

EL INSTITUTO TORROJA A LO LARGO DE SU HISTORIA Y LA INVESTIGACIÓN EN MATERIALES VÍTREOS Y CERÁMICOS

J. M^a. RINCÓN LÓPEZ, M. ROMERO PÉREZ, M^a. S. HERNÁNDEZ CRESPO
y J. MARTÍN MÁRQUEZ

Instituto de CC Construcción Eduardo Torroja, IETcc, CSIC

RESUMEN:

El Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc) desde su fundación no sólo ha realizado a lo largo de su ya larga historia investigaciones y valiosas aportaciones científicas y técnicas en el campo de los materiales cerámicos y vidrios, sino que además fue uno de los principales fundadores de la actual Sociedad Española de Cerámica y Vidrio (SECV) con la destacada participación de D. Francisco Arredondo y Verdú. En los últimos once años esta línea de investigación se ha visto reforzada con la creación del Grupo y Laboratorio de Materiales Vitreos y Cerámicos, por lo que se realiza una revisión de la relación de este centro con este tipo de materiales, recordándose los investigadores y publicaciones que más destacaron en este campo. Se realiza finalmente un análisis de la situación actual y de las perspectivas de I+D+i en este tipo de materiales de construcción, haciendo especial énfasis en sus aplicaciones en fachadas ventiladas y del factor dinamizador de la investigación científica que implicará el reto tecnológico de la aplicación de plaquetas cerámicas en este tipo de fachadas.

ABSTRACT:

Ever since its inception and throughout its history, the Eduardo Torroja Institute for Construction Science of the CSIC (IETcc, CSIC) has conducted research in and made valuable scientific and technical contributions to the area of ceramic and glassy materials, and played a key role in the founding of the present Spanish Ceramic and Glass Society (SECV), under the leadership of Francisco Arredondo y Verdú. The creation in recent years of the Glassy and Ceramic Materials Group and Laboratory has reinforced this line of research. The present paper reviews the effort deployed by the Institute in connection with this type of materials, with a tribute to some of the most prominent publications in the field and their authors. Finally, it has been carried out a discussion of the nowadays situation and future prospects on R+D+I in this type of construction materials, giving emphasis into the uses in vent façades, as well as the dynamic factor over the scientific research implied from the technological challenge of ceramic tiles in this constructive systems.

1. Introducción

La primera rama de actividades por su aportación al PIB en España, corresponde al de los Materiales de Construcción y dentro del mismo en un gran porcentaje al de los Vidrios y Materiales Cerámicos (Criado 2001). Nuestro país dispone de un importante sector de industrias, tanto en Obras Públicas como en Vivienda con una posición preeminente en la producción de materiales básicos en la Construcción. Habiendo ya superado defectos de tipo estructural, así como de mentalidad, el sector de la Construcción y de sus materiales es en estos momentos uno de los más innovadores de la economía española, ya que a los ya tradicionales se están incorporando una amplia gama de productos cada vez más diversos y que resultan de la combinación de otros (materiales compuestos), lo que constituye la tendencia más señalada del momento actual. Es evidente el uso extensivo de los vidrios y materiales cerámicos comprobándose su amplio uso conquistando nuevos espacios arquitectónicos que antes estaban vetados a estos materiales.

2. Relación de los materiales cerámicos con los inicios del Torroja

Es un hecho cierto que el Instituto Torroja desde su fundación ha estado íntimamente vinculado con los materiales cerámicos y vítreos, (Rincón y Romero 2005) como materiales de construcción que son y usados tanto como materiales estructurales de fábrica de edificios o en su más abundante uso como materiales de revestimiento y de pavimento en la construcción (Arredondo 1977).

