

Investigaciones de interés industrial sobre baldosas cerámicas

J. Núñez, J. M. Pedra, M. Peiró, J. J. Gómez y L. Chiva, J. B. Carda

Las baldosas con propiedades bactericidas, fosforescentes, antielectrostáticas, térmicas o capaces de aprovechar la energía solar son algunos de los nuevos desarrollos que ofrece la investigación

Introducción

Uno de los sectores más importantes dentro de la industria cerámica es el dedicado a la fabricación de la denominada baldosa cerámica. De forma resumida una baldosa cerámica está constituida por una base de naturaleza cerámica denominada soporte y un recubrimiento superficial de naturaleza vítrea, denominado esmalte, como se muestra en la figura 1.

A su vez, los esmaltes cerámicos, por lo general, están constituidos por una serie de materias primas fundidas, denominadas fritas y distintos aditivos, entre los que se pueden encontrar los pigmentos cerámicos, sustancias cristali-

nas con capacidad de generar color en el esmalte. Por lo tanto, como se puede apreciar, una baldosa cerámica presenta muchas partes susceptibles de estudio y directamente relacionadas con la química del estado sólido.

En este punto es importante destacar que durante mucho tiempo la industria cerámica en general y el sector de las baldosas cerámicas en particular ha estado considerado como un sector distanciado de la investigación y unido a la tradición, relacionado con reacciones no terminadas, poco control sobre las mismas y alto grado de contaminación. Con esto, difícilmente se podía relacionar este sector cerámico con la denominada cerámica

avanzada, de la cual se han conseguido desarrollos tan importantes como el microchip, si bien, ambas cerámicas en esencia son similares. Hoy en día, por el contrario se está intentando dar un enfoque más científico al sector cerámico tradicional apoyado con una buena investigación y aplicación del método científico que permite acercar los avances de la cerámica avanzada a las baldosas cerámicas.

Este auge investigador en la industria cerámica centra sus raíces en la pasada década de los noventa, en la cual se produjo un gran desarrollo del sector cerámico, creciendo y modernizándose (figura 2). Dicho sector empezó a asumir

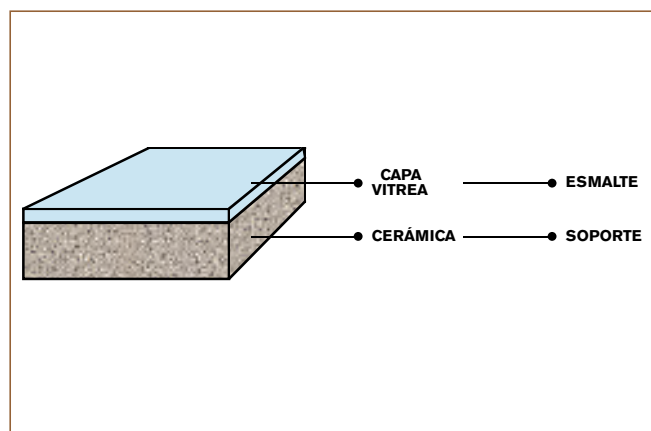


Figura 1. Esquema simplificado de una baldosa cerámica.

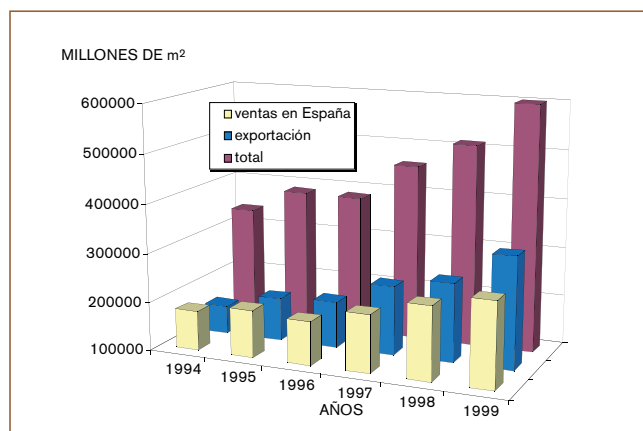


Figura 2. Evolución del sector español de baldosas cerámicas desde 1994 a 1999.

mayores riesgos tecnológicos y comenzó a ser consciente de la necesidad de adquirir mayor conocimiento, provocado por la competitividad, así como por el intento de obtener mayor calidad en sus productos, de cara a la exportación. También aparecen unos requerimientos ambientales en sus ciclos productivos, implantados por la Unión Europea.

Esta evolución ha continuado hasta la actualidad, por lo que hoy en día el trinomio denominado I+D+i (investigación, desarrollo e innovación) constituye un eslabón fundamental en la industria cerámica, considerándose la innovación como una constante necesidad.

Así, las líneas de investigación abiertas en el campo cerámico engloban todas las diferentes partes de la baldosa cerámica, desde el soporte, hasta los pigmentos, fritas y esmaltes, incluyendo de igual forma la minimización del impacto medioambiental y las nuevas vías de síntesis y tecnologías de decoración.

