coord. A. Durán*.
- “Sol-gel course, organizado por TC16 y TC23, ICG”. Monterrey, México, noviembre 2011. *Coord. A. Durán*.
- “Sol-gel course, organizado por TC16 y TC23, ICG”, Araraquara, Sao Paulo, Brazil, octubre 2012. *A. Durán*.
- “Introduction to sol-gel science and technology”. Master in Applied Chemistry. Universidad de Osaka Prefecture University, Dpt. Applied Chemistry. 1-28/10/2013. *A. Durán*.

- “Aplicación de la ingeniería de sistemas complejos para el diseño de refractarios monolíticos y piezas preformadas”. Organizado por ALAFAR y la Red HOREF de CYTED. 25 horas. Monterrey (México), 18-22 de noviembre de 2013. *Directora del curso, C. Baudín.*

No podemos olvidar mencionar aquí los seminarios que, de forma continuada y con una frecuencia casi semanal, se imparten en el ICV por investigadores del centro y por investigadores relevantes de universidades y centros de investigación españoles, europeos y americanos fundamentalmente.

María Pilar Pena Castro

Relaciones ICV-SECV

La Sociedad Española de Cerámica (SEC) se creó el 16 de febrero de 1960 por iniciativa de Antonio García Verduch, bajo la tutoría del Patronato “Juan de la Cierva”, después de regresar de su larga estancia posdoctoral en el College of Ceramics de la Universidad de Alfred (Nueva York), para reincorporarse a su puesto de colaborador científico en el Departamento de Silicatos del Instituto de Edafología del CSIC. El germen de la creación de la SEC semejante a la American Ceramic Society, fundada en 1898, estuvo pues ligado a dicho departamento y a la voluntad y el esfuerzo de un investigador. El proyecto tenía como finalidad agrupar a todas las empresas y profesionales dedicados al sector de la cerámica en aquella época y, posteriormente, a los del vidrio; que sirviera como foro de comunicación y de intercambio de conocimientos científicos y tecnológicos; fomentar el avance técnico en las industrias de la cerámica y el vidrio y alentar las enseñanzas en dichos sectores. Para llevar a cabo dicho proyecto contactó con profesionales relacionados con el mundo cerámico tanto del sector industrial como del científico. Su dedicación a la creación de la Sociedad fue encomiable tratando de difundir, a través de ella, los conocimientos científicos y técnicos.

La estructura de la SEC se constituyó en varias secciones, concebidas como órganos activos de la Sociedad: Ciencia Básica, Productos de Arcilla, Porcelanas, Refractarios, Arte Cerámico y Comisión Permanente de Educación. Y la junta de gobierno estuvo constituida en su origen por Luis Auget Durán, presidente; Tomás Trenor Azcarraga, vicepresidente; Vicente Aleixandre Ferrandis, secretario, Antonio García Verduch, vicesecretario, y Demetrio Álvarez Estrada y Fernández-Castrillón, tesorero.

Desde el año de su creación, la SEC empezó a organizar en Madrid una serie de reuniones denominadas “Semana de Estudios Cerámicos”, en donde se impartían conferencias de carácter general. La I Semana de Estudios Cerámicos tuvo lugar en Madrid en 1960 y la VIII en Barcelona en 1966 con una gran participación de profesionales. A partir

de ese año se cambió el nombre por el de “Reuniones Anuales” y, posteriormente, por el de “Congresos Anuales” que se celebran por toda la geografía española, siendo el de su 54ª edición, el celebrado en el año 2013 en L’Alcora, Castellón. Dado que las secciones tenían estatutariamente autonomía para desarrollar sus actividades, se empezaron a organizar reuniones técnicas monográficas con una gran participación de profesionales especialistas de las diferentes áreas.

La SEC, con sus cuatro años de existencia, fue un apoyo fundamental para que, a propuesta de Vicente Aleixandre Ferrandis, director del Departamento de Silicatos, se creara en 1964 el Instituto de Cerámica y Vidrio (ICV). Desde entonces ambas entidades han caminado juntas y han colaborado estrechamente en la organización de reuniones, congresos, cursos, etc., actividades, todas ellas, relacionadas con las áreas de la cerámica y el vidrio.

El personal investigador que pertenecía al Departamento de Silicatos venía publicando sus trabajos de investigación en una serie de revistas nacionales e internacionales y, a partir del primer número del boletín de la Sociedad creado en 1961, empieza a publicar también en dicha revista, que estuvo bajo la dirección de Antonio García Verduch hasta 1968. Era la primera publicación sobre cerámica de carácter científico en nuestro país.

La colaboración del personal del ICV en la labor editorial de la Sociedad, centrada fundamentalmente en su boletín y en la publicación de libros para la difusión del conocimiento científico y tecnológico, ha sido decisiva durante todo este tiempo. El puesto de jefe de Redacción de la revista, asociado generalmente al cargo de secretario general, ha sido siempre un investigador del ICV. Después de la primera secretaría a cargo de Vicente Aleixandre Ferrandis (1960-1966), fueron nombrados: Antonio García Verduch (1966-1971), Salvador de Aza Pendás (1971-1976), Juan Espinosa de los Monteros (1976-1983), José María Fernández Navarro (1983-1988), Jesús María Rincón López (1988-1992), José Ramón Jurado Egea (1992-1996), Emilio Criado Herrero (1996-2004), Miguel Ángel Rodríguez Barbero (2004-2008), Emilio Criado Herrero (2008-2012) y, actualmente, Carmen Baudín de la Lastra.

El personal becario que se iba incorporando al ICV también ha colaborado con la Sociedad en la traducción de resúmenes de artículos científicos aparecidos en las revistas nacionales y, fundamentalmente, internacionales que se recibían por intercambio con el boletín. Dichos resúmenes se publicaban en una sección específica y suponían una base de información importante. Dicha sección dejó de publicarse dadas las diferentes bases de datos que iban apareciendo.

Todos los secretarios generales, aparte de dirigir la revista¹, han colaborado en la organización de todo tipo de eventos, tanto de carácter nacional como internacional

1 A excepción del periodo de Miguel Ángel Rodríguez, cuya dirección del boletín estuvo a cargo de José F. Fernández Lozano.

y han sido puente de comunicación entre el Instituto y la Sociedad. Los vicesecretarios y los secretarios de las correspondientes secciones, en su gran mayoría, han sido también personal del ICV, encargados estos últimos de organizar reuniones monográficas, cursos de especialización, etc. Los cargos de tesorería también han recaído siempre en personal del ICV.

En 1967 se creó la Sección de Vidrios de la Sociedad y al año siguiente organizó su I Reunión Técnica del Vidrio en Madrid presidida por el director del Instituto de Cerámica y Vidrio, Vicente Aleixandre Ferrandis. En 1970 se celebró la II Reunión Técnica en Barcelona, con una significativa participación internacional de conferenciantes. Y durante la XI Reunión Anual de la Sociedad, celebrada en Granada en 1971, se aprobó el cambio de nombre, que pasó a llamarse Sociedad Española de Cerámica y Vidrio (SECV). José María Fernández Navarro fue uno de los principales impulsores en la creación de dicha sección.

Con objeto de adaptar las tendencias científicas de cada momento a la demanda de los intereses de los distintos sectores industriales, a partir de 1980 se incorporaron dos secciones más, Materias Primas y Esmaltes sobre Metal, y en año 2000 se creó la Sección de Electrocerámica. Desde 2008, la Sociedad cuenta con otras dos nuevas secciones: Educación e Innovación y Medio Ambiente. Los nombres de algunas de las primitivas secciones se han modificado. Así la de Esmaltes sobre Metal ha pasado a denominarse de Esmaltes y Pigmentos Cerámicos, y la de Arte y Diseño ha añadido a su nombre el de Patrimonio [1].

A través de las actividades realizadas por la SECV, tales como los congresos, reuniones, cursos, etc., los investigadores del ICV tuvieron, desde siempre, la oportunidad de contactar con el sector industrial, lo que les permitía intercambiar experiencias y establecer relaciones profesionales que, en muchas ocasiones, han cristalizado en contratos y proyectos de I+D. En sus dos primeras décadas de existencia, la Sociedad ha servido de escenario para que los investigadores pudieran presentar sus trabajos en un contexto profesional adecuado y que fuera también foro de discusión entre el sector industrial y el mundo científico. Las publicaciones de artículos y libros han sido, en muchas ocasiones, la culminación de esta relación entre ciencia e industria.

La integración de la Sociedad en instituciones internacionales se ha venido produciendo desde casi su creación y ha dado lugar a un enriquecimiento mutuo entre ambas instituciones:

- La primera entidad internacional en donde se integró la Sociedad fue la Asociación Europea de Cerámica (AEC), siendo elegidos en 1962 los investigadores Vicente Aleixandre Ferrandis y Antonio García Verduch miembros de su Comité Directivo. En 1968 la SEC con la colaboración del ICV organizó en Madrid el XI Congreso Internacional de Cerámica [1].



SOCIEDAD ESPAÑOLA
DE CERÁMICA Y VIDRIO



Medalla de Socio Fundador de la SECV (1960).



Congreso Anual de la SECV (Vigo, 2004).



J. M. Fernández Navarro recibe la medalla conmemorativa de los 25 años de la SECV como socio fundador. XXV Reunión Anual de la SECV (Segovia, 1985).



Alfa de Oro que otorga la SECV en la Feria Internacional CEVISAMA.



III Congreso Internacional de la Sociedad Europea de Cerámica organizado por la SECV (Madrid, 1993).



José F. Fernández, Federico Soria, Emilio Lora-Tamayo, Ángel Caballero, Francisco Capel, José Frutos. IV Reunión Nacional de Electrocerámica, y II Conferencia Iberoamericana (Madrid, 1999).



Entrega de los Premios Alfa de Oro de la SECV (Cevisama, 2008).



Acto de apertura de la celebración del 50 aniversario de la SECV (Madrid, 2010).

- En 1972 se integró en la International Commission on Glass (ICG) y en 1992 dicha entidad le confió a la Sociedad la organización del XVI Congreso Internacional del Vidrio, siendo presidido por el vicepresidente de la Sección de Vidrios, José María Fernández Navarro. Dicho congreso contó con el apoyo del ICV. En la actualidad Alicia Durán Carrera es miembro del Management Board y del Steering Committee, representante española en el Council, tesorera y miembro del Comité Editorial y Comité Técnico 23 (Educación y Formación) de la ICG.
- Como resultado de los contactos llevados a cabo por la Sección de Vidrios con L' Union Scientifique Continentale du Verre le fue encomendada por parte de esta institución la organización de su séptimo simposio bajo el título de *L' Elaboration du Verre*, celebrado en Madrid en 1973 en los locales del CSIC, siendo secretario de la Sección de Vidrios, José María Fernández Navarro. En dicha inauguración estuvo presente, junto al resto de autoridades, el director del ICV, Vicente Alexandre Ferrandis [1]. Y en 1983 la Sociedad ingresó como miembro de L'Union Scientifique Continentale du Verre, siendo los representantes españoles ante dicha institución los correspondientes secretarios de la Sección de Vidrios, cuyo cargo ostentaba un investigador del ICV, José María Fernández Navarro, Felipe Orgaz, Francisco Capel del Aguila y Alicia Durán Carrera. Dicha institución desapareció en el año 2004 para convertirse en la Sociedad Francesa del Vidrio.
- Antonio García Verduch fue nombrado representante español ante la European Ceramic Society (ECS), creada 1987 y formada por las sociedades de cerámica de siete países europeos. Ese mismo año se disolvió la Asociación Europea de Cerámica (AEC) que se integró en la anterior sociedad. Y en 1993 se le encargó a la SECV la organización del III Congreso Internacional de Cerámica, cuyo presidente fue Pedro Durán Botía. En 2008, la Sociedad ingresó en la International Ceramic Federation que agrupa actualmente a 26 sociedades nacionales de cerámica.