Ya Eduardo Torroja en su conocida obra “Razón y Ser” (Torroja 1991), señalaba la importancia que se merece esta amplia gama de materiales como “esenciales en cualquier obra arquitectónica y de ingeniería civil u obras públicas”. De hecho, en el edificio del Instituto, construido en 1951 y que obtuvo el nivel I de protección en la catalogación de edificios singulares por parte del Ayuntamiento de Madrid, existen elementos cerámicos entre los que cabe destacar su fachada de ladrillo rojo. Merece la pena recordar a propósito de las polémicas surgidas en años posteriores precisamente en este centro sobre los binomios: Investigación- Asistencia Técnica, Ciencia- Tecnología o el que está aun más descompensado: Ciencia + Tecnología + Normativa (Colectivo Beta 1984) que Eduardo Torroja entendía que “...la técnica de la construcción no progresaría si no se desarrollaban nuevos materiales o se mejoraban las propiedades de los existentes” ... y que “en el arte de la construcción existe siempre un fondo esencialmente científico...” (discurso de ingreso de ET en la Acad. de Ciencias en 1944). Además de la multidisciplinaridad abiertamente reconocida, “Eduardo Torroja demostró que es posible crear y apoyar centros multidisciplinarios que integren en sí mismos las cuatro facetas: ciencia- técnica- docencia- empresa...” (Andrade 1999). Así pues, es necesario ampliar este concepto extendiendo esta multidisciplinaridad no sólo a las distintas disciplinas científicas, sino también a la cada vez más amplia gama de materiales que “visten y estructuran una construcción... (“técnica plures, opera unica”) y en este caso se podría decir: “*diversa elementa → unum opus faciunt*”. Los materiales cerámicos tanto dentro como fuera de una edificación “nos envuelven” y “presentan la cara” mejorando la habitabilidad y el confort de nuestra vida diaria allí en donde nos encontremos. Las casas no se construyen para que resistan sino para habitar y se construye y habita para vivir” (Barañano 1999). Es conveniente recordar que el ladrillo fué la primera “patente o sello de obra” de Miguel Fisac, que defendió siempre a este material tan tradicional demostrando las posibilidades del mismo: “...el ladrillo visto tiene un carácter escultórico mas metafísico que físico (Dominguez Uceta, 1998). Por tanto, está plenamente justificado el compromiso desde los inicios del Instituto Torroja con la Ciencia y Tecnología de los materiales cerámicos y vítreos como veremos a continuación.

3. Creación de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio (SECV). Participación del Instituto Torroja en dicha fundación.

D. Francisco Arredondo y Verdú, miembro del Inst^º. Torroja, conjuntamente con Vicente Aleixandre Ferrandis fundador del Inst^º. de Cerámica y Vidrio del CSIC y Antonio García Verduch, investigador de dicho centro, así como ocho miembros más de la Comisión Organizadora, constituyeron la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio (SECV) el 16 de Febrero de 1960 en el Salón de Actos del entonces Patronato Juan de la Cierva. En dicha reunión Francisco Arredondo estuvo en la mesa presidencial conjuntamente con Vicente Aleixandre y Antonio García Verduch, representando a toda la comisión constitutiva de la SECV (García- Verduch 2002). En junio de 1960 se organizó en Madrid la I Reunión General Técnica de la SECV con el nombre de I Semana de Estudios Cerámicos con asistencia de unas 40 personas, entre ellos varios investigadores del Torroja. La V Semana de Estudios Cerámicos que tuvo lugar en 1963 entre el 7-10 mayo de dicho año se celebró en la sede principal del Instituto Torroja. Y Francisco Arredondo estuvo en la Junta Directiva de la SECV entre 1961 y hasta mayo/ junio de 1974 figurando como tal en las correspondientes números del Boletín de la SECV del que formó parte en la misma época del Comité de Redacción. Destacados investigadores del Instituto Torroja, tales como: el mismo Arredondo, Francisco Soria, Demetrio Gaspar y Aurelio Alamán, contribuyeron con sus comunicaciones a las Semanas de Estudios Cerámicos, que fueron el germen del Congreso Nacional de Cerámica y Vidrio que viene celebrándose ininterrumpidamente desde hace años (Varios autores 1961-1965).

4. La investigación en Materiales Cerámicos y Vidrios en el IETcc

Como es natural y habitual, cada periodo de la vida de los centros de investigación ha lleva el sello de la especialidad e intereses de cada uno de los investigadores que lo componen y que protagonizan el liderazgo de investigación en campos específicos. Así, recopilando los datos disponibles de la actividad en materiales vítreos y cerámicos en el Instituto Torroja podemos cronológicamente indicar las siguientes etapas:

Etapas inicial: Es anterior a la antes mencionada creación de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio el interés respecto a los materiales cerámicos por parte de investigadores del Instituto Torroja. La primera publicación del Torroja sobre estos materiales corresponde al año 1951 escrita por Demetrio Gaspar y titulada: "Arcillas y Ladrillos". Posteriormente, Fernando Casinello, que llegó a ser director del IETcc dedicó una atención especial al uso del ladrillo en la construcción en las publicaciones: "El Ladrillo y sus fábricas" (1958); "Arcos de ladrillo" (1958); "Los amigos del ladrillo" (1960); "Bóvedas y cúpulas de ladrillo" (1964), "Muros de carga de fabrica de ladrillo" (1964), todas ellas publicadas como Monografías del Departamento de Publicaciones del Torroja. En años posteriores Francisco Soria, también del IETcc, dedicó varias publicaciones a los materiales refractarios en los hornos de fabricación del clinker (Soria 1963).