A continuación y a modo de ejemplo se van a presentar diferentes proyectos llevados a cabo por el grupo de investigación de Química Inorgánica de la Universitat Jaume I, en colaboración con otros centros de investigación y la industria cerámica de la provincia de Castellón, entorno socioeconómico en el cual se localiza esta universidad. Entre estas industrias se encuentran empresas como Esmaltes S.A., Colorobbia España S.A., Tierra Atomizada S.A., Roig Cerámica S.A. (Rocersa), Venís S.A., entre otras. Estos proyectos tienen como eje conductor la innovación e investigación en nuevas propiedades, así como el desarrollo de nuevos materiales cerámicos,

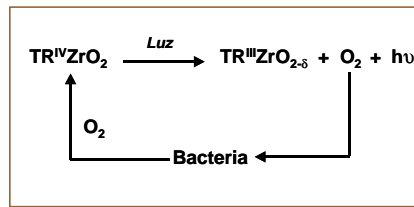


Figura 3. Esquema del mecanismo fotocatalítico del esmalte bactericida.

permitiendo la obtención de baldosas cerámicas con propiedades tan novedosas y dispares como baldosas bactericidas, fosforescentes, antielectrostáticas, térmicas, ecológicas o decoradas con tecnología láser.

Desarrollo de baldosas con propiedades bactericidas

Una necesidad que existía en el sector cerámico era la obtención de baldosas cerámicas con capacidad bactericida, de forma que se facilitase la utilización de las baldosas cerámicas como revestimiento de paredes en hospitales y centros médicos o lugares en los cuales la desinfección es una condición indispensable y al mismo tiempo logrando todas las ventajas técnicas y estéticas que proporciona la cerámica.

El objetivo principal ha sido, en este caso, la obtención de un esmalte que al ser cocido junto con el soporte cerámico, sea capaz de interactuar con la luz y producir fenómenos ópticos de absorción y emisión así como fenómenos fotocatalíticos, que destruyan las bacterias depositadas en la superficie de la baldosa.

De esta forma se ha desarrollado la propiedad bactericida en un esmalte de naturaleza vitrocerámica. Es importante

destacar que los materiales vitrocerámicos son aquellos en los cuales se ha producido el crecimiento de fases cristalinas a partir de la fase vítrea mediante la desvitrificación de ésta, es decir, a partir de un material vítreo se generan cristalizaciones en su interior, caracterizándose principalmente por la homogeneidad y control de dichas cristalizaciones.

Así se han obtenido esmaltes en cuyo seno se han desarrollado cristalizaciones de disoluciones sólidas de $\text{ZrO}_2\text{-MO}_2$, en las que se encuentran elementos del bloque f (tierras raras) en forma de disolución sólida $\text{TR}^{\text{IV}}\text{ZrO}_2$.

El mecanismo del fenómeno bactericida, de forma simplificada, se basa en una reacción fotocatalizada por la luz al incidir sobre el esmalte. Cuando la luz incide sobre éste, provoca un cambio en la constitución de la tierra rara (reducción de estado de oxidación IV a III), que a su vez genera un cambio en la estructura de la disolución sólida. Esta nueva estructura ($\text{TR}^{\text{III}}\text{ZrO}_{2-\delta}$) requiere menos oxígeno que la anterior, por lo que el oxígeno extra, se libera e interacciona con el citoplasma de la bacteria, provocando su muerte. De forma esquemática, el mecanismo puede simplificarse como se indica en la *figura 3*, por lo que debido a la naturaleza del fenómeno bactericida, no se cuestiona su durabilidad con el tiempo, ya que se trata de un proceso de características fotocatalíticas.

Una de las principales características de este esmalte, como se puede apreciar por su mecanismo de reacción, es el aumento de la capacidad bactericida en presencia de luz. En la *figura 4* se mues-

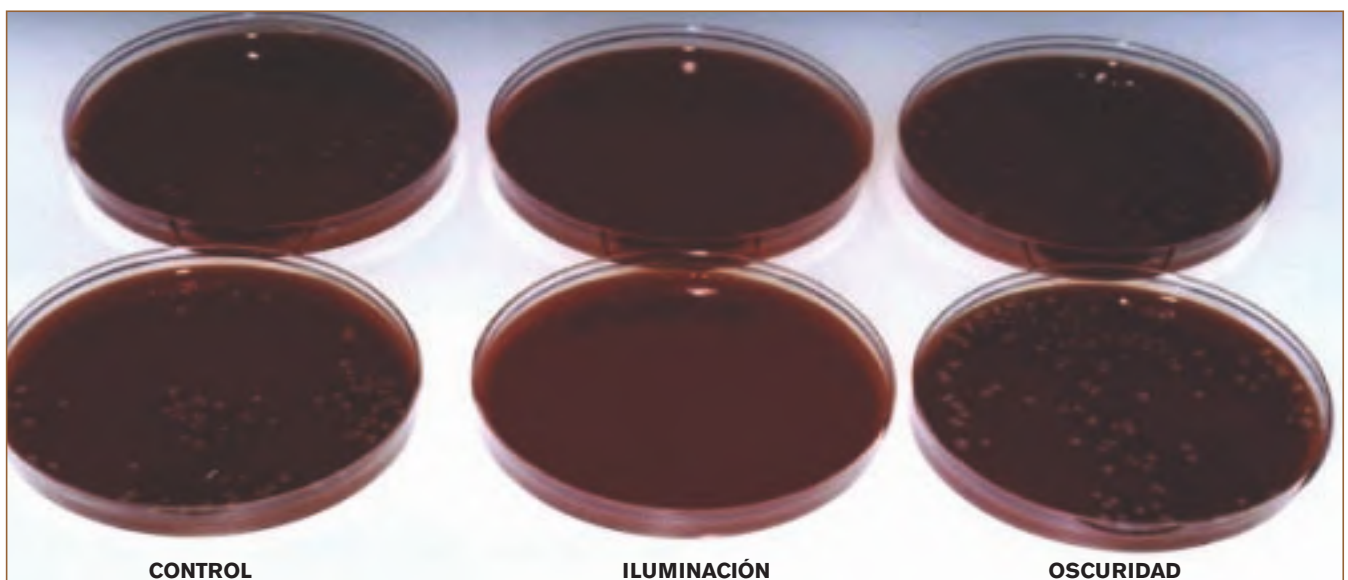


Figura 4. Ensayos microbiológicos del esmalte bactericida.

