

03-021

### PRODUCTION OF CERAMIC TACTILE GRAPHICS FOR COLLECTIVE AND INCLUSIVE USE

Gual Ortí, Jaume<sup>(1)</sup>; Serrano Mira, Julio<sup>(1)</sup>; Bruscas Bellido, Gracia M.<sup>(1)</sup>; Abellán Nebot, Jose V<sup>(1)</sup>;  
Guaita Delgado, Luis<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Universitat Jaume I

The proposed work presents a new system for the production of tactile and inclusive graphics, adapted to people with visual impairment, based on the use of materials, techniques and knowledge typical from the ceramic industry. In addition, this innovative type of tactile graphics is analyzed to discuss its advantages and disadvantages compared to those currently applied for outdoor environment uses.

The work shows the particular problem of the use of tactile devices for visually impaired persons under outdoor environmental conditions and collective use, and the most significant requirements in these circumstances. This analytical study emphasizes the contrast between the traditional systems currently used to solve this problem, such as the use of casting or machining of metallic materials, and a new and recent alternative made of glazed ceramic material. Although the ceramic materials do not solve the problem completely, its incorporation into this segment of products and users can be an interesting alternative that deserves consideration by public space managers and social agents linked to groups to improve inclusion of people with disabilities

**Keywords:** *tactile graphic; glazed ceramic; visually impaired persons*

### OBTENCIÓN DE GRÁFICOS TANGIBLES CERÁMICOS PARA USO COLECTIVO E INCLUSIVO

En el trabajo propuesto se presenta un nuevo sistema de fabricación de gráficos tangibles inclusivos, orientados a personas con discapacidad visual, basado en el uso de materiales, técnicas y conocimientos propios de la industria cerámica. Además se analiza esta novedosa tipología de gráficos tangibles para discutir sus ventajas e inconvenientes respecto a las que se emplean en la actualidad para usos exteriores.

El trabajo expone la problemática particular del uso de dispositivos táctiles orientados a personas con discapacidad visual en condiciones propias de entornos exteriores y uso colectivo, y los requerimientos más significativos en estas condiciones. Este estudio analítico pone el énfasis en contrastar los sistemas tradicionales actualmente empleados para resolver esta problemática, como son el uso de fundición o de mecanizados de materiales metálicos, frente a una nueva y reciente alternativa como es la utilización de productos similares realizados en material cerámico. Si bien los materiales cerámicos no resuelven el problema en su totalidad, su incorporación a este segmento de productos y usuarios puede suponer una alternativa interesante que merece la consideración por parte de gestores del espacio público y agentes sociales vinculados a colectivos para la mejora de la inclusión de personas con discapacidad

**Palabras clave:** *gráfico tangible; cerámica esmaltada; discapacidad visual*

Correspondencia: Julio Serrano; jserrano@uji.es



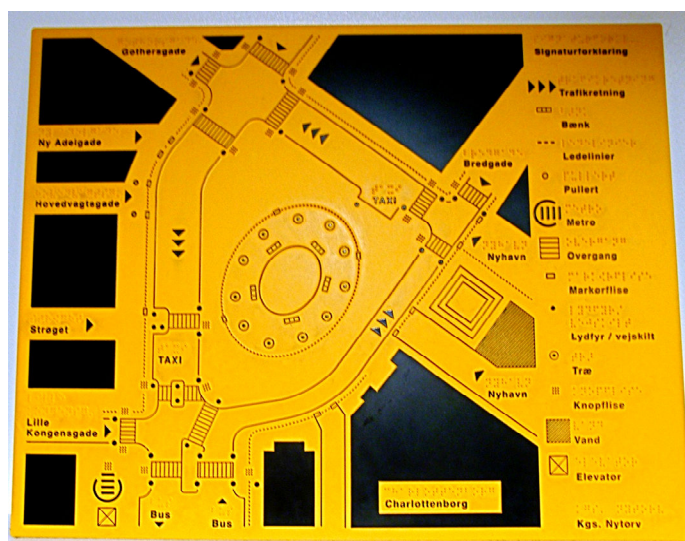
©2018 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## 1. Introducción