Etapas de consolidación: Francisco Arredondo (1920-1996), incorporado al Torroja en el año 1948, fundó y dirigió el Departamento de Materiales desde 1954, siendo su jefe hasta que en 1970 pasó a Director del Instituto, cargo en el que estuvo hasta 1980. Dentro de este Departamento se creó la **Sección de Cerámica** que investigaba tanto materiales de arcilla cocida como materiales refractarios, llevando a cabo numerosa asistencia técnica en patologías de bovedillas, tejas, baldosas, gres, sanitarios, etc... Se publicó un libro monográfico dedicado a los Materiales Cerámicos en la Construcción (Arredondo 1980). Entre los

años 1968-1974 se desarrolló una intensa actividad relacionada con estos materiales también en cuanto a cursos de especialización y todo tipo de investigaciones entre las que cabe destacar aquellas dedicadas a los efectos de la porosidad en las propiedades tecnológicas de los productos cerámicos para la construcción. Se apoyó la fundación de la SECV y se participó en el Grupo de Trabajo: Comité Técnico nº 67 de Cerámica. Destacan además las colaboraciones en materiales cerámicos de sanitarios con la compañía ROCA e incluso en el año 1972 se fabricaron 400 ladrillos para la Feria Monográfica de Cerámica y Elementos Decorativos de Valencia (CEVIDER) (Arredondo 1951-1959).

En años posteriores la actividad en Materiales Cerámicos de la Construcción fue notable, de tal manera que Enrique Gippini con su libro, *Contribución al estado de la composición de las pastas cerámicas* (editado en 1969 y hoy totalmente agotado) que recoge su trabajo de Tesis Doctoral. Posteriormente, en 1974 Gippini edita el libro: "Pastas Cerámicas", que tuvo también una gran demanda y fue editado por la SECV, constituye una bien conocida y obligada referencia para todos aquellos técnicos e investigadores que trabajan con los materiales cerámicos (10). Gippini desarrolló su actividad investigadora en el Torroja entre los años 1965- 1970 incidiendo en el comportamiento de barbotinas y su reología. Este investigador publicó además en 1973 la obra: *Seis procedimientos de ensayo y una norma de calidad para bovedillas cerámicas*, que hoy en día aun sigue teniendo vigencia.

Desde entonces son numerosas las citas dedicadas a los materiales cerámicos y vidrios en las dos revistas que edita el Instituto con el patrocinio del CSIC: MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN , que recientemente celebró su 50 aniversario (Calleja 2001), editó un número monográfico editado para esta celebración en la que tampoco faltaron aportaciones del campo de la ciencia y la tecnología de los materiales que nos ocupan.

En el caso de INFORMES DE LA CONSTRUCCIÓN (que se edita desde 1948 ininterrumpidamente) hemos recogido las siguientes referencias pertenecientes sobre todo a los primeros números de esta revista: "Ventanas de un edificio destinado a oficinas en Río de Janeiro" (Nº. 3, 1948); "Construcciones armadas de ladrillo" y "El concepto actual de los productos vitrificados" por P. de Goote (Nº 4, 1948); "Construcciones con piezas de cerámica armada" por H. Gronholen (Nº. 11, 1949); "El horno-túnel en la industria azulejera" por E. Tovar (Nº. 39, 1952); "Eflorescencias en ladrillos " por D. Gaspar (Nº. 46, 1952); "Un muro de ladrillo" por M. Fisac (Nº. 47, 1953); "La arcilla, materia prima para materiales de construcción", por M. Lepingle (Nº: 62, 1954) y "Contribución al estudio de la destrucción química del refractario del horno de cemento" por Francisco Soria (Nº. 63, 1954).

Etapas de transición: Después de la etapa anterior se produjo lamentablemente un largo periodo de "desencuentro" entre los materiales cerámicos y el Instituto Torroja. Hasta el año 1986 en que Gloria Fernández- Arroyo, investigadora del Instituto de Cerámica y Vidrio, también del CSIC, se incorpora al Torroja apenas hubo actividad investigadora relacionada con los materiales cerámicos. Aun así, se siguieron realizando informes técnicos, especialmente por Bernardo Bacle, sobre investigaciones concretas relacionadas básicamente con patologías de los materiales cerámicos y vítreos. Gloria Fernández-Arroyo (1986-1993a) aportó por primera vez a este centro de investigación el interés por el vidrio como tal, debido a sus investigaciones sobre vidrios con aplicaciones en Energía Solar (Fernández- Arroyo 1990). Coincide también con esta etapa la dedicación de otro investigador del Instituto, Cesar del Olmo, a los temas de colocación de pavimentos y revestimientos cerámicos, un tema que tiene un interés relevante para todo el sector de fabricación de pavimentos y revestimientos cerámicos.