Entre otros eventos internacionales organizados por la SECV en donde el ICV ha estado implicado podemos citar: el I Congreso Iberoamericano de Cerámica, Vidrio y Refractarios, celebrado en Torremolinos, Málaga, en 1982, cuya organización estuvo a cargo del secretario general de la SECV, Juan Espinosa de los Monteros²; el *Fourth Symposium on self-Propagating High-Temperature Synthesis*, en colaboración con la Academia Rusa de Ciencias, celebrado en Toledo en 1997, cuya organización fue presidida por Miguel Ángel Rodríguez Barbero; el *X International Meeting on Ferroelectricity*, celebrado en Madrid en 2001, cuya secretaría estuvo a cargo de José Francisco Fernández Lozano; el *X Electroceramics*, celebrado en Toledo 2006, siendo Marina Villegas Gracia secretaria

2 El II Congreso Iberoamericano se celebró en Buenos Aires en 1988 con una participación importante del personal del ICV.

y José Francisco Fernández Lozano presidente; y el congreso *Shaping 4*, en 2009, con Rodrigo Moreno Botella como máximo responsable.

La incorporación en 1999 del boletín de la Sociedad en la base de datos del Science Citation Index (SCI), cumpliendo las normas exigidas por el Institute for Scientific Information (ISI), ha supuesto un importante esfuerzo de los sucesivos equipos de redacción. Dicha incorporación supuso un gran aliciente para los investigadores que publicaban sus artículos en el boletín dada la repercusión académica que conlleva la inclusión de la revista en SCI.

La historia de la SECV no se puede entender sin la intensa colaboración del ICV en todas y cada una de las actividades que la Sociedad ha organizado. En 1985, la Sociedad celebró su 25 aniversario coincidiendo con su XXV Reunión Anual, que tuvo lugar en Segovia. Y en 2010 fue el año de su 50 aniversario que se celebró en Madrid, en la sede del CSIC. En ambos aniversarios el personal de ICV participó muy activamente tanto en la presentación de comunicaciones como en la organización de los mismos. Como comentaba uno de los secretarios de la Sociedad, Emilio Criado Herrero, “entre ambas instituciones ha existido siempre una relación de interdependencia”.

Esta estrecha relación que se ha mantenido desde el principio, fue puesta en entredicho, sin embargo, a principios de los noventa, por algunos investigadores del ICV. Esta situación fue abordada por la Junta de Instituto a principios del año 1992, su director, Pedro Durán Botía, y el presidente de la SECV, Miguel Ángel Delgado Méndez, elaboraron un convenio de colaboración para mantener, de manera oficial, las fructíferas relaciones y la relación sinérgica entre ambas instituciones. En dicho documento, el Instituto se comprometía a prestar su apoyo a la Sociedad y a seguir manteniendo un local en sus instalaciones a disposición de la secretaría; la SECV, por su parte cedía en depósito a la biblioteca del Instituto sus fondos documentales y las revistas nacionales e internacionales que recibía por intercambio.

Otra de las actividades en donde el ICV ha colaborado activamente con la SECV ha sido en la concesión de los premios “Alfa de Oro”, creados en 1977 para premiar aquellos productos o proyectos más innovadores presentados en la Feria Internacional de Valencia, que destaquen por su calidad técnica y/o su innovación tecnológica. Hasta 1983 se convocaban coincidiendo con la Feria Monográfica de Cerámica y Vidrio y Elementos Decorativos. En 1984 se produce el desglose de esta feria en otras dos bien diferenciadas, CEVIDER (Feria Internacional de Cerámica, Vidrio y Elementos Decorativos), desaparecida en el año 2000, y CEVISAMA (Salón Internacional de Cerámica, Recubrimientos para la Construcción, Saneamiento, Grifería, Materias Primas, Esmaltes, Fritas y Maquinaria). En ambas ferias, los investigadores del ICV han formado parte de los sucesivos jurados, junto con los representantes de las asociaciones empresariales y de otras entidades de investigación, lo que les ha permitido conocer, de primera mano, la evolución tecnológica del sector cerámico y aportar los conocimientos deducidos de sus investigaciones. De ahí que algunos de los trabajos

llevados a cabo en el ICV y presentados en la feria, conjuntamente con la industria, hayan sido premiados en la misma³.

Otros premios instituidos más recientemente en 1999 por la SECV, a iniciativa de la Sección de Electrocerámica, son los Épsilon de Oro para distinguir a personas o entidades de especial relevancia científica en esta especialidad. Dichos premios se entregan en la Reunión Nacional de Electrocerámica que se celebra bianualmente en España. Entre los premiados se encuentran los investigadores del ICV, Pedro Durán Botía (1999), Carlos Moure Jiménez (2009) y José F. Fernández Lozano (2013).

El personal del ICV sigue colaborando con la SECV, tanto en su labor editorial como en la organización de eventos nacionales e internacionales. Su sede social sigue integrada en el ICV y muchos de sus cargos directivos continúan siendo personal del centro. La Sociedad también sigue financiando publicaciones del personal investigador, algunas de ellas con bastante aceptación por los profesionales.

Las relaciones ICV-SECV, que se han mantenido durante estos cincuenta años, es de esperar que continúen en el futuro, buscando nuevas actividades comunes en donde ambas entidades puedan desarrollarse de acuerdo con sus fines y objetivos. Y para terminar este capítulo, traemos las palabras que José María Fernández Navarro dedica a su amigo y principal impulsor de la Sociedad, Antonio García Verduch:

“El tiempo demostró que Antonio no estaba equivocado. Su dedicación a la Sociedad sirvió para abrirle nuevos cauces para la difusión de los conocimientos cerámicos y vidrieros y para estrechar cada vez más la relación entre los científicos, técnicos y artistas que trabajan en este amplio campo”.

[1] *Bol. Soc. Ceram.* V. 49 (6): 377-392 (2010).

Francisco Capel del Águila

³ Los investigadores premiados aparecen en el capítulo, “Premios, condecoraciones y menciones honoríficas”, también en el libro *Contribución de los premios Alfa de Oro de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio a la innovación de la industria del azulejo*, publicación de la SECV y el Museo del Azulejo “Manolo Safont” de Onda (2010).

Internacionalización

Desde un punto de vista científico, y dentro de nuestro ámbito, la internacionalización es un proceso estructural que implica diversas actividades, procesos y al personal del ICV. Asimismo, debe contribuir a fortalecer la posición del centro y su competitividad en la carrera por la búsqueda del conocimiento y del entendimiento, principalmente en el área de los materiales cerámicos y vítreos.

La estrategia de internacionalización del ICV está necesariamente en la línea que establecen el CSIC y la Comisión Europea, a través de la promoción y divulgación de actividades de colaboración internacional y del apoyo a los investigadores del ICV en distintos aspectos de sus relaciones con instituciones de investigación, universidades, centros tecnológicos o empresas de otros países. El propósito general es la colaboración científica para la formación de alianzas de excelencia científica o tecnológica.

Esto se plasma en relaciones entre grupos de investigación de nuestro centro con científicos y grupos extranjeros. Mediante estancias de investigadores extranjeros en nuestro centro y/o viceversa que facilitan y potencian la colaboración a través del desarrollo de trabajos comunes, mediante la realización de convenios bilaterales de colaboración con instituciones científicas internacionales y de convenios intergubernamentales.

La movilidad ha sido y sigue siendo el eje central de la internacionalización. Así desde los años cincuenta investigadores pioneros del ICV se han caracterizado por realizar estancias en centros de reconocido prestigio, como en el caso de Demetrio Álvarez-Estrada y Antonio García-Verdúch que realizaron estancias posdoctorales en el instituto de investigación sobre química de silicatos, Chalmers Tekniska Högskola de Gotemburgo, Suecia, bajo la tutoría del profesor J. Arvid Hedwall, referente de la química del estado sólido. En 1967 otro investigador del ICV, José María Fernández Navarro, se marchó a Alemania durante un año y medio para ampliar sus estudios sobre vidrio en el Instituto Max-Planck

de Silicatos de Würzburg bajo la tutela del profesor Rolf Brückner. En el año 1971, Salvador de Aza y Juan Espinosa de los Monteros realizaron estancias en el Departamento de Cerámica de la Universidad de Sheffield, Inglaterra, bajo la dirección del profesor White, y Pedro Durán la realizó en el laboratorio de Altas Temperaturas del CNRS, bajo la dirección del profesor Collouges. Esta ha sido una característica a lo largo de estos cincuenta años del ICV, donde un gran número de sus investigadores han realizado estancias en centros extranjeros de reconocido prestigio como son: Berkeley University of California, Imperial College London, Universität Erlangen-Nürnberg, Rutgers University of New Jersey, Université Pierre et Marie Curie de Paris, Massachusetts Institute of Technology (MIT), Universidade de Aveiro, Penn State University, etc., y asimismo numerosos Investigadores de centros internacionales y decenas de estudiantes han visitado y realizado estancias en nuestro centro. A modo de ejemplo, se citan al final del capítulo algunos destacados investigadores seniors que realizaron largas estancias (entre 3 y 12 meses) en el Instituto de Cerámica y Vidrio durante estos cincuenta años colaborando en diversas y punteras líneas de investigación.