Los gráficos tangibles son productos dirigidos en gran medida al colectivo de personas con discapacidad visual. La principal característica de este tipo de dispositivos es que reproducen en relieve una imagen gráfica, de tal manera que pueden ser percibidos mediante el uso del tacto. El caso más común de gráficos tangibles es el del plano táctil de orientación urbana (portable o permanente), el cual expone en relieve diferentes hitos y elementos significativos, tales como por ejemplo: calles, plazas, edificios y código de lecto-escritura Braille (Figura 1.a), con la intención de ser explorados mediante el sentido del tacto (háptico) y así comunicar sus contenidos, que de otra manera no son perceptibles por el colectivo mencionado. Por otra parte, como norma habitual este tipo de gráficos tangibles suele incluir, además, grafismos y texto normal sin relieve para que pueda ser utilizado también por personas sin la citada discapacidad.

Por otro lado, la comunicación es uno de los principales vehículos de interacción social para cualquier ciudadano, ya que se trata de una actividad necesaria para desenvolverse en cualquier entorno, cobrando especial relevancia para determinados colectivos como el de las personas con discapacidad visual, donde juega un papel crucial para ayudar a superar las numerosas barreras a las que éstos deben enfrentarse en su vida cotidiana. Para realizar una comunicación efectiva con un dispositivo táctil se ha de resaltar la importancia de que estos gráficos vengan acompañados de contraste cromático ya que la mayoría de los usuarios con deficiencia visual poseen todavía restos visuales, pues estas personas representan aproximadamente un 80% de este colectivo según algunas estimaciones (INE, 2008). Si además estos gráficos tacto-visuales tienen la posibilidad de ofrecer audio-descripción de sus contenidos para acompañar su exploración háptico-visual, entonces el conjunto podrá considerarse inclusivo ya que su carácter multi-modal, en términos de percepción, facilitará su acceso a un mayor número de personas.

**Figura 1: Dos gráficos tangibles permanentes: a) plano táctil de orientación urbana realizado en láminas de polímero mecanizadas y recortadas; b) plano táctil de una de las plantas de la Casa Milà, conocida como La Pedrera (Gaudí), realizado mediante mecanizado de aluminio.**



a)



b)

Como ya se ha indicado anteriormente, un gráfico tangible, puede expresar cualquier fenómeno de naturaleza gráfica en relieve y, afortunadamente, empieza a ser común su uso

en espacios para la cultura, como museos o centros de interpretación (Figura 1.b), aunque sería deseable un mayor empleo, sobre todo en espacios de carácter colectivo o público.

En este sentido, el diseño y la producción de un gráfico tangible responden también a factores tales como la durabilidad esperada -tanto desde el punto de vista de horas de uso, como de su duración independientemente del uso- y su flexibilidad o rigidez, la cual facilitará su portabilidad y manejabilidad en el caso de ser necesario, o bien su carácter fijo y permanente en un espacio concreto en el que poder explorarlo. En este sentido, los gráficos tangibles se pueden dividir en dos grandes grupos basados en su portabilidad, la cual va vinculada por norma general a su durabilidad:

- Gráficos tangibles fijos o permanentes, que son aquellos que se encuentran en una ubicación fija, a los que en la mayoría de los casos se les exige una duración y usos elevados. Por regla general son rígidos y se encuentran apoyados sobre un soporte o una peana, y su coste suele ser bastante elevado. Estos productos pueden ser empleados tanto en exteriores como en interiores, en función de las necesidades, si bien las exigencias de resistencia y algunas funcionales difieren bastante según sea uso interior o exterior.
- Gráficos tangibles portables, que son aquellos destinados a ser portados por la persona que lo utiliza, siendo casi siempre su uso singular y, por tanto, de duración reducida. En estos casos, su tamaño es más pequeño y debe ser ligero y flexible pues el usuario lo apoya contra su tronco para su interpretación háptica al no estar sobre una plataforma fija. Además, dado su reducida vida, su coste ha de ser muy reducido.