Etapas más recientes: Se inicia con la llegada en 1994 de Jesús Ma. Rincón al Instituto Torroja, después de haber desempeñado su actividad investigadora durante 25 años en

el Instituto de Cerámica y Vidrio, también del CSIC y habiendo sido Secretario General de la SECV durante el periodo 1988-92 (Rincón 1991). Esta etapa permite recuperar y relanzar la actividad en I+D+i del Torroja respecto a los materiales vítreos y cerámicos en la construcción y se consolida con la creación el Grupo y Laboratorio de Materiales Vítreos y Cerámicos que cuenta actualmente con tres personas en plantilla (Jesús Ma. Rincón, Profesor de Investigación, Maximina Romero, Científico Titular y Pilar Díaz, Técnico de la escala laboral del CSIC), así como dos becarios (uno pre- y otro post- doctoral). Este Grupo de Investigación recibe regularmente visitas de investigadores y técnicos nacionales y extranjeros desde el citado año, habiendo tenido estancias en su laboratorio profesionales de los siguientes países: Alemania, Italia, Gran Bretaña, Rusia, Bulgaria, Chequia, Argentina, Colombia and China.

5. Situación actual

Los sucesivos “encuentros y desencuentros” entre el Instituto Torroja y la I+ D+ i en Materiales Cerámicos y Vítreos para la Construcción es de esperar que hayan “reencontrado” de nuevo su camino en este centro de investigación y en un contexto íntimamente relacionado con el sector productivo español y europeo. Esto está siendo posible gracias a la actividad e investigaciones que actualmente se llevan a cabo en el Grupo/ Lab. de Materiales Vítreos y Cerámicos del Torroja. Materiales vítreos y cerámicos, que abarcan los siguientes campos: a) Productos de la arcilla; b) optimización del diseño de productos cerámicos: El nuevo producto LIGERAMICA[®] desarrollado bajo contrato con la compañía CERAMICAS DIAGO consiguió el ALFA DE ORO de la Feria CEVISAMA en el año 2000; c) investigación sobre ladrillo altamente sinterizados tipo klinker; d) Experiencias en patología en materiales cerámicos y vidrios; e) Durante estos años se han elaborado numerosos expedientes y dictámenes sobre patología de los materiales vítreos y cerámicos: Ladrillos (bovedillas y ladrillos antiguos...), tejas, gres catalán, gres rústico, pavimentos y revestimientos cerámicos vitrificados... todos ellos bajo contrato con relevantes industrias del sector (Varios autores 1996)

La investigación en Vidrios y Materiales Cerámicos de la Construcción está, pues, actualmente activa en este centro por la intensa actividad desarrollada en los últimos años, y todo ello atendiendo a las demandas y necesidades que han ido planteando las industrias o usuarios que se han acercado al Torroja solicitando contratos de investigación. Se han impartido además varios cursos este tipo de materiales (cursos CEMCO, FOCIMATT...y actualmente uno de Doctorado en la Universidad Carlos III de Madrid). Se han editado varios libros monográficos, algunos con editoriales científicas de otros países (Manfredini 1998) (Rincón y Romero 1999) (Rincón y otros 2001). Incluso ante las demandas del sector de Piedra Natural se han incorporado a estas investigaciones este tipo de materiales de construcción con la idea de englobar en una misma disciplina o “cuerpo de doctrina” los materiales cerámicos, vítreos y pétreos como Materiales Inorgánicos en la Construcción, con un enfoque unitario temático que hasta ahora nadie ha planteado en nuestro país.

En el momento actual solicitud de creación de un nuevo Departamento de Sistemas Constructivos en este Instituto, en el que se integren colaborando arquitectos y químicos, incluyendo el Grupo/Lab de Materiales Vítreos y Cerámicos puede suponer una innovativa experiencia de colaboración, que permitiría abordar la I+D+I en este tipo de materiales de una manera integradora y total desde el laboratorio y la producción de los mismos hasta su aplicación arquitectónica o constructiva final. Esta colaboración más estrecha entre químicos y arquitectos estamos seguros que dará una visión más completa y coherente de la producción y usos de los materiales cerámicos. Así, la investigación en materiales cerámicos y vidrios en la construcción dentro del Torroja podría por fin ser algo “estable” en este

centro de investigación, y ser más útil a la Sociedad. Para ello, hay que continuar el esfuerzo emprendido y seguir contando como hasta ahora con el apoyo del sector industrial (tanto fabricantes como constructores) apostando por líneas de futuro tales como: El desarrollo de nuevos materiales de tipo compuesto (ó “composites”); la profundización en la optimización del diseño y propiedades mecánicas con minimización de masa y el abordaje de nuevas técnicas de caracterización microestructural y analítica, en la que los componentes del Grupo son expertos, que permita mantener e incrementar el nivel científico alcanzado.

6. Perspectivas de investigación en materiales vítreos y cerámicos para la Edificación y la Construcción

La elevada y extraordinaria actividad de la Construcción en España (Edificación y Obra Pública) coincide con un crítico momento económico (ampliación de la UE y desarrollo emergente y acelerado de los países del oriente asiático, especialmente China), lo que es un signo evidente de que estamos asistiendo a un CAMBIO DE CICLO. Ante esta situación los científicos tenemos también que reaccionar con un análisis del fenómeno desde nuestro punto de vista y sus repercusiones en las nuevas líneas de investigación C y T. Los materiales, y especialmente los de tipo cerámico y vítreo, están íntimamente relacionados con nuestra vida diaria, los de Construcción aun más, por lo que es preciso “re- pensar” qué tipo de materiales de construcción se requieren en este nuevo tipo de sociedad y en este nuevo tipo de circunstancias económicas.