Esta vocación de colaboración internacional, a lo largo de los cincuenta años de funcionamiento del ICV-CSIC, se ve reflejada en una alta proporción de publicaciones con grupos internacionales, llegando a ser del 40% de las totales (figura 1). En las publicaciones internacionales el factor proximidad es muy relevante y Francia como país vecino es el territorio con una mayor colaboración, aproximándose al 10% de las publicaciones totales. En una segunda posición se encuentra Portugal con un 5%. Entre el resto de países que destacan por la existencia de colaboraciones que han fructificado en publicaciones del SCI se encuentran los países de lengua inglesa, EE. UU. e Inglaterra, y los países iberoamericanos. En estos años, se ha colaborado con cerca de cincuenta países y además de los reflejados en la figura 2, se han publicado contribuciones científicas en menor

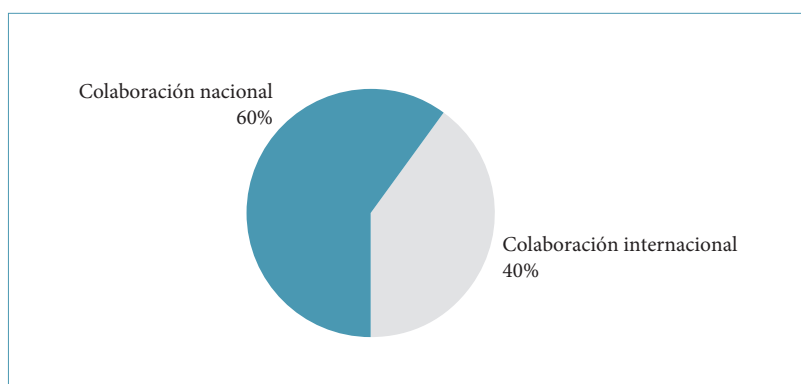


Figura 1. Porcentaje de publicaciones SCI en colaboración internacional del ICV-CSIC.

medida con China, Austria, Ecuador, Suiza, Holanda, Taiwán, Bolivia, Corea del Sur, Rumania, Luxemburgo, Ucrania, Turquía, Sudáfrica, Rusia, Noruega, Irán, Estonia, Egipto, Canadá, Bielorrusia, Australia, Eslovaquia, Irlanda, Grecia, República Checa, República de Georgia y Emiratos Árabes.

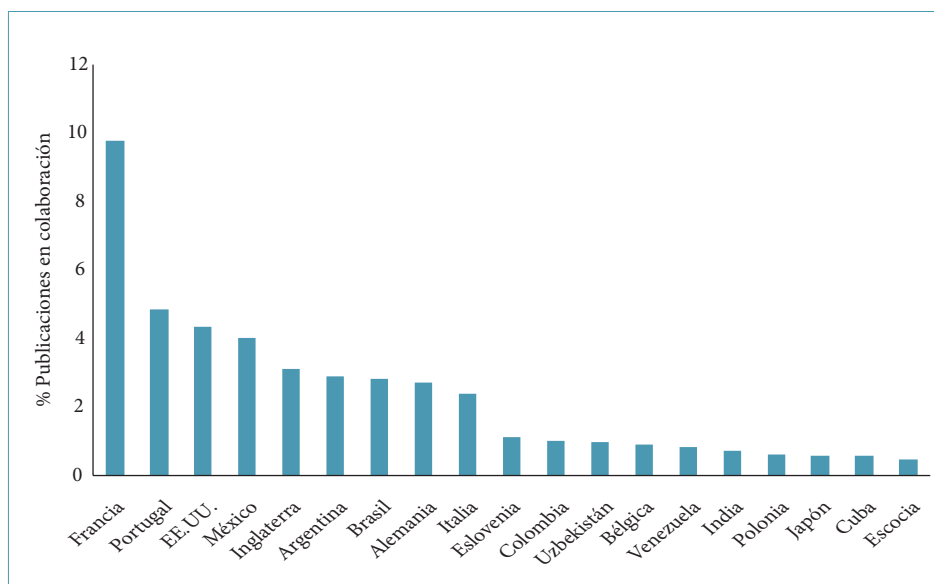


Figura 2. Distribución en porcentajes de publicaciones SCI de los principales países con los que el ICV-CSIC ha realizado colaboraciones internacionales.

Un dato muy relevante es la evolución de las publicaciones SCI a lo largo de las cinco décadas de existencia del ICV-CSIC. En la figura 3 se puede observar el aumento progresivo del número de publicaciones en revistas indexadas SCI a lo largo del tiempo y cómo ese aumento viene asociado a un aumento de la internacionalización de las investigaciones. En el último decenio se ha producido más de la mitad de las publicaciones de la historia del ICV-CSIC y además destaca que el número de publicaciones que se realiza en colaboración internacional es muy alto, siendo cercano al 50%.

Una posible razón para esta evolución hay que encontrarla en la actividad continuada de estancias tanto a nivel predoctoral y posdoctoral como de científicos en plantilla en centros extranjeros. Esta actividad se ve reforzada por la creciente presencia de investigadores en formación y sénior en las instalaciones del ICV, en gran medida propiciadas por el espacio europeo de investigación.

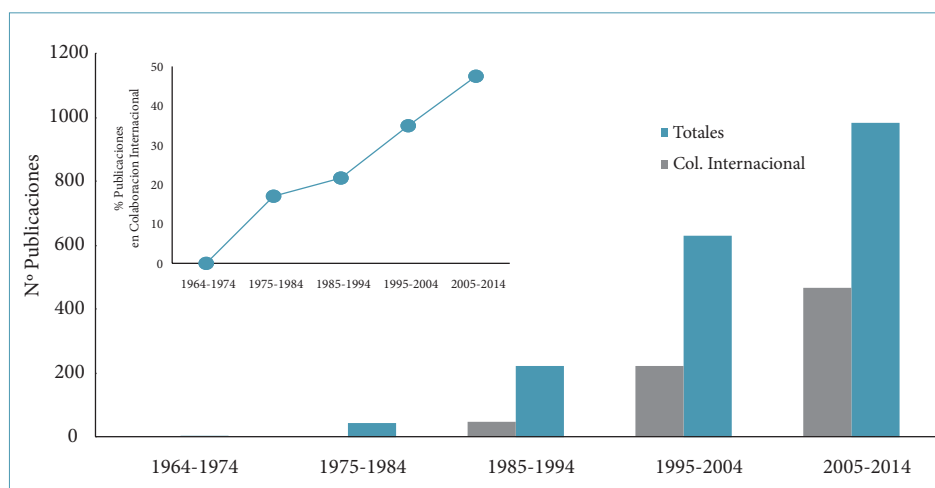


Figura 3. Evolución del número de publicaciones SCI en número total por periodo decenal realizadas por el ICV-CSIC y, de forma comparativa, evolución del número de publicaciones realizadas en colaboración internacional en esos periodos.

También es destacable la financiación obtenida de organismos internacionales. A continuación se muestra una gráfica donde se pueden observar el número de proyectos internacionales distribuidos por quinquenios en los cuales el Instituto ha sido líder o participante desde hace más de treinta años. De la misma se puede deducir que el ICV ha tenido una media superior a cuatro proyectos/año, alcanzándose un máximo de trece proyectos internacionales concedidos en el periodo 1996-2000. Es interesante apuntar que se ha mantenido un nivel medio de diez proyectos concedidos en los cuatro últimos quinquenios. Destacar que la obtención de financiación internacional ha experimentado un notable crecimiento a lo largo del periodo estudiado, con notables tasas de crecimiento (en relación al periodo 1986-1990) que se sitúan entre el 325% a comienzos de la década de 2000 y del 250% en la década del 2010 en plena crisis económica mundial (figura 4). Este nivel de participación en proyectos internacionales, incluso en estos últimos años de crisis, hace patente que el ICV ha sido y sigue siendo competitivo a nivel internacional. Al final del capítulo se da un listado de los proyectos internacionales de mayor relevancia obtenidos en estos años.

Asimismo, durante los últimos años, investigadores del ICV han participado activamente en distintas redes temáticas del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) relacionadas con la cerámica y el vidrio.

Más específicamente desde el ICV se han liderado las redes sobre “Ciencia y Tecnología de Materiales Vítreos”, “Materiales Electrocerámicos” y “Hormigones Refractarios”

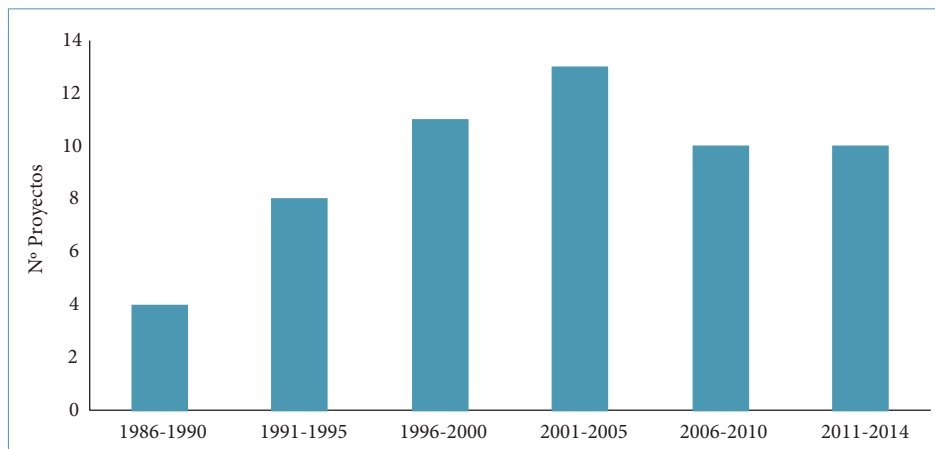


Figura 4. Evolución por quinquenios del número de proyectos obtenidos por el ICV-CSIC en colaboración internacional.

(vigente en la actualidad) y el ICV ha participado muy activamente como socio en la red de “Biomateriales para la Salud”.

Consecuencia del liderazgo de estas redes ha sido la dirección y/o codirección de tesis a investigadores de diversos países iberoamericanos y una cantidad muy importante de estancias de investigadores de distintos países iberoamericanos en el ICV y de investigadores del ICV en los centros de investigación y universidades de más prestigio de Iberoamérica.

- Título: “Red Iberoamericana Sobre Ciencia y Tecnología de Materiales Vítreos”.
Ref.: Subprograma VIII Tecnología de Materiales. RED CYTED VIII.E (1997-2001).
Coordinadora de la red ICV-CSIC ESPAÑA: Alicia Durán Carrera.
- Título: “Red Iberoamericana en Materiales Electrocerámicos”.
Ref.: Subprograma VIII Tecnología de Materiales. RED VIII.F (1998-2002).
Coordinador de la red ICV-CSIC ESPAÑA: José Francisco Fernández Lozano.
- Título: “Red Iberoamericana de Biomateriales para la Salud”.
Ref.: Subprograma VIII Tecnología de Materiales. RED CYTED VIII J (2001-2004).
Coordinador de la Red ICTP-CSIC ESPAÑA: Roberto Sastre Muñoz. ICTP-CSIC.
- Título: “Hormigones Refractarios (HOREF)”.
Ref.: Red CYTED 312RT0453 (2012-2015).
Coordinadora de la Red ICV-CSIC ESPAÑA: Carmen Baudín de la Lastra.

A continuación y a modo de ejemplo se da un listado de los 10 proyectos internacionales de mayor relevancia obtenidos en estos años, colocados en orden decreciente de dotación económica.