RESUMEN

En el presente trabajo se hace una breve discusión sobre las principales líneas de investigación que actualmente está llevando a cabo el grupo de investigación de Química del Estado Sólido, de la Universitat Jaume I de Castellón, con una fuerte connotación en el sector industrial cerámico de Castellón.

En primer lugar se hace énfasis en potenciar la I+D+i en dicho sector industrial, lo cual va a posibilitar avances tecnológicos de máximo interés. En segundo lugar, permite obtener un mayor conocimiento de los materiales en orden a conseguir nuevas propiedades, lo que permitirá abrir nuevos campos de aplicación cerámica, hasta ahora poco conocidos. Así, se exponen unos ejemplos de dichas propiedades como son propiedades mecánicas, eléctricas, ópticas y bactericidas. Todo ello va asociado a la innovación mediante nuevos sistemas de procesado de los materiales, como es la tecnología láser propuesta.

Por último, y a lo largo de toda la exposición, se hará énfasis en el menor impacto medioambiental con las nuevas técnicas de producción, así como el menor gasto de los recursos disponibles ya sean estos energéticos o de materiales, entre otros, avanzando cada vez más el sector hacia una cultura medioambiental, viendo esto no como un problema si no como una oportunidad.

tra diferentes ensayos microbiológicos realizados al esmalte bactericida, tanto en presencia como en ausencia de luz.

Finalmente, un requisito más ha sido el que los esmaltes obtenidos sean aplicables a los ciclos productivos de revestimiento cerámico (bicocción y monoporosa), manteniendo las propiedades de calidad exigidas a un esmalte convencional y presentando la propiedad de alta intensidad de brillo (esmaltes brillantes).

Propiedades ópticas de interés. Desarrollo de baldosas fosforescentes

Como materiales fosforescentes se entienden, de forma simplificada, aquellos que una vez que han sido irradiados

con una fuente luminosa son capaces de seguir emitiendo luz en ausencia de la fuente.

Aplicando este concepto a las baldosas cerámicas, se puede entender como la obtención de baldosas con propiedades fosforescentes abre múltiples aplicaciones, desde su utilización como marcas de rutas de escape en espacios oscuros en caso de cortes en el suministro eléctrico, hasta las grandes posibilidades decorativas que dicho fenómeno posibilita (figura 5).

Por lo tanto, en este caso, el objetivo fundamental de este proyecto ha sido el desarrollo de baldosas cerámicas con fosforescencia de larga duración, usando materiales de mínima toxicidad y diseñando un proceso de fabricación con un

impacto mínimo sobre el medioambiente.

Es importante destacar en este punto que los pigmentos fosforescentes tipo ZnS:Cu+Co utilizados en pinturas y cerámicas especiales presentan múltiples problemas, tanto en lo referente a la contaminación medioambiental como a sus propiedades tales como la duración de la fosforescencia.

Es por ello que, en colaboración con la Universidad Complutense de Madrid, se han investigado nuevos materiales tipo SrAl₂O₄ con estructura tipo tridimita, dopados con diferentes tierras raras (Eu²⁺, Nd³⁺, Dy³⁺), los cuales son fosforescentes cuando se iluminan con la componente ultravioleta de la luz blanca, obteniéndose de esta forma pigmentos fosforescentes.

Desde el punto de vista industrial, se han obtenido una serie de mejoras como la posibilidad de fabricación y comercialización de pigmentos fosforescentes, así como el desarrollo de baldosas cerámicas las cuales tienen incorporados a través del esmalte, los pigmentos fosforescentes de larga duración.

Desde el punto de vista ambiental, se ha conseguido la utilización de materiales con propiedades fosforescentes sin el empleo de elementos radiactivos ni contaminantes, así como la obtención a escala industrial de estos pigmentos sin la utilización de mineralizadores que contengan F o Cl. También es importante destacar la utilización de nuevas tecnologías de fabricación que disminuyen de forma sustancial la contaminación por emisiones gaseosas, que puedan ser tóxicas o agresivas hacia el medioambiente.



Figura 5. Efecto fosforescente en presencia (izquierda) y ausencia (derecha) de luz.

Desarrollo de propiedades eléctricas en las baldosas cerámicas. Baldosas antielectrostáticas.

Existen muchos lugares donde la acumulación de carga eléctrica puede resultar peligrosa, entre los más comunes se encuentran los almacenes de explosivos, hospitales, quirófanos y zonas donde se encuentran implantados instrumental de alta actividad eléctrica. En todos estos casos no es tan conveniente utilizar las baldosas cerámicas tradicionales ni otros recubrimientos que resulten ser aislantes eléctricos, ya que provocan la creación de cargas eléctricas estáticas. A modo de ejemplo, en la *figura 6* se indican los distintos valores de resistividad típicos de las diferentes partes de una baldosa cerámica (soporte cerámico, engobe y esmalte).

Por lo tanto, para conseguir el efecto antielectrostático deseado se ha obtenido un esmalte con capacidad de generar una conducción eléctrica superficial. El esmalte desarrollado está basado en el sistema semiconductor $\text{SnO}_2:\text{Sb}$, adaptado a soportes de gres y gres porcelánico y que presenta unas buenas propiedades físico-químicas para su posterior uso.