Asistimos a unas cotas de CALIDAD y de nivel de PRODUCCION y MERCADO que eran impensables hace años y ahora precisamente es cuando surgen los “problemas”(NUEVOS RETOS...)

5.1. Líneas emergentes en los últimos años

Desde hace unos años en los laboratorios de investigación se está produciendo en mayor o menor extensión el flujo: I ↔ D ↔ i ↔ Mercado ↔ Aplicación

Que aunque es motivo de todo tipo de “lamentaciones” por sus deficiencias, creo que está empezando a funcionar adecuadamente en nuestro país. Hay casos de extraordinaria eficacia en este flujo, como se dan otros casos en que se dice que “el sistema no funciona” o ha fracasado. Y, a pesar de estas críticas, creo que estamos en el buen camino. Lo que ocurre es que, desde mi punto de vista, este SERIA EL PEOR MOMENTO PARA PARAR ESTA MAQUINARIA QUE AHORA COMIENZA A FUNCIONAR, ya que muchas de las investigaciones y desarrollos realizados en años anteriores comienzan a ser comprendidos en su valor por los sectores industriales y precisamente ahora es cuando hay que entender el “valor añadido” de este tipo de investigaciones para ir a un “sector cerámico más especializado en productos de mayor valor añadido”. Las necesidades y tendencias evolutivas indican un sentido de producción hacia productos cada vez más vitrificados; es decir, con mayor valor añadido, así como hacia la investigación en geopolímeros (amorfización a baja temperatura y subsiguiente cristalización nanoporosa) y en materiales compuestos (composites).

5.2. El caso de las fachadas ventiladas

Un caso paradigmático de la evolución de los materiales cerámicos más recientes y de su incorporación en sistemas constructivos se tiene en la creciente importancia de las fa-

chadas ventiladas: Las plaquetas de materiales cerámicos es bien conocido que tienen desde hace tiempo una implantación extendida y bien reconocida como pavimentos y revestimientos tanto en edificación como en construcción de obra pública (aunque en este caso en menor extensión). El consumidor y el público en general asocia su uso fundamentalmente al recubrimiento de suelos y paredes de interiores. Pero esta idea tan extendida olvida frecuentemente que los materiales cerámicos a lo largo de la Historia de la Arquitectura han sido utilizados en recubrimientos exteriores de edificios emblemáticos, templos, monumentos, etc... El ejemplo más paradigmático del uso de la cerámica en exteriores nos remonta a la antigua Mesopotamia con los ladrillos vidriados que recubría las puertas de la ciudad de Babilonia, pudiéndose hoy observar esta aplicación de la cerámica en fachadas exteriores en la monumental puerta de Ishtar, parte de la puerta original está actualmente en un museo alemán. Esta puerta recubierta de ladrillos de cerámica vidriada fué parte del templo dedicado a Bel, construido por Nabucodonosor hacia el año 575 a. C. La novedad en Babilonia fue que se adornaban distintas estructuras urbanas con decoración externa, a diferencia de los asirios que precedentemente usaban los ladrillos vidriados en decorados de interiores. Posteriormente los musulmanes adaptarían esta tecnología a la producción de sus azulejos que se extendieron por todas sus áreas de dominación y especialmente en el Andalus, pero con un uso preferencial en interiores.

Sólo hasta finales del XIX y mediados del XX se volvió a usar la cerámica, pero únicamente con fines decorativos en multitud de murales de los que merece la pena nombrar los innumerables realizados en la Comunidad Valenciana. Murales valencianos de los años 60-70 en que hubo un gran desarrollo en la Arquitectura civil o religiosa, comercial e incluso industrial, realizados en todo tipo de colores y en donde los mejores artistas valencianos dejaron su "saber hacer en la cerámica".

Los últimos años del pasado siglo XX han conocido un notable auge en los conocimientos a nivel de laboratorio y producción de nuevos materiales cerámicos para pavimentos y revestimientos. De la mano de este dinámico sector industrial que ha llegado a cotas insuperables de perfección técnica y de diseño + aplicaciones con el gres de monococción vidriado, el cambio de siglo ha coincidido con una apuesta definitiva por los materiales de gres porcelánico. Las posibilidades decorativas de este tipo de material de mayor valor añadido para su uso en pavimentos y revestimientos, que se veían limitadas en sus inicios en cuanto a producción y mercado, han sido totalmente superadas en estos momentos con infinitas posibilidades de decoración en masa, en superficie y en propiedades físicas y tecnológicas que se exigen a este tipo de materiales. Los formatos se han ido ampliando y ahora puede decirse ya que no hay límite para la producción de plaquetas de grandes formatos.