- Título del proyecto: “Thermally sprayed Environmental Barrier Coatings (EBCs) on Light Weight Silicon-Based Ceramics For The Next Generation of High Performance Gas Turbine Engines”.
Investigadora responsable: Dra. M.I. Osendi.
Entidad financiadora: Proyecto de Colaboración Conjunta NRC (National Research Council of Canada)-CSIC.
Tiempo de realización: 2007-2010. Cuantía de la subvención: 434.000 €.
- Título del proyecto: “Advanced environmentally friendly multifunctional corrosion protection by nanotechnology (MULTIPROTECT)”.
Investigadora responsable: Dra. A. Durán.
Entidad financiadora: Integrated Project (IP) FP6-2003-NMP-NI-3 (011783).
Tiempo de realización: 2005-2009. Cuantía de la subvención: 389.000 €.
- Título del proyecto: “Multichannel Solid Oxide Fuel Cell Reactors”.
Entidad financiadora: CEE- EN 3E0167-E(TT).
Investigador responsable: Dr. P. Durán.
Tiempo de realización: 1988-1990. Cuantía de la subvención: 388.000 €.
- Título del proyecto: “Development of adaptive Production systems for Eco-efficient firing processes (DAPHNE) FoF.NMP.2012-1”.
Investigador responsable: Dr. J. F. Fernández Lozano.
Entidad financiadora: Unión Europea Award Number: 314636.
Tiempo de realización: 2012-2015. Cuantía de la subvención: 254.719 €.
- Título del proyecto: “Development of new electrolyte and electrode materials for all-solid-state thin film lithium batteries through solution process”.
Investigador responsable: Dr. M. Aparicio.
Entidad financiadora: Programa Nacional de Internacionalización de la I+D. ACI-PLANE (Cooper. España-Japón en Nanotecnología y Nuevos Materiales). PLE2009-0074.
Tiempo de realización: 2009-2014. Cuantía de la subvención: 241.000 €.
- Título del proyecto: “Synthesis and Evolution of Advanced Electrode and Electrolyte materials for SOFC”.
Investigador responsable: Dr. J. R. Jurado.
Entidad financiadora: Comunidad Europea JOUE 0044-C.
Tiempo de realización: 1990-1993. Cuantía de la subvención: 237.000 €.

- Título del proyecto: “Interface controlled nucleation and crystallization” (Inter-cony). Investigador responsable: Dra. A. Durán.
Entidad financiadora: FP6-NMP3-CT-2006-033200 (Strep Project).
Tiempo de realización: 2007-2009. Cuantía de la subvención: 226.471 €.
- Título del proyecto: “Developments in Cost Effective Forming of Defect Free Ceramics: Extension of Pressure Slip Casting to High Performance Ceramics”.
Investigador responsable: Dr. R. Moreno.
Entidad financiadora: CEE, Contract BE-5168.
Tiempo de realización: 1992-1996. Cuantía de la subvención: 220.000 €.
- Título del proyecto: “Integrated oxidation protection of CMC (IOPCMC)”.
Investigadora Responsable: Dra. A. Durán.
Entidad financiadora: CE (BRITE, 7059/93)BRE2-CT94-0907.
Tiempo de realización: 1994-1997. Cuantía de la subvención: 219.000 €.
- Título del proyecto: “High performance protection with sol-gel coatings on metals and enamels” (SURFPROTECT).
Investigador Responsable: Dra. A. Durán.
Entidad financiadora: BRITE 97/5111(BRPR-CT98-0725).
Tiempo de realización: 1998-2001. Cuantía de la subvención: 199.000 €.



Asimismo, se da un listado de investigadores sénior que realizaron estancias entre tres y doce meses en el Instituto de Cerámica y Vidrio durante estos cincuenta años colaborando en diversas y punteras líneas de investigación (por orden cronológico):

- Prof. Dr. Rolf Brückner, Max-Planck-Institut für Silikatforschung, Germany; 1968.
- Prof. Michel R. Anseau, CRBIC, Bélgica y Université de Mons, France; 1983, 1990.
- Prof. Antoni P. Tomsia, Lawrence Berkeley National Laboratory, United States; 1985, 1995.
- Prof. Gilbert Fantozzi, INSA Lyon, France; 1986, 1990, 1995.
- Prof. Eduardo Mari, Instituto Argentino de Normalización (IRAM), Argentina; 1988.
- Prof. Marc Arlen Anderson, University of Wisconsin Madison, United States; 1988, 1989.

- Prof. Robert Moore, University of Missouri-Rolla, United States; 1990.
- Prof. Gareth E. Thomas, UC Berkeley, United States; 1990.
- Prof. Joseph A. Pask, UC Berkeley, United States; 1994.
- Prof. Liliana Montalvo, Universidad del Cauca, Colombia; 1995.
- Prof. Jyoti P. Guha, Missouri Rolla, United States; 1996, 1997.
- Dr. Serguei Kovalev, Institute for Problems of Strength of Kiev, Ucrania; 1996.
- Dra. Sonia Regina Homem Mello, Instituto de Pesquisas Energeticas e Nucleares, Brazil; 1999.
- Dr. Esteban F. Aglietti, CIC-CONICET, Universidad Nacional de La Plata, Argentina; 2001.
- Prof. Thomas Coyle, University of Toronto, Canada; 2003.
- Prof. Jorge E. Rodríguez-Paez, Universidad de Cauca, Colombia; 2003.
- Dr. Alberto Nestor Scian, CIC- CONICET, Universidad Nacional de La Plata, Argentina; 2003.
- Prof. Luis E. Fuentes, CIMAV, México; 2003.
- Dra. María Elena Fuentes Montero, CIMAV, México; 2003.
- Dr. Joao Batista Rodrigues Neto, Instituto Superior Tupy de Santa Catarina, Brazil; 2006.
- Dr. Raúl García Carrodegua, Universidad de la Habana, Cuba; 2006, 2007.
- Dra. Ana Lía Cavalieri, Instituto de tecnología de Materiales (UNMdPU), Argentina; 2007.
- Dra. Vania Caldas de Sousa, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brazil; 2010.
- Prof. Paul Bowen, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suiza; 2010.
- Prof. Abdellah Chorfa, Université *Ferhat Abbas Sétif 1*, Algérie; 2012.
- Prof. Dr. Adilson Chinelatto, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Brazil; 2013.
- Prof. Adriana Chinelatto, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Brazil; 2013.
- Prof. Nabil Belkhir, Universidad Ferhat Abbas- Setif 1, Argelia; 2013.

Por todo lo expuesto podemos decir que la investigación científica desarrollada en el ICV ha experimentado un importante proceso de internacionalización a lo largo de estos cincuenta años y especialmente en las tres últimas décadas, que presenta como rasgos definitorios un crecimiento lineal de la productividad científica medida en el número de trabajos anuales publicados, un aumento progresivo de los trabajos en colaboración internacional (especialmente acentuado en la década de 2000) con una marcada orientación europea y en el importante número de proyectos y contratos internacionales obtenidos. Todos estos datos indican que el ICV es un centro de investigación con una visión avanzada en esta línea.

María Antonia Sainz Trigo
José Francisco Fernández Lozano

Anexos



Arqueometría y conservación del patrimonio

El Instituto de Cerámica y Vidrio es uno de los centros pioneros en el estudio del patrimonio cerámico y de vidrio. En las últimas décadas, determinados investigadores de casi todos los departamentos y/o UEI han abordado el tema de forma multidisciplinar en colaboración con geólogos, historiadores y arqueólogos de otras instituciones. Dicha actividad se ha desarrollado en paralelo con las líneas de trabajo fundamentales de los diferentes grupos de trabajo.

El importante desarrollo de la ciencia y tecnología de los Materiales ha incidido, de manera decisiva, en el nuevo concepto de las Humanidades como Ciencias Sociales y en el reconocimiento del papel que tiene el estudio de los materiales históricos en la reconstrucción del contexto histórico y cultural de las civilizaciones.

En 1978 se lleva a cabo el primer trabajo donde el ICV abordó los temas relacionados con el área de patrimonio, “Estudio de la Roca Soporte de las Pinturas Rupes- tres de la Cueva de Altamira”, a cargo de Francisco José Valle y José Serafín Moya en colaboración con el Departamento de Geología, Facultad de Ciencias de la Universidad de Santander. Los resultados de los análisis pusieron de manifiesto la presencia de concentraciones de montmorillonita irregularmente distribuidas en la misma. Las variaciones de volumen de dicho mineral, como resultado de los cambios de humedad relativa de la cueva, producidos por la presencia de visitantes, pudieron ser la causa de la desescamación de la misma, con el consiguiente desprendimiento de la pintura. Dichos estudios se publicaron en revistas especializadas y dieron lugar al cierre de la cueva al público (1).

Desde el año 1981 hasta su traslado al Instituto Eduardo Torroja del CSIC en 1993, el investigador Jesús M.^a Rincón trabajó en materiales de cerámica y vidrio históricos, que dieron lugar a diversas publicaciones: En “Las cerámicas del poblado de la Muela de Cástulo”, Linares (Jaén), ha estudiado el análisis mineralógico de algunas piezas, la

composición de los colorantes superficiales de varias piezas cerámicas. Otros trabajos han estado dedicados a “La aplicación de la microsonda Raman al estudio de cerámicas prehistóricas” y al “Análisis y microestructura de vidrios romanos”, tanto de la ciudad de Mérida como de Segóbriga. En otros trabajos posteriores relacionados con otros contextos arqueológicos estudió y caracterizó diversas piezas/fragmentos de cerámica y vidrio, entre los que cabe mencionar: “Microstructural and microanalysis of ancient glasses from Mallorca and Menorca”, “Mineralogía de cerámicas de la Edad del Bronce del Yacimiento Cerro de San Pedro, Huelva”, “Composición mineralógica y microestructura de cerámicas de Terra Sigilata de la Península Ibérica”, “Microanálisis (MEB/EDX) de cerámicas ibéricas”.

El grupo multidisciplinar, liderado por Salvador de Aza, abordó el estudio arqueométrico de los restos de porcelana encontrados en la excavación arqueológica del Huerto del Francés, lugar en el que estuvo asentada la Real Fábrica de Porcelana del Buen Retiro que fundó Carlos III en 1760 y que fue totalmente destruida a raíz de la Guerra de la Independencia en 1808¹. El grupo investigador estuvo formado por investigadores del Museo Arqueológico Nacional (C. Mañueco y col.) y el Museo Municipal de Madrid (S. Quero), la Dirección General del Patrimonio Histórico Artístico de la CAM (P. Mena y col.), la Escuela de Cerámica de la Moncloa (M. Becerril y col.), el Instituto Tecnológico Geominero de España (M. Regueiro y col.), el Instituto de Ciencias de la Construcción y del Cemento Eduardo Torroja-CSIC (J. M.^a Rincón y col.). Instituto de Cerámica y Vidrio-CSIC (Salvador de Aza y col.). El proyecto suministró un conjunto muy importante de información, sistematizando la conexión entre los aspectos históricos, técnicos y científicos de la porcelana del Buen Retiro. El resultado de mayor repercusión fue el relativo a la elaboración en la última etapa de la Fábrica (1803-1808), bajo la dirección de Bartolomé Sureda, de una porcelana dura utilizando como materia prima sepiolita en lugar del caolín (2).