El mecanismo de conducción en este caso está basado en la formación de los denominados canales de conducción o zonas de mayor conductividad en el esmalte, debido a que el sistema semiconductor de $\text{SnO}_2:\text{Sb}$ se forma en la superficie de las partículas de SnO_2 (*figura 7*).

Debido a la propia naturaleza conductora de la baldosa terminada, esta requiere un método de colocación que permita aprovechar al máximo las características conductoras del esmalte. Esquemáticamente, el modelo sería el indicado en la *figura 8* y debería incluir el empleo de adhesivos, para la colocación de baldosas, que también presenten la suficiente conducción eléctrica, asegurándose que el esmalte queda en contacto con el adhe-

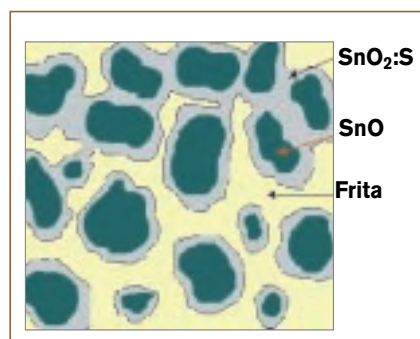


Figura 7. Modelo microestructural de la superficie del esmalte.

sivo empleado en el rejuntado, así como la utilización de una malla metálica, o similar, que permita descargar a masa.

Para favorecer su colocación, todo lo anteriormente descrito se ha introducido ya en el diseño final de la baldosa cerámica antielectrostática, quedando ésta tal y como se puede observar en la fotografía de la *figura 9*.

Desarrollo de baldosas cerámicas capaces de generar calor. Baldosas térmicas.

Tradicionalmente, la cerámica ha sido considerada como un material frío, en contraposición a otros materiales como la madera o el parquet, siendo éste uno de los obstáculos fundamentales a la hora de la utilización de suelos de cerámica en lugares fríos.

El desarrollo de baldosas cerámicas capaces de generar calor proporciona la posibilidad de comenzar a pensar en la cerámica "cálida". Por otra parte, abre un nuevo campo en el desarrollo de nuevas propiedades en las baldosas cerámicas y posibilita la aplicación de los conocimientos en cerámicas avanzadas a la cerámica tradicional.

Para lograrlo, y siguiendo con la investigación en las propiedades eléctricas de las baldosas cerámicas, se ha com-

parado ésta a un circuito resistivo, tal y como se indica en la *figura 10*, de forma que al aplicar una diferencia de potencial a un esmalte conductor se genera calor por efecto Joule.

El calor generado produce un aumento de la temperatura de la pieza, destacando que este aumento de temperatura depende de la diferencia de potencial al cuadrado (V^2), tal y como se puede observar en la gráfica de la *figura 11*.

Es importante tener en cuenta que en este caso se tienen que hacer una serie de consideraciones tanto respecto al soporte como respecto al esmalte, para poder obtener finalmente la propiedad deseada.

En el caso del esmalte, este debe permitir una adecuada conductividad eléctrica. Además, este esmalte, con la conductividad desarrollada, debe ser capaz de generar calor en toda la superficie esmaltada. Por último, debe reunir los requisitos de calidad, según normativa, para su uso como recubrimiento de superficies de suelos.

En relación con el soporte, éste tiene que ser un aislante eléctrico, principalmente por dos motivos: para evitar pérdidas de carga eléctrica y como medida de seguridad adicional. A su vez, el soporte tiene que impedir que el calor

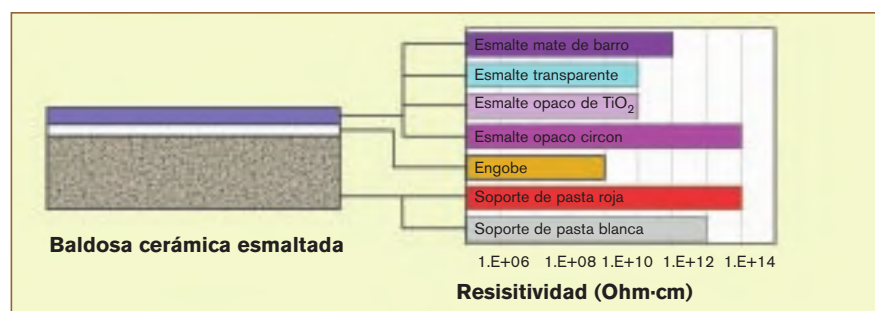


Figura 6. Resistividades eléctricas típicas.

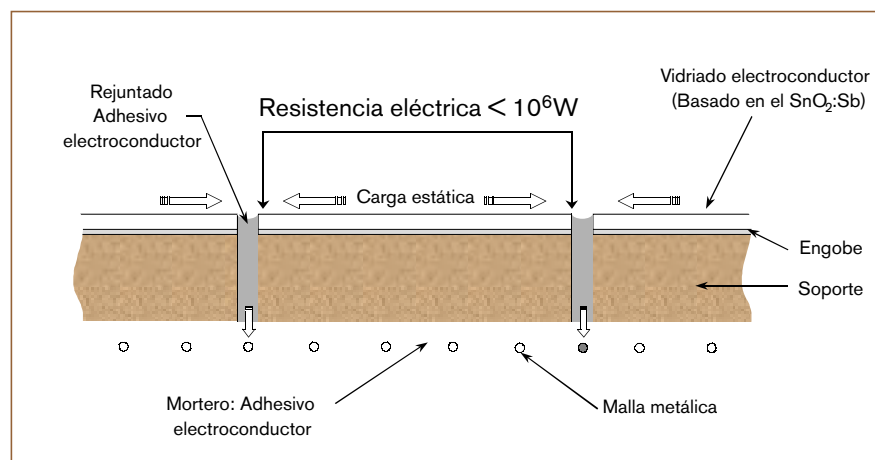


Figura 8. Diseño de colocación de las baldosas antielectrostáticas.