Por otro lado, y al mismo tiempo, las exigencias en la Edificación respecto a lograr: Estructura, Seguridad y Sostenibilidad (energética y medioambiental) (Ley de la Ordenación de la Edificación, LOE) y la consiguiente aplicación del Código Técnico de la Edificación, CTE, implicarán un mayor y mejor uso de los materiales cerámicos. Recientemente, se ha confirmado un dato que ya se sospechaba de que tanto la vivienda como el transporte en nuestro país contribuyen a una elevada tasa de emisiones de CO₂ por encima del compromiso de Kioto. Por estar razón, se hace necesario aislar mejor las viviendas y edificios singulares (edificios públicos, oficinas, centros comerciales...). Esta idea se viene realizando desde hace unos años con el recubrimiento externo de edificios con muros cortina y en fachadas ventiladas basadas en paneles de vidrio. Simultáneamente, después de varios siglos de haber perdido su terreno en fachadas y por recuperar la tradición y conquistar nuevos mercados, los nuevos retos arquitectónicos y la necesidad de extender los campos de aplicación de las plaquetas cerámicas, está dando lugar a un movimiento efervescente en todo el sector de producción de estos materiales de construcción para "conquistar" de nuevo las fachadas.

Los cerramientos de edificios pueden tener una función resistente o no-resistente, pero **la fachada ventilada** que es del segundo tipo cumple además una función medioambiental, en el sentido de favorecer el equilibrio térmico del edificio. En cierto modo este tipo de fachada realizada con plaquetas cerámicas es heredera de los “Muros Cortina” realizados en vidrio, o cerramientos acristalados, aunque con otras características, prestaciones y mayores posibilidades en cuanto a diseño y decoración. El gres porcelánico tiene la gran ventaja de ser un producto BIOSOSTENIBLE, aunque no natural pues es fruto de una “síntesis mineral realizada a elevadas temperaturas” está producido con materias primas naturales, no tóxicas, no irritantes, no nocivas...e incluso podría ser recuperable o reciclable, como se ha demostrado en algunas investigaciones en marcha. No lleva además metales pesados peligrosos, no emite gases nocivos y no es radiactivo. Por sus características decorativas y prestaciones tecnológicas se ha revelado como un **material ideal para su uso en los nuevos sistemas constructivos** realizados con fachadas ventiladas. De esta manera ¿qué ventajas presenta sobre la fachada tradicional de ladrillo visto o las que llevan adosadas directamente plaquetas de otros tipos de materiales?: Mejoran las características energéticas, así como las climáticas de un edificio. Al material cerámico se le exigen en este caso las mayores prestaciones en cuanto a: Resistencia a la Helada (para evitar el riesgo de roturas); así como Resistencia máxima a las manchas y al ataque químico, además de sus propiedades mecánicas resistentes frente a la succión por efecto del viento. A título únicamente de ejemplo, podemos citar recogido de las referencias que se dan al final de este artículo (Rincón 2005), las “Torres Gemelas” de la Via Larga de BOLONIA que en un edificio de 52 m. de altura, realizado por Paolo Andina se tiene una pared ventilada de 8000 m² con unas plaquetas de cerámica de espesor de unos 12 cm. Tenemos ya ejemplos de aplicación en nuestro país y algunos muy próximos en Valencia y Castellón, pero por haber sido ya citados en otros artículos no los citaré en este caso. Pienso que próximamente será necesaria una publicación que recopile lo ya logrado hasta la fecha, estamos ante un “nicho tecnológico” que va creciendo día a día gracias al esfuerzo de los técnicos de muchas empresas del sector y que va tomando forma debido al empuje del sector cerámico por lo que es de prever que en poco tiempo será necesario hacer una recopilación de lo realizado hasta la fecha en nuestro país.

Las condiciones que se exigen para este tipo de plaquetas aun no están muy definidas normativamente, pero **el propio desarrollo y aplicaciones están ya perfilando qué condiciones se exigen a las plaquetas cerámicas para fachadas ventiladas. El mayor reto es el del gran formato exigido por sistemas integrales de colocación. Y en este sentido se están desarrollando nuevos tipos de productos:** Al gres porcelánico tradicional (GPT), habrá que añadir el gres porcelánico modificado (GPM), nuevos tipos de vidrios sinterizados (“gresites en gran formato”), materiales vitrocerámicos que pueden cubrir una amplia gama e incluso materiales cerámicos laminados que se estudian actualmente en algunos centros de investigación.