Esta primera incursión en los aspectos científico-técnicos de la porcelana del Buen Retiro mostró la extensión y complejidad de la producción de esta fábrica, continuándose la investigación en el proyecto “Estudio de los pavimentos para el embaldosado de la Casa del Labrador del Palacio de Aranjuez”² en colaboración con el Museo Arqueológico Nacional y Patrimonio Nacional (3). La producción de la primera época del Buen Retiro y su conexión con la manufactura de Capodimonte (1743-1759), fundada también por Carlos III, se abordó en el marco del proyecto bilateral entre CSIC-CNR “La Porcelana de los Borbones, de Capodimonte al Buen Retiro. ¿Continuidad o innovación?”, liderado por Emilio Criado. En 2006 el Instituto de Cerámica y Vidrio

1 Comunidad Autónoma de Madrid. CAM 06/01/04/1999.

2 Comunidad Autónoma de Madrid. CAM 06/0112/2002.

inicia la caracterización arqueométrica de la porcelana producida, también en el siglo XVIII, en la Fábrica del Conde de Aranda en Alcora (4).

La investigación sobre la porcelana en el siglo XVIII se consolidó en el proyecto de investigación “Conservación del patrimonio cerámico nacional. Estudio de la evolución científica y tecnológica mediante técnicas analíticas avanzadas de la porcelana en la España del Siglo XVIII”³. Bajo la dirección de Francisco J. Valle y con la colaboración del Museo Arqueológico Nacional se consideraron conjuntamente fragmentos de la excavación arqueológica del Huerto del Francés, actualmente en el Museo Arqueológico Regional de Madrid, y piezas datadas, procedentes de restauraciones y colecciones privadas, lo que permitió establecer la cronología de las distintas pastas encontradas (5). Se insistió en el empleo de técnicas de caracterización avanzadas y/o mínimamente invasivas (6). Las investigaciones realizadas dieron origen a proyectos y colaboraciones entre los que se encuentran: “La porcelana del Buen Retiro como elemento arquitectónico en los Reales Sitios”, “Paralelismo e influencia de la porcelana europea en el desarrollo de la porcelana del Buen Retiro”, “Estudio de restos arqueológicos de la Fábrica de Porcelana de Alcora” y “La loza esmaltada y la tierra de pipa de Alcora”, en colaboración con Patrimonio Nacional, Museo Arqueológico Nacional, Museu de Ceràmica l’Alcora y Museo Nacional de Cerámica “González Martí”. Entre los trabajos sobre producciones de barro cocido y loza cabe también citar “Estudio de terracotas romanas como elemento arquitectónico” (7) y “Cerámica mudéjar de Arévalo”, en colaboración con Departamento de Geología y Geoquímica de la UAM, y “Las producciones cerámicas de Talavera de la Reina y Puente del Arzobispo”, con el Museo de Talavera de la Reina (8). Recientemente se ha participado en el proyecto “El láser como instrumento de innovación para la conservación y restauración del patrimonio arqueológico”⁴ con el Departamento de Prehistoria y el Servicio de Conservación, Restauración y Estudios Científicos del Patrimonio Arqueológico (SECYR) de la UAM.

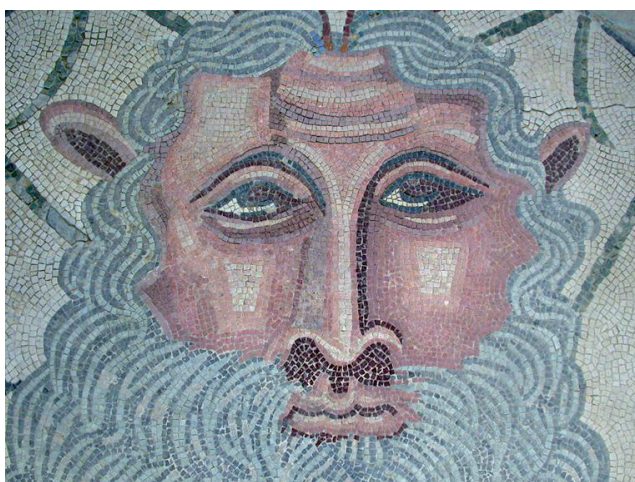
El estudio de las vidrieras de la catedral de León se llevó a cabo dentro del proyecto CICYT-FEDER (1999 y 2001) “Estudio de los procesos de alteración de vidrieras históricas y de los tratamientos para su restauración y protección”, liderado por J. M. Fernández Navarro y con la colaboración de varios investigadores del ICV. Este trabajo permitió establecer un diagnóstico sobre el estado de conservación de las vidrieras, determinar las causas y los procesos de corrosión sufridos por los vidrios, y formular los criterios más adecuados para su limpieza, restauración y protección. Asimismo dio lugar a una tesis doctoral (Carmona, 2002) y a la publicación de varios trabajos de investigación en revistas del SCI (9, 10).

3 Plan Nacional. MAT 2007/62601.

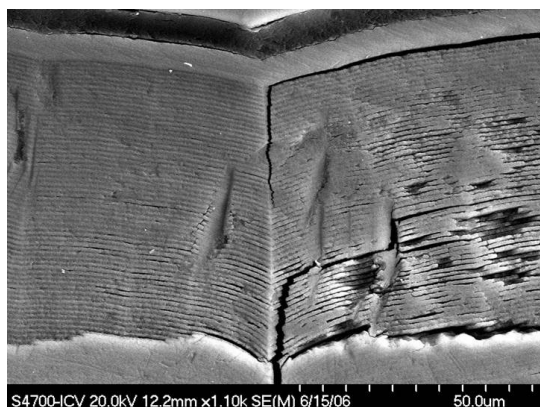
4 CEMU-2012-003.



Pinturas rupestres de la Cueva de Altamira (Santillana del Mar, Santander).

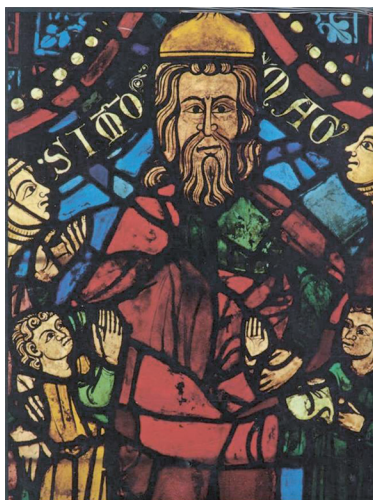


Mosaico Océano (siglo IV). Parque Arqueológico de Carranque (Toledo).



Corrosión de un vidrio perteneciente a la época nazarí, descubierto en el Yacimiento Arqueológico del Conjunto Monumental de la Alcazaba de Almería y pieza de vidrio del mismo yacimiento.

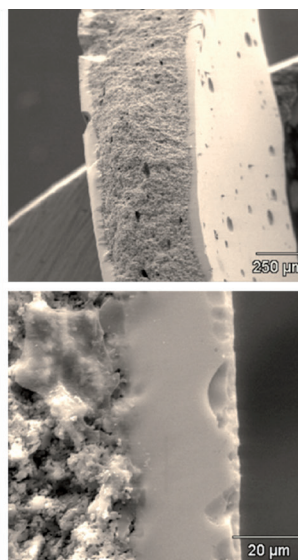




Vidriera de Simón el Mago (siglo XIII).
Catedral de León.



Vidriera de la Puerta del Sarmental (siglo XIII). Catedral de Burgos.

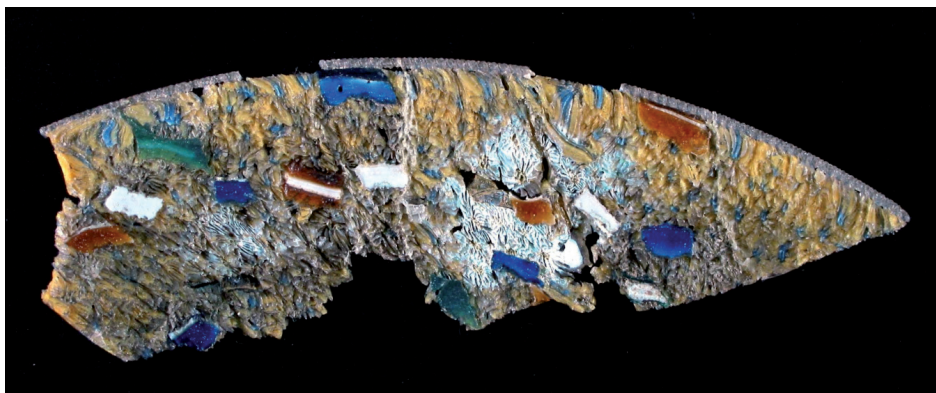


Microfotografías (SEM) de la superficie de fractura de una porcelana tierna con cubierta de $\text{SiO}_2\text{-PbO}$. Centro de flores de porcelana del Buen Retiro (1760-1808). Museo Arqueológico Nacional.

En colaboración con el Museo de Ciencias Naturales (J. García), el Parque Arqueológico de Carranque (V. García) y el Centro de Ciencias Medioambientales del CSIC (I. Ranz), los investigadores Francisco Capel y Ángel Caballero caracterizaron los vidrios empleados en los mosaicos de la villa romana de Materno situada en Carranque (Toledo), uno de los yacimientos arqueológicos que más interés han suscitado en la península Ibérica durante las últimas dos décadas. Dicho trabajo se llevó a cabo en el año 2004 analizando una serie de teselas de vidrio pertenecientes a un mosaico romano de unos 2.000 metros cuadrados. Se utilizó un equipo portátil de difracción de rayos-X para realizar parte del estudio in situ y algunos análisis químicos por fluorescencia de rayos-X de algunas piezas sueltas. Y con motivo del 5º Congreso Internacional de Espectroscopía Raman en Arte y Arqueología, se presentó en el año 2009 un trabajo sobre el pigmento de plomo-estaño-amarillo de tipo II ($\text{PbSn}_{(1-x)}\text{Si}_x\text{O}_3$), conocido en las pinturas medievales de 1750 aproximadamente, cuando fue sustituido por el antimonio de plomo. Se analizaron muestras de este pigmento amarillo en teselas romanas tomadas de restauraciones arqueológicas de los mosaicos romanos de Mérida (Badajoz) y de Carranque (Toledo) para ser analizada por espectroscopia Raman.

Con la Facultad de Humanidades y Educación de la Universidad de Burgos (P. Alonso), el Centro Nacional de Aceleradores de la Universidad de Sevilla (M. A. Respaldiza y col.) y Vidrierías Barrio (E. Barrio) que facilitó las muestras de vidrio, sobrantes de restauraciones, se analizaron algunos fragmentos de “Las vidrieras del rosetón del Sarmental de la Catedral de Burgos” y de “Las vidrieras del Real Monasterio de las Huelgas de Burgos”. Dichos trabajos se han llevado a cabo en el ICV bajo la dirección de Francisco Capel, algunos de los cuales se han publicado en revistas del SCI (11, 12).

En el año 2007 se realizó un trabajo de caracterización de vidrios encontrados en una excavación del complejo palacial de la Alcazaba de Almería, uno de los más impresionantes conjuntos medievales de Al-Andalus. Los vidrios, que se caracterizaron desde el punto de vista de su composición, forma y color, aparecieron en el yacimiento arqueológico junto con otras piezas y restos de cerámica que estaban datadas en la época Nazarí (siglos XIII-XV). Este trabajo se hizo bajo la dirección de Francisco Capel en colaboración con el Centro Nacional de Aceleradores, Universidad de Sevilla-CSIC (M. A. Respaldiza y col.), y la directora del complejo palacial La Alcazaba (A. Suárez). Dicho trabajo dio lugar a una publicación (13). Y con el mismo equipo del Centro Nacional de Aceleradores de Sevilla (I. Ortega y col.) y el Museo Nacional de Arqueología Subacuática, ARQUA de Cartagena (X. Nieto), se procedió al estudio mediante análisis Pixe-Pige de un fragmento de vidrio realizado con la técnica millefiori del siglo I antes de Cristo y que se recuperó en 1976 de un naufragio romano descubierto en la costa de Murcia. Dicho trabajo fue presentado en Ecoart 11, 2013, celebrado en la Universidad de Lieja (Bélgica).



