

PROSPECTIVA Y DISEÑO DE NUEVOS PRODUCTOS BASADOS EN LA REUTILIZACIÓN Y RECICLAJE DE SUBPRODUCTOS CERÁMICOS

J. Mira , M. Bartolomé , J. Corrales , M. Llorens, J. Ramón

Instituto de Tecnología Cerámica (ITC). Asociación de Investigación de las Industrias Cerámicas (AICE). Universitat Jaume I. Castellón, España

RESUMEN

Se exponen los principales resultados, así como la metodología utilizada de un proyecto desarrollado durante 2010 cuyos principales objetivos eran:

- Desarrollar líneas estratégicas basadas en el estudio y análisis del stock cerámico, producto fuera de uso o cualquier desperdicio generado en el proceso productivo cerámico susceptible de ser reutilizado/reciclado dentro del entorno urbano, espacios interiores del hábitat, superficies industriales, etc.
- Obtener la máxima rentabilidad del proceso productivo, reutilizando y reciclando productos en desuso o sin valor.
- Abrir nuevas líneas encaminadas a la sostenibilidad.
- Disminuir el exceso de superficie necesaria para el acopio del stock cerámico.

Este proyecto aporta innovación a los productos cerámicos que por diferentes motivos hoy en día están obsoletos, dotándoles de valor añadido esencialmente mediante el diseño. El mismo proceso se ha realizado con los materiales de desecho que se generan en el proceso productivo de los materiales cerámicos. A todos estos productos se les ha dotado una nueva función arquitectónica o bien, manteniendo su funcionalidad inicial, se ha intervenido a través del diseño.

Como resultado se han obtenido cuatro líneas de producto con una aplicación industrial directa ya que utilizando material en desuso y aplicando principalmente procesos de diseño junto con técnicas de postprocesado pueden generarse productos con un notable incremento de valor. Estas líneas de producto son: celosías, nuevos usos del trasdós de las piezas cerámicas, mobiliario de exterior, y pavimentos filtrantes para espacios públicos.

1. INTRODUCCIÓN

La desaceleración de la economía mundial que comenzó a finales de 2007 y que todavía continúa ha provocado un descenso en el consumo de materiales cerámicos lo que a su vez ha incrementado de forma notable la cantidad de productos que han quedado fuera de mercado. El objetivo del proyecto expuesto en esta ponencia es incrementar el valor de este material cerámico que de otra forma debería ser vendido a un precio inferior a su coste de fabricación. Por otra parte, la necesaria responsabilidad en cuanto a procesos y productos medioambientalmente sostenibles nos conduce al diseño de nuevos sistemas constructivos utilizando materiales sobrantes en el proceso productivo cerámico. El proyecto fue desarrollado durante 2010 y sus objetivos principales fueron:

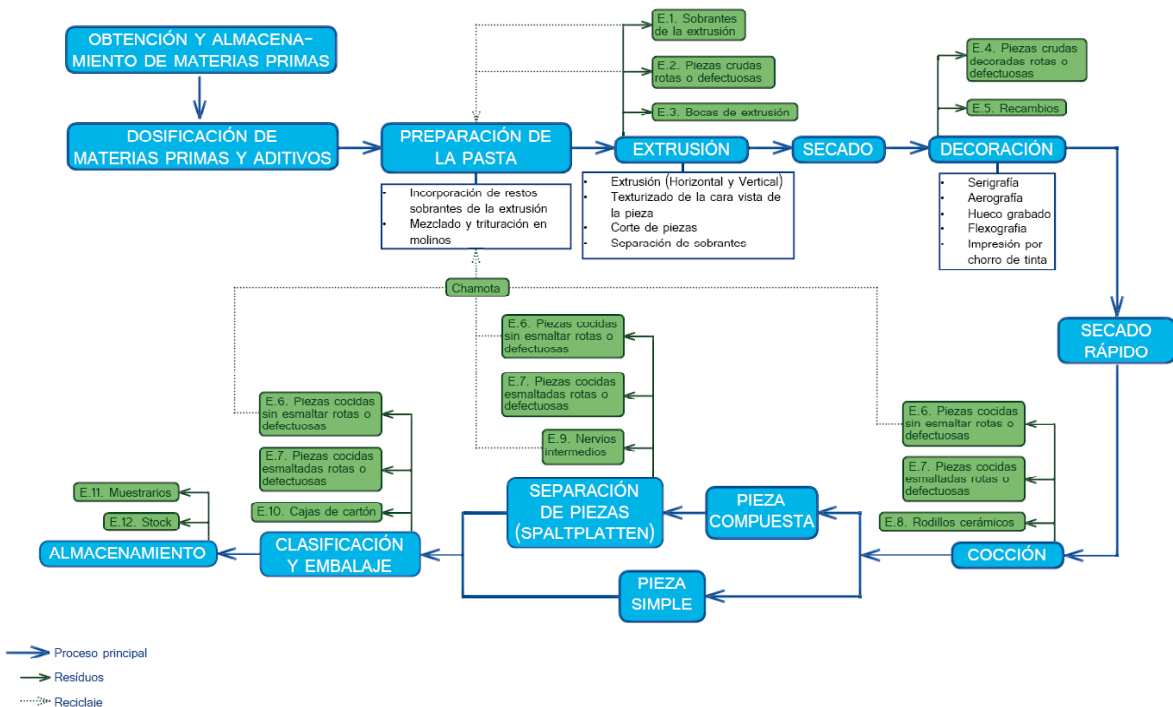
- Desarrollar líneas estratégicas basadas en el stock cerámico, producto fuera de uso o cualquier desperdicio generado en el proceso productivo cerámico susceptible de ser reutilizado/reciclado dentro del entorno urbano, espacios interiores del hábitat, superficies industriales, etc.
- Obtener la máxima rentabilidad del proceso productivo, reutilizando y reciclando productos en desuso o sin valor.
- Abrir nuevas líneas encaminadas a la sostenibilidad.
- Disminuir el exceso de superficie necesaria para el acopio del stock cerámico.

El proyecto se dividió en dos fases donde la primera de ellas analizaba principalmente qué tipo de materiales constituirían la materia prima de los nuevos productos y la segunda que consistió en el diseño y realización de los prototipos de estos productos. Estas fases estaban compuestas por las siguientes tareas:

Recopilación de procesos y soluciones existentes en otros sectores: Consistente en un estudio general sobre el estado y las líneas que actualmente se están empleando en otros sectores respecto a la reutilización y el reciclaje con el objeto de analizar las posibilidades de transferencia a nuestro sector. En esta tarea se evidenció la gran cantidad de iniciativas que en este sentido se estaban afianzando tanto en el ámbito privado como en el empresarial.

Identificación de “puntos negros” y materiales de desecho: Esta tarea consistió en la recopilación y el análisis de información relativa a procesos productivos necesarios en la producción cerámica con la finalidad de detectar “puntos negros” en los procesos actuales en los que se producen desechos físicos, abarcando desde la preparación de la materia prima hasta el embalaje y contemplando todos los procesos de post-procesado como el corte hidráulico, PVD, etc. La imagen muestra uno de los esquemas utilizados para representar el proceso de extrusión y los subproductos que se generan

EXTRUSIÓN (E)



Caracterización del material de desecho obtenido: En esta tarea se generó un catálogo de los materiales y sus características principales entre las que destacan el tipo de producto, morfología, propiedades mecánicas, volumen y periodicidad de producción, posibles post-procesados aplicables al material y su valor o coste actual.



Proceso de selección de ideas

Generación, valoración y selección de ideas. Donde se analizó la información obtenida en las tareas anteriores, y se realizaron distintas propuestas de acción para cada una de las diversas tipologías de materiales catalogados en la fase anterior. Así mismo, las ideas representadas en la matriz fueron valoradas y agrupadas para constituir las líneas estratégicas de producto.