Profundizar en el conocimiento de la respuesta de estos materiales a la acción y succión del viento es ya tradicionalmente conocido, como la exigencias de planitud, resistencia a la interperie: durabilidad (tráfico, ambientes salinos, atmósferas contaminadas...)...Sin embargo aun no se ha considerado de una manera sistemática (quiere decirse con metodología científica) el desgaste entre materiales, el comportamiento de los contactos entre anclajes metálicos (diversos tipos de metales y aleaciones: aluminio, acero,) y los diversos compuestos cerámicos (fases minerales inorgánicas). La investigación y desarrollo de materiales compuestos de todo tipo (también denominados “composites”) que mejorarán las prestaciones de los materiales actuales tiene mucho que aportar en este terreno. En este caso las posibilidades de futuro se puede decir que son “infinitas” y conoceremos en los próximos años, gracias al esfuerzo de los centros de investigación, nuevos materiales de

pavimento y revestimiento que eran impredecibles de fabricar hasta el presente y que serán factibles de su uso convencional en fachadas de todo tipo. A continuación se resumen en las Tablas I y II las principales tendencias que se prevén en los próximos años para la I+D+i en materiales vítreos y cerámicos en el sector arquitectónico y constructivo.

Tabla I. Tendencias innovadoras en los años venideros

EN MATERIALES	PRODUCTOS ESPECÍFICOS
Gres de monococción:	a) Vidriados de tipo vitrocerámico con materias alternativas y a partir de residuos industriales previamente acondicionados b) Propiedades especiales
Gres porcelánico	a) Gres porcelánico modificado (otros fundentes y/o inclusión de residuos previamente acondicionados) b) Vidriados en capa gruesa
Gres vitrocerámico basado en sinterización/ cristalización	a) De grano grueso y de grano fino b) A partir de residuos industriales y/o de demolición
Vidrio mosaico (gresites)	a) Gresites vitrocerámicos b) Incorporación de residuos

Tabla II. Tendencias innovadoras en procesos y aplicaciones

EN PROCESOS:	EN APLICACIONES:
Moldeo por inyección:	EDIFICACION: Vivienda (LOE y CTE): Exigencias respecto a: Estructura, Seguridad y Sostenibilidad (energética y medioambiental) (implantación en un 80%)
Cocción con microondas	Conquista de las fachadas: fachadas ventiladas y transventiladas
Tratamientos por arco de plasma	mejorar muchos productos de acuerdo con lo establecido en el CTE...
Nanotecnologías	OBRA PUBLICA: campo de aplicación aun no suficientemente explotado por los materiales cerámicos) <i>Sector transporte</i> implicaría un <u>gran volumen</u> de uso (puentes, rotondas, islas...) así como de edificaciones auxiliares (aeropuertos, estaciones de todo tipo...)
Procesados por "gel-casting" (gelificación) y/o "slip-casting" (colado de barbotinas para grandes formatos)	1) Ciclos de vida: Problemática de los RESIDUOS y 2) Concepto de lo que es y suponen realmente los: SISTEMAS CONSTRUCTIVOS y/o ARQUITECTONICOS

6. Conclusión

El reto científico, tecnológico y comercial de la mejora de prestaciones de los materiales vítreos y cerámicos en la construcción exige un apoyo mayor del existente por parte de las industrias y más cuando se dispone en el Instituto Torroja de un equipo con experiencia en el procesado y caracterización de este tipo de materiales que además se integrará próximamente en el nuevo departamento de Sistemas Constructivos en una innovadora experiencia de colaboración cercana entre químicos y arquitectos. Un ejemplo paradigmático de el tipo de investigación que podría emprenderse lo constituye el caso de las fachadas ventiladas de cerámica que, como el de todos los materiales cerámicos y vítreos en la Edificación y Construcción, podría dar lugar a plaquetas de mayor VALOR AÑADIDO, que es lo que necesita el sector para competir en el mercado actual tan globalizado. Es, una vez más en la Historia de la Tecnología, un reto y una ambición por realizar y hacer fácil y usual "lo difícil". Una vez más, y esto ya es obvio el decirlo: la "interdisciplinariedad" mas que la multidisciplinariedad es necesaria en este campo, ya que esta es una AVENTURA CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA PARA SER COMPARTIDA por todos los implicados en los productos cerámicos, pues hay múltiples y enriquecedoras acciones que llevar a cabo en los próximos años.

Agradecimiento

A todos aquellos miembros del Instituto Torroja con los que se ha conversado para la preparación de este artículo y que han aportado datos, experiencias y anécdotas propias, así como a todos aquellos investigadores y técnicos que dedicaron su tiempo en este centro de investigación a los materiales vítreos y cerámicos. Se agradece, asimismo, al Editor de la SECV, el permiso de reproducción parcial en este artículo del previo: Rincón, J. Ma. Y Romero, M. 2005. Vinculación del Instituto Torroja a lo largo de su historia con la investigación en materiales cerámicos y vítreos. *Bol. Soc. Esp.* V. 44, 2: 131-134.