Fragmento de vidrio realizado con la técnica millefiori del siglo I a. C. recuperado en 1976 de un naufragio romano en la costa de Murcia.

El ICV en la actualidad sigue dejando activa la línea de investigación sobre patrimonio en la que trabajan actualmente Carmen Pascual y Paloma Recio, debido al gran interés cultural y social que esta línea conlleva. No debemos olvidar que el patrimonio cultural es un bien no renovable y que el Estado debe comprometer su preservación para futuras generaciones.

Bibliografía

- (1) Valle, F. J.; Moya, J. S.; Cendrero, A. (1978). "Estudio de la Roca Soporte de las Pinturas Rupestres de la Cueva de Altamira", *Zephyrus*, 28: 5-15.
- (2) De Aza, A. H.; De La Torre, A. G.; Aranda, M. A. G.; Valle, F. J.; De Aza, S. (2004). "Quantitative Rietveld analysis of Buen Retiro Porcelains", *J. Am. Ceram. Soc.*, 87: 449-454.
- (3) Pascual, C.; Recio, P.; Valle, F. J.; Criado, E.; De Aza, A. H.; Martínez, R.; De Aza, S. (2006). "The last period of Buen Retiro Porcelain Factory", en *Heritage, Weathering and Conservation*, Taylor & Francis, pp. 135-141.
- (4) Pascual, C.; Recio, P.; De Aza, A. H.; De Aza, Salvador; Criado, E.; Mañueco, C. (2006). "Análisis físico-químico, mineralógico y microestructural de la porcelana de la Manufactura de Alcora", en Mañueco, C. (ed.), *Un siglo de cerámica de Alcora en el Museo Arqueológico Nacional (1727-1827)*, Ministerio de Cultura, Secretaría General Técnica, Subdirección General de Publicaciones, Información y Documentación.
- (5) Pascual, C.; Criado, E.; Recio, P.; Martínez, R.; De Aza, A. H.; Valle, F. J.; Mañueco, C. (2011). "La porcelana de sepiolita de Bartolomé Sureda (1802-1808). Investigación arqueométrica sobre la Real Fábrica de Buen Retiro", *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 50: 311-328.
- (6) Zucchiatti, A.; Pascual, C.; Ynsa, M. D.; Castelli, L.; Recio, P.; Criado, E.; Climent-Font, A. (2008). "Compositional analysis of a XVIII century glazed, polychrome, layered porcelain by non-destructive micro α -PIXE", *Journal of the European Ceramic Society*, 28: 757-762.

- (7) García Giménez, R.; Vigil de la Villa, R.; Recio, P.; Petit Domínguez, M. D.; Rucandio, M. I. (2005). "Analytical and multivariate study of roman age architectural terracotta from northeast of Spain", *Talanta*, 65: 861-868.
- (8) Criado, E.; Recio, P.; Fariñas, J. C.; Portela, D. (2001). "Preliminary archaeometric study on ancient pottery of Puente del Arzobispo (Toledo, Spain)", *Key Engineering Materials*, 206: 917-922.
- (9) Valle, F. J.; Ortega, P.; Pascual, L.; Carmona, N.; Fernández Navarro, J. M. (2002). "Chemical composition of medieval stained glasses in the cathedral of León (Spain)", *Glastech. Ber. Glass Sci. Technol.*, 75: 152-157.
- (10) Carmona, N.; Villegas, M. A.; Fernández Navarro, J. M. (2005). "Corrosion behaviour of R2O-CaO-SiO₂ glasses submitted to accelerated weathering", *J. Eur. Ceram. Soc.*, 25 (6): 903-910.
- (11) Alonso, M. P.; Capel, F.; Valle, F. J.; De Pablos, A.; Ortega, I.; Gómez, B.; Respaldiza, M. A. (2009). "Caracterización de un vidrio rojo medieval procedente de las vidrieras del Monasterio de las Huelgas de Burgos", *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 48: 179-186.
- (12) Ortega-Feliú, I.; Gómez-Tubío, B.; Respaldiza, M. A.; Capel, F. (2011). "Red layered medieval stained glass window characterization by means of micro-PIXE technique", *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 269: 2378-2382.
- (13) Respaldiza, M. A.; Ortega Feliú, I.; Gómez-Tubío, B.; Capel, F.; Alcalá, F. (2008). IBA Characterisation of glasses from the archaeological site of La Alcazaba, Almería (Spain)", *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 266: 1587-1590.

Francisco Capel del Águila

Personal que ha formado parte del Instituto de Cerámica y Vidrio (1964-2014)

Abad Mejía, Pablo
Acicolla Plaza, María Teresa
Acosta García, Jessica
Agua Martínez, Fernando
Alarcón Sainz, Paloma
Alcázar Rodrigo, María del Carmen
Alcain Partearroyo, José Antonio
Aleixandre Ferrándiz, Vicente
Alfaraz Blanco, Sergio
Almendros Martínez, Francisco
Alonso Blázquez, Carlos Eliseo
Alonso Montull, Laura
Alonso Rubio, Mercedes
Álvarez González, Carlos
Álvarez Jiménez, Juan Miguel
Álvarez Monteserín, Francisco
Álvarez-Estrada Fernández-Castrillón,
Manuel Demetrio
Amado González, Margarita
Ambrona Sánchez, Raquel
Andrés Jiménez, José de
Andrés Tasis, Julián de
Aparicio Ambrós, Mario
Arconada Gómez-Jareño, Noemí
Arenas García, Ángela

Arias Pellitero, Alberto
Arranz Bermejo, María Ángeles
Artux Tejero, Ignacio
Arzabe Maure, José Omar
Asenjo Zamorano, Begoña
Ávila García, Daniel
Aza Moya, Antonio Heliodoro de
Aza Pendás, Salvador de

Barba Martín-Sonseca, María Flora
Barea del Cerro, Rafael
Baudín de la Lastra, Carmen
Bautista Sanz, María del Carmen
Belmonte Cabanillas, Manuel
Bellomio, Pablo
Benito Bernabé, Socorro
Benito López, José Manuel
Berlanga Huerga, Carlos
Berlanga Yáñez, Martina
Bermudo Molina, Joaquín
Bernardo Sacristán, Mara
Blasco Sancho, Sonia Yolanda
Borlaf Pinar, Mario
Borro García, Marcos
Bueno Rodríguez, Salvador

Burgos Montes, Olga

Caballero Cuesta, Amador

Caballero Cuesta, Ángel

Cabañas Polo, Sandra

Cabas Regidor, María Ángeles

Cabrera Arranz, Laura

Callejas Gómez, Pío

Cambra Moo, Óscar

Campo García, Adolfo del

Campos Priego, Eugenio

Campos Rosa, Eduardo

Candelario Leal, Víctor Manuel

Canillas Pérez, María

Cano Valencia, Cristina

Capel del Águila, Francisco

Caravaca Fontán, Carlos Francisco

Carbajal Galán, Leticia

Carrasco Mohíno, Miriam

Carrero Peña, Paloma

Carretero González, Javier

Carrillo Rodrigo, Violeta

Carvajal Fernández, Ángel

Castro Martín, María Yolanda

Cavallieri, Ana Lía

Cebrián García, Amaya

Celi Apolo, Luis Alberto

Céspedes Sedano, María Teresa

Chaparro Ronda, Carolina

Chinarro Martín, Eva

Chorro Villa-Ceballos, María Ángeles

Colmenar Astudillo, Isabel

Colomer Bas, María Teresa

Contreras Sánchez, Luis

Cornejo Gómez, Nilo Felipe

Corral Martínez, María Paz

Crespo Robles, Fernando

Criado Herrero, Emilio

Cruz Rodríguez, Ana Milena

Cubero Amo, Pedro

Cuéllar Martín, Carlos A.

Díaz Braojos, Andrés

Díaz Braojos, María del Pilar

Díaz Díaz, María del Pilar

Díaz Dorado, María del Carmen

Díaz Fernández, María

Díaz Garrido, Enrique Ventura

Díaz Serrano, Guillermo

Díaz Trujillo, Gerardo César

Domingo Escudero, Andrés

Duncan, Fagg

Durán Botía, Pedro

Durán Carrera, Alicia Amparo

Durán Prieto, María Teresa

Elvira Lavilla, María del Rosario

Enrique Hurtado, María del Mar

Enríquez Pérez, Esther

Escribano Martín, Ramón Francisco

Escribano Quintana, Juan Antonio

Escudero Gómez, Elena

España Lucas, Isabel

Espinosa de los Monteros Muñoz, Juan

Estal Berver, Modesto Jesús Víctor

Fariñas Gutiérrez, Juan Carlos

Fernández Arroyo, Gloria

Fernández Godino, Carlos

Fernández Hevia, Daniel

Fernández Huerta, Natalia

Fernández Lozano, José Francisco

Fernández Martínez, María del Carmen

Fernández Navarro, José María

Fernández Ríos, Ángeles

Fernández Roura, Antonio

Fernández Santos, Donato
 Fernández Sanz, Francisco
 Fernández Sanz, Julio
 Fernández-Castrillón, María del Carmen
 Fernández-Pacheco Martín, Juliana
 Ferrándiz Ortiz, Mercedes
 Ferrari Fernández, Begoña
 Ferreira da Silva, María Gracinda
 Flores Aguilar-Amat, Araceli
 Flores Escorial, Alejandro
 Folgado Martínez, María Antonia
 Fonseca Navarro, Daris Esmeralda
 Frajkorova, Frantiska
 Franco Fernández, Pedro Ricardo
 Frutos Gómez, Andrés

Gallardo Serra, Janet
 Gallini, Sergio
 Gallo Martínez, María Eugenia
 García Botella, Paloma
 García Cabanillas, Daniel
 García Cano, Irene
 García Carrodegua, Raúl
 García García, Claudia Patricia
 García García, María Cruz
 García García, Nuria
 García García-Tuñón, Miguel Ángel
 García Granados, Eugenio Santiago
 García López, Carlos
 García Maniega, Francisco Carlos
 García Martínez, María Eugenia
 García Perulero, Irene
 García Prieto, Ana
 García Vallés, Luis Tomás
 García Verduch, Antonio
 García Vilchez, Antonio Jesús
 Garrido, Cristian
 Gata López, Rafael