En la presente comunicación se presenta un novedoso sistema de fabricación de gráficos tangibles fijos o permanentes basados en el uso de materiales cerámicos esmaltados. El trabajo se inicia con una revisión de las diferentes técnicas de fabricación de gráficos tangibles, tanto fijos como portables. Se continúa con la enumeración y comentario de los requisitos exigidos a un plano tangible para uso colectivo, tras lo cual se presenta el trabajo desarrollado para la obtención de los gráficos tangibles de material cerámico con el nuevo proceso, realizándose posteriormente una comparativa con las técnicas existentes y mostrando un ejemplo de aplicación.

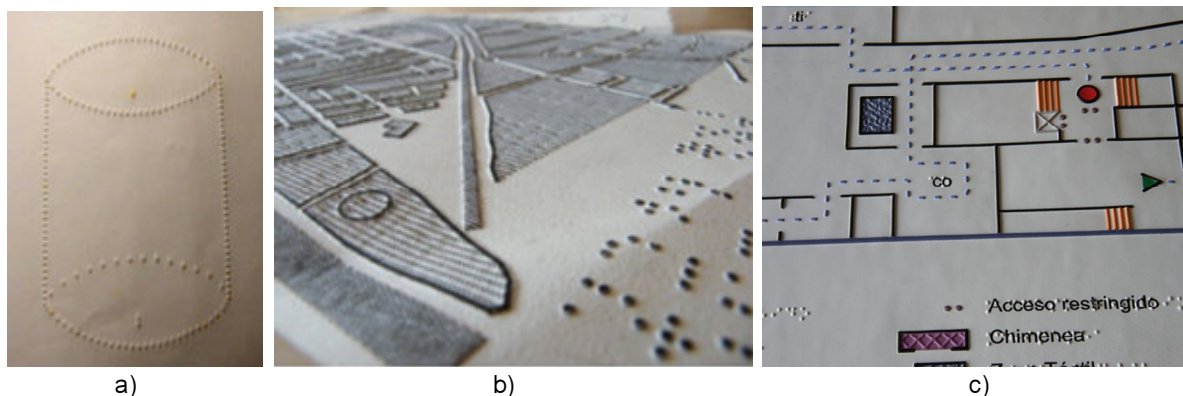
## **2. Procesos de Fabricación de Gráficos Tangibles**

Existen numerosos métodos de fabricación mediante los cuales se puede producir un gráfico tangible. Polly Edman (1992) cita más de una docena de maneras diferentes de confeccionar un gráfico en relieve. En este sentido, para piezas únicas o series muy cortas, es posible producir un gráfico de forma artesanal, por ejemplo, con la técnica del “collage”, ya sea para gráficos tangibles permanentes o para portables.

Para el caso de los gráficos tangibles portables, que en general van vinculados con la necesidad de fabricar series cortas o medias, se suelen emplear sistemas que permiten realizar gráficos en relieve, siendo los más extendidos los denominados “embossed” (obtenidos por estampado de papel), los de microencapsulado (tipo de papel con microcápsulas embebidas que al contactar con la tinta y posteriormente aplicarles calor se hinchan adquiriendo relieve y un color negro), y los obtenidos mediante termoconformado de finas láminas de termoplástico (Figura 2). En el caso de los dos primeros, el material de soporte está conformado con pasta de papel, y en ambos casos presentan dificultades para obtener relieves apreciables, además de que presentan limitaciones en su utilización y una rápida degradación por el uso. De las tres opciones, los dos últimos procesos mencionados son los que parecen haberse consolidado entre los profesionales para usos en los que requiera cierta portabilidad (Rowell y Ungar, 2004).