Referencias bibliográficas

- Arredondo, F.; C. Benito; G. Echegaray; J. Nadal; A. Paez y F. Del Pozo. 1977. La Obra de Eduardo Torroja. En *Colección Cultura y Ciencia*, editado por Instituto de Empresa, Madrid,
- Arredondo, F. 1951. Fabricación de ladrillos. Madrid. La resistencia de los muros de ladrillos. Madrid, 1956. Los defectos de las obras de ladrillo. En *Conferencia dada en Brasil en 1959*. La alianza cerámica- acero- hormigón. En *Conferencia en Uruguay, 1959*
- Arredondo, F. 1963. Materiales Cerámicos y vidrio. En *Serie Estudio de Materiales*. Tomo VI, editado por IETcc, CSIC, 1^a Edición, en 1980 la 9^a Edición
- Calleja, J. 2001. Cincuenta años de la revista: Ultimos Avances en Materiales de Construcción. *Materiales de Construcción* 51, 5-25:263-274.
- Colectivo Beta. 1984. La reestructuración del Inst^o. E. Torroja de la Construcción y del Cemento: No fue posible el futuro. En *Política Científica y Futuro del CSIC*, editado por API, Madrid, 122- 139
- Criado, E; E. Sánchez y M. Regueiro. 2004.¿La industria cerámica española ante un cambio de ciclo?. *Bol. Soc. Esp. Ceram.* V. 43 ,1: 85-101.
- Fernández Arroyo, G. 1990. El Vidrio. En *Monografías Torroja*, editado por IETcc, CSIC.
- García- Verduch, A. 2002. Sociedad Española de Cerámica y Vidrio. Sus primeros pasos. *Bol. Soc. Esp. Ceram.* V. 41, 4: 415-421.
- Gippini, E. 1979. Pastas Cerámicas, editado por IETcc, CSIC.

- Manfredini, T.; J. C. Pellacani and J. Ma. Rincón. 1998. Glass- Ceramics: Fundamentals and Applications, editado por Mucchi Editore, Modena, Italia.
- Manfredini, T; M. Romagnoli and J. Ma. Rincón. 1996. Porcelainized stoneware: architectural, processing and physico/ mechanical properties.
MATER CONSTRUCC 46,242-243: 107-118
- Rincón J. Ma. and M. Romero, 1999. Characterization Techniques of Glasses and Ceramics, editado por Springer- Verlag, Berlín.
- Rincón, J. Ma. 1991. La Sociedad Española de Cerámica y Vidrio y su labor a lo largo de más de 25 años. *ALMACEN de Materiales de Construcción* 4: 29-33.
- Rincón, J. Ma.; M. Romero; M. Jordan y J. P. Gutierrez. 2001. Materiales Inorgánicos en la Construcción para el siglo XXI, editado por IETcc, CSIC y Univ. Miguel Hernández, Elche.
- Rincón J. Ma. y M. Romero. 2001. La producción de gres porcelánico actualmente en expansión como paso previo para la producción de materiales vitrocerámicos masivos. *Tecnica Cerámica* 290.
- Rincón, J.Ma. 2002. Keynote: Glasses, glazes and glass- ceramics at the starting of the Millenium. *Key Engineering Materials* 206-213: 2039-2044
- Rincón, J. Ma. 2003. El CTE y los Materiales Cerámicos, En *COVERINGS, Extra de "EL MUNDO de Castellon"* 12 febrero p: 6.
- Rincón, J. Ma. 2005 . Plaquetas cerámicas en fachadas ventiladas. En *CEVISAMA, Extra de "EL MUNDO de Castellon"* 23 marzo
- Rincón, J. Ma. Y Romero, M. 2005. Vinculación del Instituto Torroja a lo largo de su historia con la investigación en materiales cerámicos y vítreos. *Bol. Soc. Esp. V.* 44, 2: 131-134
- Torroja Miret, E. 1991. Razón y Ser. En *Textos Universitarios*, editado por IETcc, CSIC, 7ª. Edición, Madrid Varios autores. 1996. El Vidrio en la Construcción, *Materiales de Construcción*, 46: nº monográfico
- Varios autores. 1961-1965. En *I, II y III Semanas de Estudios Cerámicos*, editado por SECV, Madrid, a saber: Gaspar, La plasticidad de pastas cerámicas, 1ª Semana de Estudios Cerámicos, 173-183, 1961 .F. Arredondo, "Desecación de productos de arcilla", 1ª Semana de Estudios Cerámicos, 91-101, 1961. A. Alemán, "Permeabilidad al agua de muros de ladrillo", Semana de Estudios Cerámicos, 89-100, 1965. F. Arredondo, "Hormigón de arcillas dilatadas", 3ª Semana de Estudios Cerámicos, 1- 15, 1965. F. Soria, "Físicoquímica del sistema refractario – clinker en los hornos de cemento", 2ª Semana de estudios Cerámicos, 121-131, 196