Figura 9. Baldosa cerámica antielectrostática preparada para su colocación.

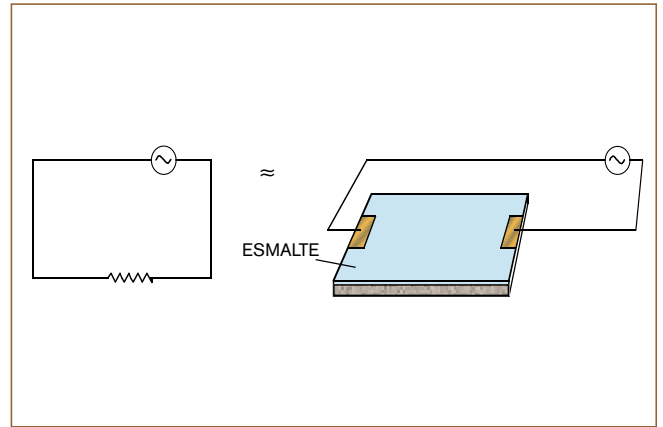


Figura 10. La baldosa cerámica se ha comparado a un circuito eléctrico

generado en la superficie del esmalte se pierda, ayudando de esta forma al aumento de la temperatura final, para ello se ha aumentado su calor específico (c_p). También tiene que poseer todas las características fisicoquímicas que permitan la utilización del producto final desarrollado como recubrimiento de suelos, con una buena adaptabilidad soporte-esmalte. Finalmente, es importante destacar que en este caso el soporte ha sido generado a partir de residuos cerámicos, provocando este hecho un ahorro de materias primas así como a su vez, el poder reintroducir los residuos en la cadena productiva.

La instalación final de este tipo de baldosas cerámicas debe reunir todos los requisitos de seguridad y sencillez, de forma que se consiga aprovechar al máximo su propiedad de generar calor sin mermar su aplicabilidad y facilidad de instalación, puesto que el objetivo último es conseguir un producto de fácil implantación en los hogares y que permita la apertura de nuevos mercados en zonas frías que por tradición eligen otros productos alternativos a la cerámica. Uno de los factores clave de la investigación

va a ser el poder trabajar a bajos voltajes, dentro de la norma de seguridad, para este tipo de instalaciones.

La instalación final propuesta consta de los siguientes componentes: transformador, acumulador de calor, termostato y diferencial. Esto permite en todo momento regular la temperatura a la que está el suelo cerámico, creando un ambiente mucho más acogedor y cálido. Toda la instalación se ha realizado manteniendo siempre las condiciones de seguridad que permiten un uso sin riesgos, es por ello que la baldosa cerámica esmalada con el esmalte conductor está recubierta por otro esmalte normal que por su propia naturaleza es aislante. Esto proporciona un aislamiento por arriba de la baldosa, mientras que la parte de abajo está aislada gracias al soporte, el cual a la vez de servir como acumulador térmico es aislante eléctrico. Para hacer llegar la corriente eléctrica a todas las baldosas, se utiliza una junta conductora plástica recubriéndola con una junta aislante para mantener en todo momento la seguridad de la instalación. En la figura 12 se muestra un esquema de la unión de dos baldosas terminadas.

Por otra parte, hay que asegurar que a todas las baldosas les llegue el flujo eléctrico pero sin que estén todas en contacto, ya que esto conduciría a un colapso del sistema. En la figura 13 se muestra el diseño de la colocación de un panel (o suelo) de 1 m^2 (figura 14). Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado y debido a que se trabaja en un flujo de corriente alterna, no existen polos ni positivos ni negativos, la diferencia de color de los dos cables es para simplificar el entendimiento de que cada baldosa cerámica debe estar conectada a las dos fases de la corriente alterna.

Baldosas capaces de aprovechar la energía solar

La creciente preocupación por el medio ambiente y por la utilización de energías renovables ha llevado a la investigación de nuevos materiales capaces de generar una energía limpia y duradera.

Desde 1991 y gracias a los trabajos de M. Gratzel, el interés hacia las células solares fotoelectroquímicas basadas en films de TiO_2 nanocristalino ha aumentado de forma considerable. Estas células

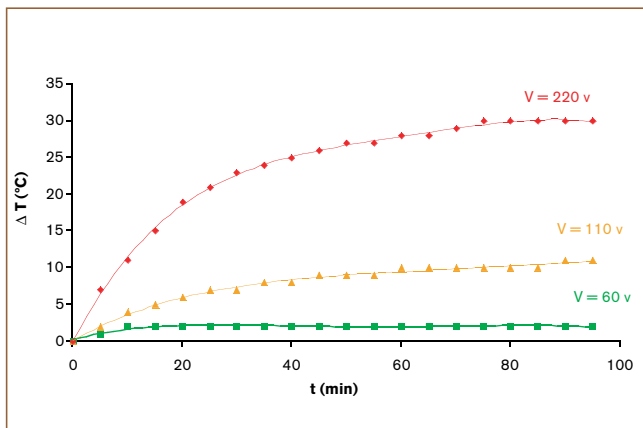


Figura 11. Variación de ΔT en función de los voltajes aplicados y el tiempo.