Gautheron, Fabrice
 Gil Hernández, Vanesa
 Gil Navalpotro, Alberto
 Gil Santos, Óscar
 Gilarranz Berges, María Ángeles
 Gilmer Nicolás, Hernández García
 Gimeno Moro, Carlos Vicente
 Gómez Alzate, Laura
 Gómez Herrero, Miguel
 Gómez Vázquez, Julián
 Gonçalves, Clara
 González Ayuso, Jesús
 González Barquilla, Mónica
 González Calatayud, David
 González Escalante, Cristóbal
 González Granados, Zoilo
 González Julián, Jesús
 González Otero, Florentino
 González Peña, Julia María
 González Sánchez, Alberto
 González Sánchez, Sergio
 González Viada, María
 Gonzalo de Juan, María Isabel
 Gorni, Giulio
 Grabska, Natalia
 Granados Miralles, Cecilia
 Guadaño Muñoz, María Yolanda
 Guerrero Lecuona, María Cristina
 Guinea García-Alegra, Domingo
 Gurauskis, Jonas
 Gutiérrez Chavarri, Carlos Alberto
 Gutiérrez Fallas, Dionisio
 Gutiérrez Gómez, Naiara
 Guzmán Arasanz, Javier

 Habelitz, Stefan
 Hemono, Nicolás
 Heras Juaristi, Gemma

Hernández Díaz, María Teresa
Hernández Guarín, Gilmer Nicolás
Hernández Povedano, José Ángel
Hernández Ramos, Francisco
Homen de Mello Castanho, Sonia Regina
Huélamo Belinchón, Pablo

Ibáñez Pérez, Augusto
Ibarra, Javier
Iglesias Ayestarán, Aritz
Iglesias Pérez, Juan Eugenio
Iglesias Vega, Yolanda

Jardiel Rivas, María Teresa
Jarén Ceballos, Eduardo
Jiménez Calvo, Ismael
Jiménez Fernández, Hernán
Jiménez García, José
Jiménez Reinosa, Julián
Jiménez Sánchez, Vicente
Jimeno Argüelles, Paloma
Jurado Egea, José Ramón

Khalifa Mohamed, Amal
Kovalev, Serguei P.
Kraus Hernández, María Isabel
Kraxner, Jozef

Lacaba Velasco, Marta
Lafuente Remón, Antonio
La Parra Albadalejo, Teresa
Lara López, Carlos Javier
Lascano Lascano, Luis
Leret Moltó, María Pilar
Lerma Rodríguez, Germán
Lian, Yanen N.
Limpo Orozco, Francisco Javier
Linares de la Fuente, Laura

Lino Ramírez, Gilda Yadira
Llorente Dueñas, Javier
López Aherne, Pilar
López Avilés, Jesús
López Calvo, Sara
López Chivato, Jesús
López Iscoa, Pablo
López Jiménez, Beatriz
López López, Emilio
López Sevillano, Juan Manuel
López Vara, María del Carmen
Lorite Villalba, Israel
Losada Martín, Ana María
Lucas Gil, Eva de
Luque Prados, Pedro Javier

Magallanes Perdomo, Marlín Coromoto
Maldonado Cruz, Miguel
Mancha, María Jesús
Mancha Ruiz Lopera, Cristina
Maneiro Franco, Elena
Mantecón Ramiro, Susana
Marijuan Martín, María Jesús
Marletta Vázquez, Mariano Elías
Martín de Lucas, Gema
Martín Gómez, María del Rosario
Martín Plaza, Miguel Ángel
Martín Rengel, Miguel Ángel
Martín Zarza, Ángel
Martínez Argudo, María Cleofe
Martínez Cáceres, Rafael
Martínez Juárez, Ana
Martínez Lebrusant, María del Rosario
Martos Luján, César
Mascaraque Álvarez, Nerea
Matesanz Carrión, Juan Carlos
Mather, Glenn Christopher
Mazo Fernández, María Alejandra

Méndez Sánchez, María Isabel
 Mendoza Gallego, Carlos
 Millán Miranda, Arnaldo José
 Miranda Salvado, Isabel Margarida
 Miranzo López, María Pilar Paula
 Molero Romero, Esther
 Molina Molina, Sonia
 Molina Moreno, Tamara
 Moliner Oliva, María
 Moncayo Ortega, Consuelo
 Monte Jiménez, Manuel
 Montero Dongil, Jorge Anselmo
 Montes Cabezón, Ángel
 Montoro Reyes, María del Rosario
 Morales, Eduardo
 Morales Poyato, Francisco
 Morales Rubio, Ernesto
 Moreno Botella, Rodrigo María
 Moreno Burriel, Berta Rafaela
 Moronta Pérez, Rosa María
 Mosa Ruiz, Jadra
 Moure Arroyo, Alberto
 Moure Jiménez, Carlos
 Moya Corral, José Serafín
 Muñoz Arconada, Paloma
 Muñoz Beltrán, David
 Muñoz Fraile, Francisco
 Muñoz Muñiz, Francisco
 Muñoz Senovilla, Laura
 Murcia Mascarós, María Sonia

 Navarro Oliva, Lourdes María
 Navarro Rojero, María Guadalupe
 Navidad Bravo, Rosa María
 Nicolaidis, Ilias
 Nieto Gallego, Emilio
 Nieto Jiménez, María Isabel
 Nistal González, Andrés

Notario López, Juan Bautista
 Ocaña García, Esther
 Ochoa Pérez, María Pilar
 Oliveira Pereira de Melo, M.^a Fátima
 Olmo Guillén, Luis del
 Orgaz Orgaz, Felipe
 Ortega Carrillo, Jesús
 Ortega Lobato, Belén
 Ortega López, Pilar
 Ortega Ruiz, María Pilar
 Ortiz González, Giovanna del Carmen
 Ortiz Real, Inmaculada
 Osendi Miranda, María Isabel
 Oteo Mazo, José Luis

 Pablos Martín, Araceli de
 Pablos Pérez, Ángel de
 Palacios Arévalo, Marta
 Palacios Zambrano, Elena
 Palencia Ramírez, Cristina
 Palma del Val, Jesús
 Parente, Paola
 Parra Albadalejo, Teresa
 Pascual Centenera, Carmen
 Pascual Francisco, María Jesús
 Pascual López, Luis
 Pastor Blanco, Andrés
 Peiteado Carpinteiro, Eva
 Peiteado López, Marco
 Peláez Aguado, Laura
 Pellice, Sergio Antonio
 Pena Castro, María Pilar
 Peña Alonso, Raquel de la
 Peña de la Torre, Miguel Ángel
 Peña Olmo, José
 Pérez Coll, Domingo Manuel
 Pérez de Cos, Alberto
 Pérez Falcón, José Manuel

Pérez Álvarez, Pilar	Rodríguez Galicia, José Luis
Pérez Ramiro, Elena	Rodríguez Jiménez, Antonio
Pérez Villar, Sofía	Rodríguez López, Sonia
Piñero Cubero, Bartolomé	Rodríguez Matías, José Carlos
Piñero Lara, Carmen	Rodríguez Páez, Jorge Enrique
Plaza García, María Teresa	Rodríguez Prieto, José Luis
Polanco Rodríguez, Raquel	Rodríguez Rivas, Isabel
Poyato Morales, Francisco	Rodríguez Solana, Manuel
Poyato Romero, Manuel	Rojas Guerrero, Andrés Antonio
Priego Morales, María Teresa	Rojas Hernández, Rocío Estefanía
Priego Pérez-Vico, Fernando	Rojas Labanda, Paula Elena
Pulido Buñuel, María Socorro	Román Manso, Benito
Queiroz de Mesquita-Guimaraes, Joana	Romero Fanego, Juan José
Quesada Michelena, Adrián	Romero Pérez, Maximina
Quiles Núñez, Mercedes	Rosado Poveda, José Bernardo
Quiroga Fernández, Oriella María	Rosero Navarro, Nataly Carolina
Ramírez Maglione, María Cristina	Rubia López, Miguel Ángel de la
Recio de la Rosa, Paloma	Rubio Alonso, Fausto
Redondo Huertas, Inés	Rubio Alonso, Juan
Represa Bullido, Álvaro	Rubio González, María Luisa
Requena Balmaseda, Joaquín	Rubio Leganés, Agueda
Rey del Dedo, Delia Almudena	Rubio Marcos, Fernando
Reyes Alcoreza, Yhasmin	Rueda Álvarez, Elena Ángeles
Rico Jáuregui, José Luis	Rueda Cubero, Mariana
Rincón López, Jesús María	Ruiz García, Desiré
Rincón Romero, Acacio	Ruiz-Casaux Valdés, Esther
Río, Miguel Ángel del	Rull Bravo, Marta
Ríos Labrado, José Francisco	Sainz Trigo, María Antonia
Ritzer, Bárbara	Sainz Vaque, Raquel
Rivas Mercury, José Manuel	Saiz Gutiérrez, Eduardo
Rivero Campos, Rebeca	Saiz Olmo, Sergio
Rodajo Sanz, Juan José	Salmean Vinaches, Isabel María
Rodríguez Barbero, Miguel Ángel	Sánchez Conde, María del Carmen
Rodríguez de Luis, Juan Pablo	Sánchez Constenla, Félix
Rodríguez Fernández, Mónica	Sánchez García, María Jesús
Rodríguez Fernández Pacheco, Juan Miguel	Sánchez Gutiérrez, Carolina
	Sánchez Herencia, Antonio Javier

Sánchez Muñoz, Luis
Sandoval del Río, Fernando
Sanguino Otero, Javier
Santacruz Cruz, María Isabel
Santamaría Jiménez, Antonio Ismael
Sanz García, Juan
Sanz Martín, Francisco Javier
Sanz Martín, María Julia
Sanz Molina, Francisco Javier
Segura Pérez, Ignacio
Segura Venegas, Emigdio
Serena Palomares, Sara
Serrano Rubio, Aída
Sierra García, Teresa
Simón Jaramillo, Juan José
Simón Naranjo, Gloria
Solera Carlavilla, Elena
Soriano del Barrio, David

Tabacaru, Corina Nicoleta
Tabernero Galán, Leonor
Tallón Galdeano, Carolina
Tamayo Hernando, Aitana Elena
Tartaj Salvador, Jesús
Téllez Jurado, Lucía
Terny Cintia, Soledad
Tomás López, Antonio

Torrallbo, Antonio
Torrecillas San Millán, Ramón

Uribe Soto, Rafael Alonso

Valle Fuentes, Francisco José
Vargas Córdoba, Juan Julián
Vázquez Méndez, Bertha Alicia
Vela Carrascosa, Enrique María
Velasco Manjón, María José
Vélez Santa, John Fredy
Ventura Manzanares, Óscar
Verde Lozano, María
Vicente Mingarro, Ana Pilar
Vicente Mingarro, Íñigo
Villaseca del Pozo, Laura
Villegas Broncano, María Ángeles
Villegas Gracia, Marina Pilar
Villora Martín, José Manuel
Vivancos Hernando, Lorena

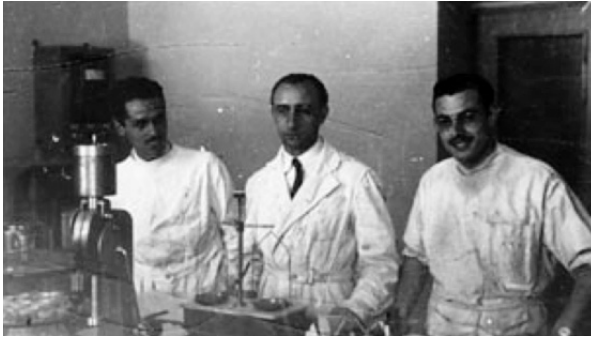
Wiexzorkowski, Marcin
Wohlfromm, Hans

Zayas Martínez, María Elena
Zimmermann, Katrin
Zubieta Martínez, Francisco Javier



Personal del ICV en 2013.