Los obtenidos mediante termoconformado de láminas de termoplástico presentan notables ventajas frente a los de base papel, tales como la posibilidad de obtener mayores alturas y contrastes de relieves, una bastante menor degradación con el uso y su inalterabilidad por la humedad y el agua. Sin embargo, su coste es mayor debido a la necesidad de fabricar un molde para su posterior termoconformado, aunque la posibilidad de obtener estos moldes mediante la aplicación de las cada vez más extendidas técnicas de fabricación aditiva de bajo coste (popularmente denominadas “impresión en 3D”) es viable y permite reducir considerablemente el coste, tal como se muestra en el trabajo de Serrano *et al.* (2017).

**Figura 2: Gráficos tangibles portables más extendidos obtenidos por diferentes procesos:**  
a) “embossed”, b) microencapsulado; c) termoconformado de láminas.



Como se ha indicado, las tres técnicas anteriormente mencionadas permiten obtener gráficos en relieve de carácter portable, realizados mediante materiales flexibles cuya base es papel o finas láminas de plástico. Sin embargo, en otras ocasiones lo que se busca es obtener un gráfico tangible con carácter permanente, lo que implica que su uso irá orientado a lugares en los que quedarán fijos y que el usuario no los va a transportar.

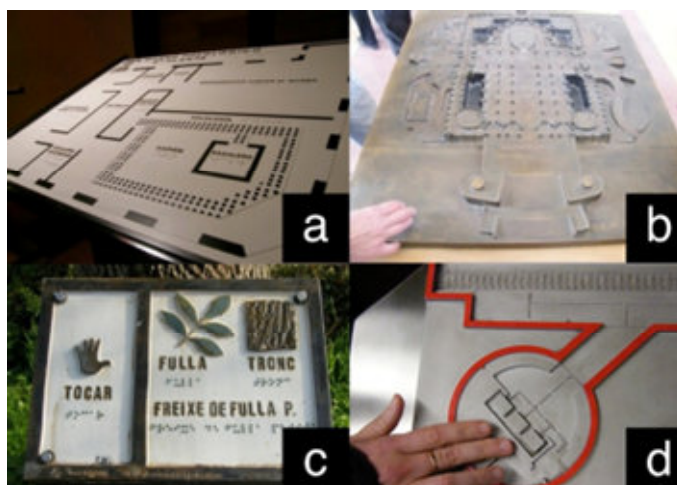
Para la obtención de gráficos permanentes y, por tanto rígidos, se utilizan diversas técnicas basadas en el conformado por moldeo o por mecanizado, en función de los materiales utilizados. Los materiales más habitualmente utilizados para confeccionarlos son algunos metales (principalmente fundición de hierro, bronce, aluminio y escasamente el acero inoxidable), polímeros (tanto termoplásticos como termoestables), y en raras ocasiones cerámicos. Así, los procesos de fabricación y materiales utilizados en cada caso son los siguientes, mostrándose en la Figura 3 ejemplos de realización de algunas de las técnicas.

- Moldeo por fundición (colada por gravedad de metales), empleándose para el caso del bronce (el que más), hierro y acero inoxidable.
- Mecanizado, mayoritariamente para el caso del aluminio y los polímeros termoplásticos, algo para el acero inoxidable.
- Recorte de láminas y relieves y posterior montaje, aplicado a láminas de polímeros.
- Moldeo por colada de polímeros, aplicado al caso de polímeros termoestables.
- Moldeo artesanal de cerámica, con los relieves labrados en la cerámica de forma manual. Muy poco utilizado por la baja precisión.

El coste de los planos tangibles permanentes obtenidos por cualquiera de las técnicas citadas es bastante elevado en general, si bien los más costosos con diferencia son los obtenidos por fundición de metales. Con ello, se puede afirmar, a modo de resumen, que los factores o requerimientos que concretarán la selección de un sistema u otro de fabricación

vendrán condicionados principalmente por el propósito del plano, la ubicación del plano, la duración deseada y los recursos disponibles (tanto técnicos como económicos).