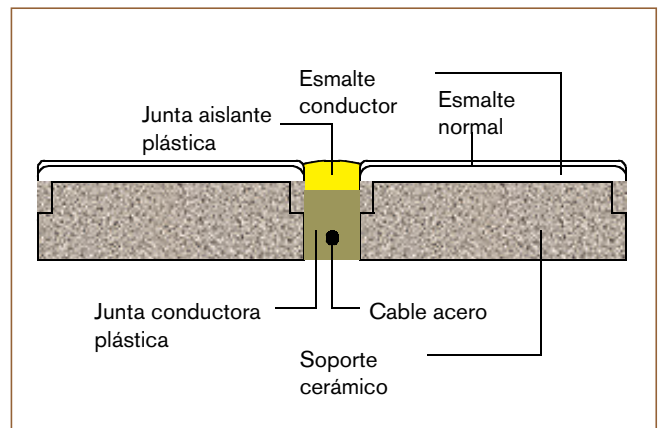


Figura 12. Esquema de la unión final de dos piezas terminadas.

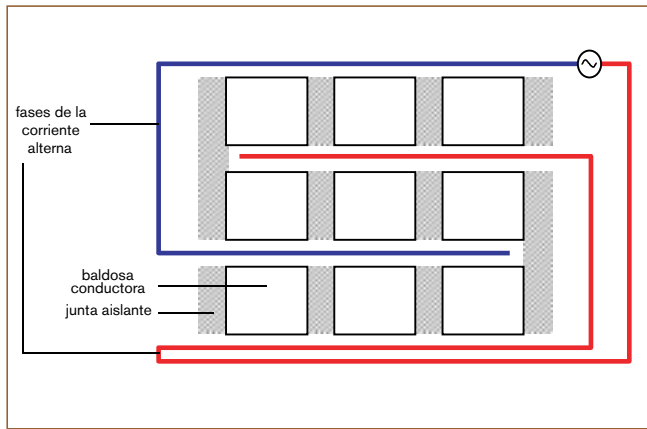


Figura 13. Esquema de colocación de un panel de 9 baldosas (1 m²).



Figura 14. Panel de 9 baldosas (1 m²) capaces de generar calor.

las están constituidas por una película de dióxido de titanio nanoporoso sensibilizada a la luz visible con un colorante de Rutenio.

Uno de los mayores problemas que presenta esta célula es la volatilidad del disolvente y los problemas de sellado a largo plazo que comporta, comprometiéndose en muchas ocasiones la durabilidad de estas células y siendo un obstáculo para su aplicación a gran escala.

En las investigaciones llevadas a cabo hasta ahora, se ha obtenido una célula de colorante en la que se ha conseguido sustituir el electrolito líquido (acetónitrilo) por un sólido (figura 15 y figura 16), formado a partir de polietilenglicol, I₂ y LiI, obteniendo una eficiencia del 1.6% con una iluminación de 100 Wm⁻².

Estas investigaciones permiten abrir nuevos campos de estudio y aplicabilidad de forma que se consiga integrar estas células solares en las baldosas cerámicas. De esta forma se obtienen baldosas capaces de generar electricidad utilizando una energía tan limpia y renovable como la energía solar.

Uniendo estas investigaciones a las descritas con anterioridad, sobre los esmaltes capaces de generar calor, se conseguiría integrar todo en un conjunto capaz de aprovechar la energía solar y convertirla en electricidad, parte de la cual sería utilizada para su conversión en calor.

Baldosas ecológicas. Minimización del impacto medioambiental

Los grandes desastres medioambientales ocurridos recientemente y el mayor grado de difusión de los problemas medioambientales, que al futuro de nuestro planeta, han originado una mayor sensibilización general de la sociedad actual por el medio ambiente. Esta conciencia ecológica adquirida por la sociedad ha afectado a todos los sectores y, por tanto,

a los consumidores y con ellos, a las empresas, ya que el propio mercado exige líneas de producción más respetuosas con el medioambiente, además de las presiones tanto legislativas como administrativas, despertando así la conciencia ecológica del sector industrial.

Dentro de este marco de concienciación ecológica, está aumentando cada vez más la demanda real de “productos verdes” o ecoproductos, entendiéndolos como aquellos que generan ahorros energéticos, de materiales o minimización de residuos, entre otros, frente a otros productos equivalentes que no tienen en cuenta dichos factores.

La mayor parte de los residuos generados en la industria cerámica son susceptibles de ser reutilizados, para ser introducidos como nuevos componentes que van a constituir el soporte (preparación de pastas) debido a que sus características son similares a las de las pastas cerámicas.



Figura 15. Electrodos de la célula fotoelectroquímica sintetizada.



Figura 16. Célula solar completa.

En este aspecto, se ha desarrollado un nuevo producto como resultado de la investigación en el reciclado de la mayoría de tipologías de residuos cerámicos generados por la Industria Cerámica, siendo éste una baldosa cerámica esmaltada de gres de pasta roja y teniendo en cuenta la optimización medioambiental de todas las etapas que afectan al proceso de fabricación de la misma. En la figura 17 se muestran diferentes ambientes del producto terminado.

De esta forma, se consigue reducir el consumo de los recursos naturales empleados en el proceso cerámico, a nivel energético, de explotaciones mineras y recursos hídricos, entre otros.

La planificación ecoeficiente de producción también permite la optimización de los procesos cerámicos y el control de los aspectos ambientales de las diferentes etapas de fabricación.