Definición de las líneas de producto. Finalmente se definieron los diferentes productos y sistemas y se desarrollaron los prototipos y ensayos. Es esta la tarea que se expone a continuación con más detalle mostrando cuatro de las líneas de producto generadas: celosías, nuevos usos de las costillas, mobiliario y pavimentos exteriores.

2. CELOSÍAS

En esta línea se pretende desarrollar un sistema de celosías fijas aprovechando las piezas desechadas en el proceso de extrusión por Spaltplatten (nervios cerámicos) y piezas en stock, como elementos que se ensamblen de tal forma que permitan cumplir las funciones de una segunda piel, regulando la incidencia de luz solar y actuando como filtro visual entre espacios (tanto interiores como exteriores).

El primero de los sistemas plantea una celosía cerámica autoportante cuya composición se basa en el posicionamiento de los nervios por capas en dos direcciones creando bloques cerámicos con varios niveles de opacidad.



Módulo básico de la celosía. Primer sistema

Aunque en el prototipo se han utilizado los nervios de las piezas Spaltplatten que presentan sus caras abombadas, el producto industrial necesitaría nervios de caras paralelas para permitir un mejor contacto entre caras. Se han realizado pruebas de adhesión entre nervios cerámicos con el empleo de un adhesivo epoxi transparente, obteniendo como resultado una buena adhesión. Por otra parte, es de señalar el laborioso proceso necesario para configurar el bloque que puede ser subsanado mediante la utilización de brazos robotizados con el objeto de industrializar el proceso.

El segundo sistema consiste en la obtención de una pieza de celosía con volumen a partir de la unión de varias piezas planas mediante el empleo de piezas existentes en el stock cerámico. Para ello se someterá la pieza cerámica a un corte hidráulico para obtener la perforación deseada. Con ello se pretende conseguir un nuevo efecto sobre las piezas cerámicas descatalogadas, jugando así con los diferentes estratos a través de sus esmaltados, texturas, geometrías... Por otro lado al disponer de varios estratos de cerámica, se propone desplazar las piezas centrales, con la intención de obtener un sistema de unión machihembrado entre las piezas que configuran la celosía.



Celosía. Segundo sistema

Empleando 4 piezas unidas para cada pieza de celosía se obtiene un módulo constructivo estable y robusto. La unión machihembrada, que en el prototipo tiene 14 mm. de encaje, permite el solape entre piezas, pese a que seguirá siendo necesaria la utilización de algún tipo de adhesivo en la junta para tener una unión resistente.

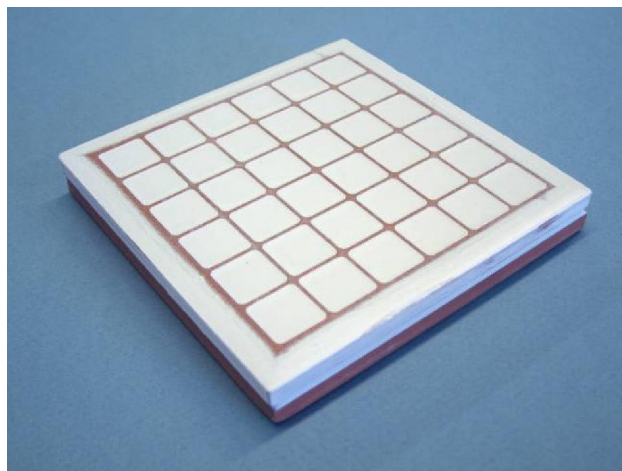
Para el empleo de este tipo de celosías en grandes paños, se deberá prever el empleo de unos nervios o perfiles metálicos que refuercen el conjunto y permitan el acople entre piezas.

El diseño de la pieza está pensado bajo criterios de sostenibilidad, intentando reducir al máximo el desperdicio de material cerámico. Es por ello que los huecos de la celosía deberían ser diseñados de tal forma que el material sobrante pudiera ser utilizado para otro uso.