Galería fotográfica



Antonio García Verduch, Demetrio Álvarez-Estrada y Eduardo Aparicio en los laboratorios del Departamento de Silicatos del Instituto de Edafología y Fisiología Vegetal CSIC (Madrid, 1950).



Antonio García Verduch con el profesor J. A. Hedvall, en la Universidad de Chalmers (Gotemburgo, Suecia, 1952).



Antonio García Verduch con distintos compañeros durante su estancia en el Ceramic College (New York, 1956).



Luis del Olmo, Juan Espinosa, Pedro Durán, Salvador de Aza, J. M. Fernández Navarro en la VIII Semana de Estudios Cerámicos de la SECV (Barcelona, 1966).



Personal del ICV, en la sede de Serrano (Madrid, 1969).



Vicente Aleixandre, J. Ramón Jurado, J. M. Fernández Navarro y J. Luis Oteo, entre los asistentes de la Sección de Vidrios en la X Reunión Anual de la SEC (Zaragoza, 1970).



Profesores y alumnos en el "I Curso sobre Identificación, Estudio y Aplicaciones de Materias Primas para Cerámica y Vidrio". De izda. a dcha.: 1ª fila, Juan Espinosa (3º), Salvador de Aza (4º), Julia M.ª González (6º), Vicente Aleixandre (9º), Demetrio Álvarez-Estrada (12º), José L. Oteo (15º); 2ª fila, Pilar Pena (11º), Felipe Orgaz (12º) y Francisco J. Valle (17º); 3ª fila, Fernando Sandoval (10º), Francisco Capel (11º), José de Andrés (12º); 4ª fila, Carmen Pascual (8º), Miguel Ángel del Río (15º). Universidad de Verano de Vigo (Vigo, 1974).



Salvador de Aza, Demetrio Álvarez-Estrada y Antonio García Verduch en la sede de Arganda del Rey (1975).



Felipe Orgaz, profesor Adolf H. Dietzel, profesor Edgard D. Zanotto y varias congresistas. 11th International Congress on Glass (Praga, Checoslovaquia, 1977).



Edwin Ruth, presidente de la American Ceramic Society, Francisco J. Valle, Emilio Criado, Demetrio Álvarez-Estrada y J. Serafin Moya (Arganda del Rey, Madrid, 1983).



Comida homenaje a Demetrio Álvarez-Estrada por su jubilación (Madrid, 1983).



Julia M.ª González Peña en la audiencia en la Zarzuela a la Comisión Científica del CSIC (Madrid, 1984).



Alicia Durán, Francisco Capel y Jesús Rincón (a la dcha.) con un grupo de congresistas de Cristalería Española. XXV Congreso Anual de la SECV (Segovia, 1985).



Juan Rubio, Ángeles Fernández y M. Ángel Rodríguez. XXV Congreso Anual de la SECV (Segovia, 1985).



José Luis Oteo, Felipe Orgaz, M. Paz Corral, Francisco Capel y Julián de Andrés. XXV Congreso Anual de la SECV (Segovia, 1985).



J. Serafín Moya y Salvador de Aza (1º y 3º) en un curso sobre materiales refractarios invitados por el Gobierno de China (Pekín, 1986).



Carlos Moure, Francisco Capel, Miguel Á. Rodríguez, J. Ramón Jurado, Pilar Miranzo, Pedró Durán, Ángel Caballero y M. Elena Villafuerte. Worlds Congress on High Tech Ceramics (Milán, Italia, 1986).



Representantes de los miembros fundadores de la Sociedad Europea de Cerámica. De izda. a dcha., Dr. F. Fierens (Bélgica), Prof. Dr. R. Metselaar (Países Bajos), Dr. D. J. Perdyujn (vicepresidente de la AEC), Dr. R. Cauville (Francia); en la fila de arriba, Prof. A.G. Verduch (España), Dr. G. N. Babini (Italia), Prof. Dr. H. Hausner (Alemania) y Dr. G. J. Gittens (Inglaterra), (Canterbury, UK, 1987).



Visita de una delegación de la American Ceramic Society, en la sede de Arganda del Rey (Arganda del Rey, Madrid, 1988).

Salvador de Aza (en el centro) en una recepción en el Palacio Real (Madrid, 1993).



Salvador de Aza, José M. Fernández Navarro y M. Ángel Delgado en la sesión inaugural del XVI Congreso Internacional del Vidrio (Madrid, 1992).



Miembros de la comisión organizadora del 3th European Ceramic Society (Madrid, 1993).



Pedro Durán, M. Ángel Delgado y G. N. Babini en el acto de inauguración del 3th European Ceramic Society (Madrid, 1993).



Francisco Capel, Ángel Caballero, José F. Fernández, Pilar Díaz, Ana Moya, Salvador de Aza, Ofelia Sanz y Emilio Criado en el Congreso SHS (Toledo, 1997).



M. Yolanda Castro, Antonio H. de Aza, Teresa Hernández (CIEMAT), Flora Barba y Francisco Capel en el VII European Ceramic Society (Brujas, Bruselas, 2001).



Emilio Criado, Francisco Capel, M. Yolanda Castro, Eva Chinarro y Antonio H. de Aza visitando Gante durante el VII Conference European Ceramic Society (Brujas, Bruselas, 2001).



María Antonia Sainz y Sara Serena en un experimento de termodifracción de neutrones en el difractor D1B del Instituto Laue Langevin (Grenoble, Francia, 2003).



Cena de clausura del
8th European Ceramic
Society (Estambul, Turquía,
2003).



Visita al Museo de las Civilizaciones de
Anatolia (Ankara, Turquía, 2003).



Profesores y alumnos del curso de refractarios organizado por ANFRE-ICV y la SECV visitando la sede de
Cantoblanco (Madrid, 2004).



El vicedirector Francisco J. Valle con los participantes en la XXV Carrera de la Ciencia (Madrid, 2005).



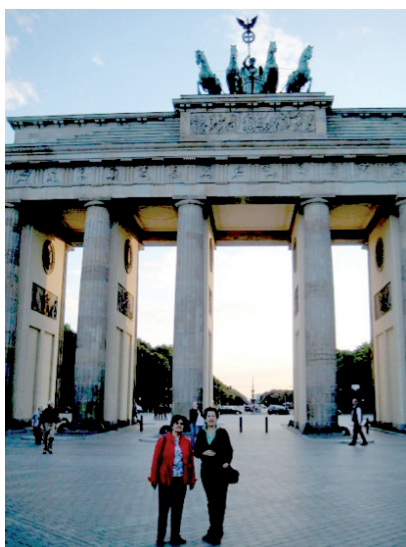
Juan Espinosa, Flora Barba, Vicente Fernández, Salvador de Aza y J. M. Fernández Navarro en la inauguración de la sede de Cantoblanco (Madrid, 2006).



María Luisa Rubio, Salvador de Aza, Isabel Rodríguez, Julio Fernández, Francisco Fernández, Jesús Tartaj y Carlos García Maniega en la sede de Cantoblanco (Madrid, 2007).



M. Ángel Rodríguez, Raúl García-Carrodegas, Salvador de Aza, J. María Rodríguez y Antonio H. de Aza visitando el Centro de Cirugía de Mínima Invasión (Cáceres, 2007).



Pilar Pena y Carmen Pascual en el 10th European Ceramic Society (Berlín, 2007).



Ángel de Pablos, Pilar Miranzo, Manuel Belmonte, Isabel Osendi, María Antonia Sainz, Cristina Cano y Eugenio García. Grupo Cerámica Técnica en el Horno de Hot-Press (Madrid, 2008).



Francisco Capel, Flora Barba y Felipe Orgaz en la sede Alfred Nobel.

12th European Ceramic Society (Estocolmo, Suecia, 2011)



Pilar Pena, Carmen Pascual, Isabel Sobrados (ICMM), M.^a Antonia Sainz, Emilio Criado y Carmen Baudín.



Personal del ICV con algunos congresistas participantes.



Manuel Belmonte, Pilar Miranzo, Isabel Osendi y M. Antonia Sainz.



Francisco Capel, Flora Barba, M. Antonia Sainz en el LI Congreso Anual de la SECV: visita a la fábrica Vista Alegre (Aveiro, Portugal, 2011).



Directores de los Centros del Área de Materiales visitando la sede de Cantoblanco (Madrid, 2011).



Participantes del centro en el Congreso Anual de la SECV (Burgos, 2013).



Personal del centro participante en la XXXIII Carrera de la Ciencia (Madrid, 2013).



13th European Ceramic Society (Limoges, Francia, 2013)

Francisco Capel, Pío Calleja y Emilio Criado.



Fausto Rubio, Pío Callejas y Francisco Capel.



Francisco Capel, Marc Anglada (UPC), Emilio Criado, Isabel Sobrado (IMM-CSIC), M.^a Cristina Moya, Arturo Domínguez (US), Diego Gómez (US) y Bibi Malmal (US).

Este libro se imprimió
en Madrid,
en febrero de 2016,
siendo director del Instituto
de Cerámica y Vidrio
Fausto Rubio Alonso.

En este libro se presenta la actividad desarrollada por el Instituto de Cerámica y Vidrio (ICV) durante sus cincuenta años de existencia, desde su creación, cuando el Departamento de Silicatos del Patronato “Juan de la Cierva” del CSIC, en junio de 1964, se convirtió en un centro de investigación, hasta el año 2014, en el que se celebra su quincuagésimo aniversario.

La obra recoge la labor científico-técnica que el ICV ha desarrollado durante este periodo de tiempo a través de una serie de capítulos de las distintas áreas de trabajo relacionadas con la investigación en materiales de cerámica y vidrio. Tras el prólogo del presidente del CSIC y la evolución histórica del centro, se presenta la actividad investigadora de los diferentes departamentos y de las unidades de servicio de apoyo a la investigación. En el capítulo “Evolución y resultados de la investigación” se recogen las publicaciones de artículos y libros, los derechos de propiedad industrial, la financiación de la investigación, así como los premios y condecoraciones obtenidos por el personal. En “Formación, colaboración e internalización” se han agrupado las tesis doctorales, la labor docente que ha desarrollado el personal investigador, las relaciones del ICV con la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio y la proyección internacional del centro. Cierra la obra un capítulo de “Anexos” que contempla la investigación en el área de arqueometría y conservación del patrimonio, un listado del personal que ha trabajado a lo largo de estos cincuenta años y una galería fotográfica presentada cronológicamente.



MINISTERIO
DE ECONOMÍA
Y COMPETITIVIDAD



CSIC