La reutilización integral de residuos cerámicos en las composiciones de baldosas cerámicas permite la solución de los aspectos medioambientales asociados a la actual gestión de los residuos en la Industria Cerámica.

La metodología desarrollada es una herramienta muy útil para situar a la Industria Cerámica en una situación privilegiada dentro del nuevo escenario socioeconómico de la Unión Europea, interpretando el medioambiente no como un problema sino como una oportunidad, a nivel de imagen de sector, así como la de innovación de nuevos productos.

Nuevas tecnologías de decoración. Decoración por láser

Por medio de la tecnología láser se han logrado importantes avances en el campo de la decoración de baldosas cerámicas tanto en lo referente a la síntesis de pigmentos *in situ* en la propia superficie de



un conocimiento hasta estos momentos inalcanzable.

Una de las principales características de la tecnología láser es que permite alcanzar temperaturas muy elevadas en una zona reducida y fácilmente controlable, siendo por lo tanto una tecnología ideal para la síntesis de muchos materiales: nuevos pigmentos cerámicos, formación de capas con características técnicas específicas, diseño cerámico, entre otros.

Gracias al reducido tamaño de foco del láser se han podido trazar líneas de grosor inferior a $100\ \mu\text{m}$ (figura 19). El hecho que la capa del pigmento queda bien adherida al soporte permite recuperar el precursor no reaccionado mediante soplado. Todos los pigmentos obtenidos consisten en granos de tamaño inferior a $200\ \text{nm}$ aglomerados en partículas de mayor tamaño.

Hoy en día existe un gran interés en el sector industrial de fabricación de baldosas cerámicas para conseguir diseños con una mayor nitidez y definición de línea, así como una buena gama de poli-

la baldosa cerámica, como también la posibilidad de obtener relieves que no son posibles con otros métodos convencionales (figura 18).

La tecnología láser permite así tener

acceso a nuevos campos de investigación y estudio de materiales, tales como una nueva Química del Estado Sólido de altas temperaturas, inaccesible desde cualquier otro método de síntesis, que posibilita

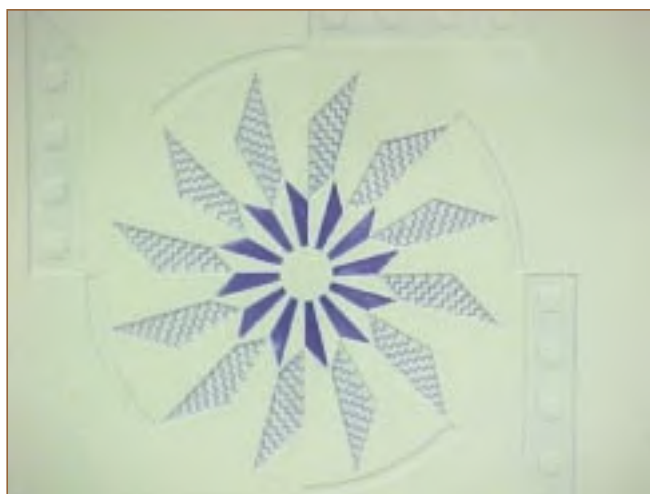


Figura 18. Piezas cerámicas totalmente decoradas con la tecnología láser, tanto los relieves como los pigmentos.

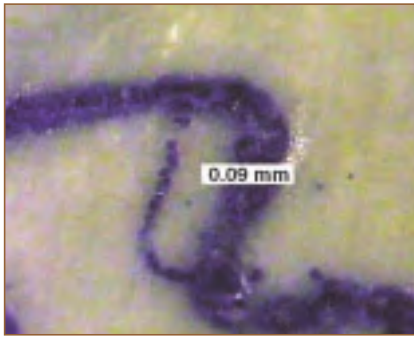


Figura 19. Líneas sobre soporte de gres porcelánico obtenidas mediante la tecnología láser. Pigmento: CoAl_2O_4 , láser: YAG:Nd.

cromía a través de coloraciones más intensas y estables a los ciclos de producción tan extremos en que se trabaja en el sector, como es el caso de la producción del gres porcelánico.

No obstante, un campo todavía no explotado hasta ahora ha sido la potencialidad de la tecnología láser en cuanto a conseguir buenas definiciones en el dibujo (al nivel próximo de una fotografía), junto con el poder calorífico que se alcanza (al nivel del plasma), lo que permite conjugar la realización de dibujos y relieves, en muchos casos imposible de obtenerlos a través de los métodos convencionales, al mismo tiempo que se consigue sintetizar el pigmento. Esto, junto con la utilización del software correspondiente así como la facilidad de mantenimiento hacen que esta tecnología abra nuevos horizontes al diseño cerámico.

Por lo tanto, la introducción de la tecnología láser dentro del campo de la producción y el diseño en la industria cerámica presenta nuevas prestaciones técnicas en el campo del diseño cerámico que con las actuales técnicas no se pueden alcanzar.

Así, esta tecnología permite reducir la línea de aplicación con el consiguiente ahorro en instalaciones e infraestructuras en la planta productiva.

Por otra parte, se ha constatado la síntesis de pigmentos cerámicos a través de la aplicación de la tecnología láser, caracterizando las correspondientes estructuras pigmentantes, existiendo unas mejoras medioambientales y económicas al permitir obtener una paleta de tonalidades, sin requerir la introducción de agentes mineralizadores o fundentes para la síntesis de pigmentos cerámicos, ya que estos son agentes contaminantes, minimizando de esta forma el impacto hacia el medioambiente así como también los residuos generados por restos de producción.