3. NUEVOS USOS DE LA COSTILLA

Cuando la pieza cerámica se queda obsoleta se debe esencialmente a que la superficie vista ha quedado desfasada, ya sea porque estéticamente no responde a las tendencias del mercado. Para darles una segunda oportunidad se propone ponerlas "al revés", utilizando la cara vista para fijar las piezas al soporte y la cara con la costilla como elemento decorativo. En esta línea se han desarrollado dos familias de productos, una de ellas que enfatiza el dibujo del alto relieve y la segunda que elimina por completo la costilla para evidenciar la naturaleza cerámica del soporte.

En el primer caso, se trata de crear un efecto decorativo rellenando con esmalte los huecos creados por el bajorrelieve que produce la costilla en la pieza cerámica. En el acabado final de la pieza se aprecian los cuadros esmaltados y la costilla vista con su color natural.



Utilización de la costilla como elemento decorativo

La transformación de la pieza sigue un procedimiento ya establecido en la industria cerámica, por lo que el coste de fabricación se considera razonable.



Eliminación de la costilla. Acabado pulido

En el segundo caso, se propone pulir el dorso de la pieza hasta eliminar la costilla completa o parcialmente, y así obtener una superficie natural cerámica susceptible de ser utilizada como revestimiento. Otra posibilidad es la de realizar el pulido por la parte anterior de la pieza para eliminar el esmaltado de la pieza y dejar limpio el bizcocho. De ambas formas podemos conseguir una pieza dirigida a revestimiento con un acabado innovador que resalta las características naturales de la cerámica.

Según el formato de la pieza, el tipo de cerámica y el tipo de esmalte será más o menos costoso el realizar el pulido por la parte de la costilla o por la parte del esmalte por lo que se realizará uno u otro atendiendo a las condiciones económicas. La porosidad abierta de la pieza puede subsanarse mediante un tratamiento hidrófugo similar al que se utiliza con el barro cocido.

El color del acabado dependerá del color del bizcocho de la pieza cerámica tratada y en menor medida del proceso seguido y del impermeabilizante utilizado. Así mismo el acabado puede modularse para alcanzar un brillo especular o bien un acabado mate.

4. MOBILIARIO

En esta línea se busca desarrollar unos elementos de mobiliario urbano cerámico para exteriores con el empleo de material cerámico reciclado procedente de stock o material ya retirado del mercado. Este mobiliario puede ser capaz de asumir diferentes funciones, como por ejemplo asiento, papelera, macetero, bolardo, etc., según las dimensiones y la forma final que adopte.

Para ello se cuenta con el apoyo de los procesos de post-procesado, que permitirán modificar la geometría de las piezas, consiguiendo por lo tanto mayor versatilidad en el diseño de estos elementos.

El elemento de mobiliario queda definido por un volumen formado por una serie de estratos horizontales apilados y encajados en una estructura vertical. Los estratos se realizan con material cerámico procedente de stock o material ya retirado del mercado.

Cada uno de los estratos se realiza a partir de una o varias baldosas planas de cerámica cortadas siguiendo un patrón predeterminado según el volumen del elemento de mobiliario urbano y la posición final del estrato en el mismo. De esta manera las diferentes formas de cada uno de los estratos una vez apilados sobre la estructura soporte definen en su conjunto el volumen del elemento de mobiliario urbano cerámico.

Al mismo tiempo que se les da forma a los estratos se les realiza varios agujeros circulares separados una determinada distancia entre si, con la excepción del primer y último estrato que no disponen de agujeros y cierran el conjunto.

Los agujeros sirven para engarzar los estratos en una estructura formada por una base circular y un numero de tubos verticales igual al numero de agujeros realizados por estrato posicionados y separados entre si la misma distancia que los agujeros que se realizan en los estratos. Los tubos quedan soldados por un extremo a la base.