Como fruto de la aplicabilidad de todas estas investigaciones en el sector cerámico así como de la colaboración universidad e industria cerámica, muchas de estas investigaciones han dado como resultado productos galardonados con el prestigioso premio Alfa de Oro, que concede cada año la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio en la feria Cevisama de Valencia en tres categorías diferentes, premiándose de esta forma al mejor producto, innovación y diseño en el sector cerámico.

Conclusiones

El futuro de la industria cerámica española, se plantea en unas líneas bastante claras que incluyen aspectos tanto a nivel de empresa como del producto o de la tecnología, entre otros, de los que se pueden destacar los siguientes:

Es muy importante la potenciación de lo que viene llamándose el I+D+i, posibilitando la innovación en nuevos campos, desarrollando materiales con nuevas propiedades (ópticas, eléctricas, bactericidas, etc.) y la obtención de productos con características técnicas elevadas

De igual forma, se debería investigar tanto en el campo de las nuevas tecnologías de fabricación más limpias, así como en el reciclado de los residuos generados.

La colaboración entre la universidad y la industria cerámica está dando como resultado el desarrollo de nuevos materiales más adaptados a las nuevas demandas.

Se ha producido un incremento importante en la investigación y desarrollo de baldosas cerámicas con nuevas propiedades de interés, lo que permite nuevas aplicaciones, todo ello bajo el punto de vista de un menor impacto hacia el medioambiente.

Todo esto permite ampliar los campos de utilización de la cerámica tradicional a zonas donde se requieren unas condiciones específicas que dicha cerámica no podía aportar hasta ahora, como puede ser la conductividad, fosforescencia, generación de calor o poder bactericida, entre otros.

Agradecimientos

Los autores quieren expresar su agradecimiento a todo el personal del Servei Central d'Instrumentació Científica de la Universitat Jaume I de Castellón.

Referencias

- Esmaltes S.A. *Esmalte cerámico bactericida y sus aplicaciones*. P9702506. España (extendida a la Unión Europea) 1997. ESMALTES S.A.
- I. Núñez, I. Nebot-Díaz, J.J. Gómez *Nuevos materiales de uso como esmaltes cerámicos*, recogido en: *Esmal-*

tes y pigmentos cerámicos. Tomo 1. Enciclopedia cerámica. Editores científicos: P. Escribano, J.B. Carda, E. Cordoncillo, Ed. Faenza Editrice Ibérica, Castellón, 2001.

M. Marchal, P. Escribano, E. Cordoncillo, J.B. Carda *Long-Lasting Phosphorescent Pigments of the Type $\text{SrAl}_2\text{O}_4: \text{Eu}^{2+}, \text{R}^{3+}$ ($\text{R} = \text{Dy}, \text{Nd}$) Synthesized by Sol-Gel Method* J. Of Sol-Gel Science and Technology 26, pp.989-992. Netherlands, 2003.

Colorobbia España S.A. /Grupo de Investigación de Química Inorgánica de la Universitat Jaume I. (Miguel Angel Jovani, María Vallet Regi y J.B. Carda) *Pigmento fosforescente, procedimiento para su obtención y sus aplicaciones*. 200002703/2. España-Italia (extendida a la Unión Europea y Brasil). COLOROBIA ESPAÑA S.A., 2000.

M.L. Ruíz-González, J.M. González-Calbet, M. Vallet-Regi, E. Cordoncillo, P. Escribano, J. B. Carda y M. Marchal *Planar defects in a precursor for phosphor materials: $\text{SrAl}_2\text{O}_4: \text{B}_2\text{O}_3$* Journal of Materials Chemistry 12, pp.1128-1131 R.U., 2002.

Colorobbia España S.A. /Grupo de Investigación de Química Inorgánica de la Universitat Jaume I. (A. Nebot y J.B. Carda). *Desarrollo de un esmalte electroestático, para pavimentos y revestimientos cerámicos*.

AUTORES

I. Núñez

Licenciada en Química. Premio Joven Investigador Electrocerámica 2003. Actualmente forma parte del personal investigador del Grupo de Química del Estado Sólido del Departamento de Química Inorgánica y Orgánica de la Universitat Jaume I de Castellón

J.M. Pedra

Licenciado en Química. Actualmente forma parte del personal investigador del Grupo de Química del Estado Sólido del Departamento de Química Inorgánica y Orgánica de la Universitat Jaume I de Castellón

M. Peiró

Licenciada en Química. Actualmente forma parte del personal investigador del Grupo de Química del Estado Sólido del Departamento de Química Inorgánica y Orgánica de la Universitat Jaume I de Castellón

J.J. Gómez

Licenciado en Química. Técnico del Servei Central d'Instrumentació Científica de la Universitat Jaume I de Castellón. Actualmente forma parte del personal investigador del Grupo de Química del Estado Sólido del Departamento de Química Inorgánica y Orgánica de la Universitat Jaume I de Castellón.

L. Chiva

Licenciada en Química. Técnico superior del Servei Central d'Instrumentació Científica de la Universitat Jaume I de Castellón. Actualmente forma parte del personal investigador del Grupo de Química del Estado Sólido del Departamento de Química Inorgánica y Orgánica de la Universitat Jaume I de Castellón

J.B. Carda

carda@qio.uji.es
Doctor en Química y profesor titular de universidad desde 1994. Director del Servei Central de Instrumentación Científica de la Universitat Jaume I de Castellón desde su creación en 1999 hasta la actualidad. Fundador del Grupo de Química del Estado Sólido del Departamento de Química Inorgánica y Orgánica de la Universitat Jaume I de Castellón, donde actualmente realiza sus investigaciones.