Aunque en los prototipos iniciales el canto de la pieza de remate superior se mecanizó para redondearlo posteriormente se decidió que no era necesario debido al acabado poco agresivo que producía el corte hidráulico.

5. PAVIMENTO EXTERIOR

En esta línea se pretende obtener un sistema de pavimentación basado en producto cerámico obsoleto. Las piezas elegidas han sido de gres rojo con formato 410x410mm procedente del stock cerámico existente. Estas piezas base se cortan mediante disco en cintas de diferentes anchos en función de la resistencia del pavimento que se pretenda alcanzar.



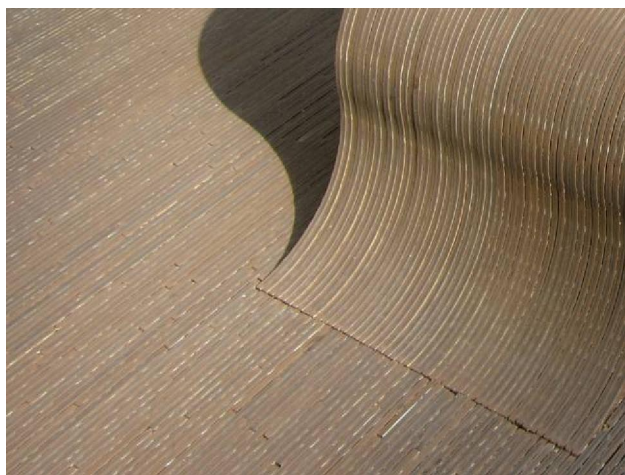
Módulo de pavimentación compuesto por varias cintas

Una vez cortadas las piezas cerámicas, se agrupan las cintas en grupos de 5 a 8 piezas, formando así unos bloques cerámicos, como el que aparece en la imagen, que nos proporcionan rapidez y sencillez en la colocación del pavimento, al reducir considerablemente el número de unidades a manipular.

Son varias las ventajas que un pavimento de este tipo aporta destacando las siguientes:

- Su instalación se realiza con los sistemas tradicionales utilizados en pavimentación exterior. En el prototipo las piezas fueron instaladas sobre lecho de arena de 2cm, pero podría haberse instalado igualmente sobre mortero semiseco.
- Debido a que las cintas no se rejuntan, el pavimento presenta propiedades drenantes y por lo tanto las pendientes pueden ser realizadas en las soleras manteniendo la superficie pisable perfectamente horizontal.
- Los conjuntos de cintas pueden servirse con diferente configuración en función del aspecto deseado del pavimento: prismas de diferente ancho, trabados, espiga, etc.

Pavimento exterior de canto. Resistencia mecánica



Detalle del pavimento de canto

Para conocer la resistencia mecánica de este tipo de pavimentos, en primer lugar se ha calculado la resistencia teórica suponiendo un módulo de rotura de 40N/mm² (valor habitual para un gres esmaltado) según la formula:

$$F = \frac{2bh^2R}{3L}$$

Donde:

F: carga de rotura (N)

R: módulo de rotura (N/mm²)

L: distancia entre apoyos (mm)

B: anchura de la baldosa (mm)

h: espesor mínimo de la baldosa (mm).

Obteniendo los resultados que se muestran en la tabla:

Canto de la cinta (mm)	Carga de rotura teórica por unidad de cinta (N)	Carga de rotura teórica para conjunto de 15 cintas (N)
30	600	9000
40	1000	15000
80	4000	60000

Posteriormente se realizaron ensayos de rotura según la norma UNE-EN ISO 10545-4, disponiendo una distancia entre apoyos L=390mm, utilizando unos rodillos de apoyo y aplicación de carga de 20mm de diámetro e interponiendo una lámina de caucho de 5mm debajo de cada rodillo para absorber las irregularidades de las cintas. Los valores obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Resultados ensayo						
Longitud pieza (mm)	Alto de cinta (mm)	nº piezas	Anchura (mm)	¿Desbastado?	Carga rotura experimental (N)	Carga rotura teórica (N)
410	30	15	135	no	2669	9000
410	40	15	135	no	5596	15000
410	40	15	135	si	8029	15000
410	80	15	135*	no	27576	60000

* Ancho extrapolado. Valor original con 5 piezas de 410 mm. Carga de rotura 9192 N

En casi todos los casos se ensayaron conjuntos de 15 piezas excepto en el caso de las cintas de 80mm donde el conjunto fue de 5 piezas. Por otra parte, con las cintas de 40mm también se ensayó la resistencia en el caso de desbastar la superficie de los cantos y por lo tanto tener una superficie de apoyo más homogénea.

Existe una clara disminución de los valores de los ensayos respecto a los valores teóricos y esto puede deberse a que las piezas han sido cortadas con disco y por lo tanto sus alturas presentan ligeras diferencias lo que provoca tensiones puntuales.

Por otra parte, y en relación al comportamiento que puede preverse de un pavimento de este tipo deberemos tener en cuenta que las condiciones de instalación son bastante más favorables que el propio ensayo:

- La carga de vehículos supuesta para valorar pavimentos de exterior es la de una rueda de un camión que es de caucho y sin ningún núcleo metálico como en el caso del ensayo.
- La superficie de apoyo de la rueda es muy superior al del rodillo de carga utilizado en el ensayo.
- En condiciones reales las piezas apoyan en todo su canto inferior sobre un lecho de arena deformable.

Se ha tomado como referencia la Guía del terrazo para prever qué resistencias alcanzaría un pavimento de este tipo. Esta guía supone que las resistencias obtenidas en los ensayos aumentarán debido a las condiciones de instalación y esta mejora oscila entre un 200% y un 300 % que corresponde a coeficientes de puesta en obra de entre 2 y 3 respectivamente.

Tomando un coeficiente de puesta en obra conservador con un valor de 2 obtendríamos los valores de rotura los siguientes:

Valores supuestos con un coeficiente de puesta=2					
Longitud pieza (mm)	Alto de cinta (mm)	nº piezas	Anchura (mm)	Carga rotura experimental (N)	Carga rotura supuesta (N)
410	30	15	135	2669	5339
410	40	15	135	5596	11191
410	80	15	135	25738	51475

6. CONCLUSIONES

- Se han propuesto nuevas estrategias para poner en valor diferentes productos y desperdicios de la industria cerámica a través de procesos de diseño correctos.
- Se ha diseñado y desarrollado diferentes productos y sistemas que permiten incrementar el valor de los materiales base de los que se parte.
- Se ha obtenido un pavimento a partir de materiales cerámicos de bajo valor cuya resistencia a la rotura es configurable variando el alto de las cintas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo agradecen al Instituto de la Pequeña y Mediana Industria Valenciana (IMPIVA) la financiación aportada para su realización, a través del programa de apoyo a la I+D en centros tecnológicos de la red IMPIVA. (IMIDIC/2010/73).

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ARCHITECTURE FOR HUMANITY. *Design like you give a damn: architectural responses to humanitarian crises*. New York: Architecture for Humanity, 2006.
- [2] BRONWELL, B. *Transmaterial: a catalog of materials that redefine our physical environment*, New York: Princeton Architectural Press, 2006.
- [3] BRONWELL, B. *Transmaterial 2: a catalog of materials that redefine our physical environment*, New York: Princeton Architectural Press, 2008.
- [4] FUAD-LUKE, A. *Manual de diseño ecológico: un catálogo completo de mobiliario y objetos para la casa y la oficina*. Palma de Mallorca: Editorial Cartago, 2002.

- [5] McDONOUGH, W.; BRAUNGART, M. *Cradle to cradle (de la cuna a la cuna)*: rediseñando la forma en que hacemos las cosas. Madrid: McGraw-Hill, 2005.
- [6] PALENCIA, J. et al. Guía de la baldosa del terrazo. Valencia: Instituto Valenciano de la edificación, 2010.