**Figura 3: Ejemplos de gráficos tangibles permanentes obtenidos por diferentes técnicas.**



- a) Montaje de láminas poliméricas recortadas, plano situado en el *Museo Tifológico de la ONCE en Madrid*.
- b) Fundición de bronce, plano situado en la *Basílica de la Sagrada Familia en Barcelona*.
- c) Cerámica artesanal, plano situado en la *desembocadura del Riu Gaia en Tarragona*.
- d) Mecanizado de aluminio, plano situado en una *estación de metro de Barcelona*.

### 3. Requerimientos de los Gráficos Tangibles para Uso Colectivo Exterior

Cualquier gráfico tangible presenta un conjunto de requerimientos de diseño relacionados con la información a mostrar y la forma de mostrarla, para lo cual se han de tener en cuenta las normativas y recomendaciones de diseño apropiadas.

En el caso de que además estén destinados a un uso colectivo exterior, se han de añadir dos grupos adicionales de requerimientos: los relacionados con un superior nivel de uso, y los relacionados con unas condiciones ambientales mucho más severas que en el caso de interiores. Por un lado, las inclemencias del tiempo (condiciones climatológicas) afectan el diseño del producto en mayor medida que en usos interiores, por otro, el uso colectivo de un objeto en exterior suele exponerlo a una mayor posibilidad de degradación. A continuación se nombran algunos factores determinantes a tener en cuenta por diseñadores de producto.

En primer lugar, la luz solar directa, en particular la radiación ultravioleta, a la que se exponen los objetos de uso en exteriores acelera la degradación de la pigmentación de la mayoría de los materiales susceptibles de emplearse para la fabricación de un gráfico tangible, siendo los materiales poliméricos los más afectados por este fenómeno.

En segundo lugar, los contrastes térmicos y la propia temperatura que se da en exterior afectan principalmente a la dilatación del material y deben tenerse en cuenta en el diseño de cualquier producto que va a situarse en exteriores, sobre todo en lugares cuya variabilidad de temperatura entre las estaciones de verano e invierno, o día y noche, son significativas. Además, en el caso de temperaturas muy frías así como de exposición directa al sol, la capacidad calorífica de los materiales y su conductividad térmica es particularmente importante en el caso de los gráficos tangibles, pues el hecho de que se recalienten o de que estén excesivamente fríos afecta de forma importante a la exploración háptica. Eso es particularmente importante en el caso de materiales metálicos, en menor medida en los cerámicos, siendo los más favorables los poliméricos.

Otro de los factores a tener en cuenta es el de la humedad ambiental y el contacto directo con el agua y agentes acidificantes, hecho que afecta principalmente a la degradación de los materiales metálicos en términos de oxidación-corrosión. Así, algunos materiales como el acero inoxidable, el bronce y otras aleaciones de cobre (como los latones), o las aleaciones de aluminio tienen un buen comportamiento ante la humedad y el contacto con el agua; sin

embargo, otras aleaciones metálicas precisan un recubrimiento superficial para contrarrestar el efecto corrosivo del ambiente húmedo y/o la lluvia, para lo cual se emplean los galvanizados, niquelados y también pinturas poliméricas termoestables entre otros acabados superficiales. Además, cuando se selecciona más de un metal diferente en un mismo producto se debe atender al denominado “par galvánico” entre ellos, con el fin de minimizar la corrosión que se produce entre ciertos metales cuando estos se encuentran en contacto. A esto hay que añadir que en el diseño de un objeto para exteriores se debe evitar la acumulación de agua y la inundación de sus diferentes partes, previendo el drenaje del agua para evitar almacenamientos puntuales indeseados que puedan acelerar el proceso de oxidación metálica, además de generar acumulaciones de suciedad.

Por último, la suciedad y las partículas de polvo pueden entorpecer el uso en términos de visibilidad y de exploración háptica y, por otro lado, acelerar el proceso de erosión de los materiales empleados. De esta manera, diseñar un conjunto fácil de limpiar y mantener (atendiendo a la posibilidad de uso de agentes químicos para la limpieza) ayudará a alargar la vida útil del conjunto para uso colectivo en espacios exteriores.

Todos estos aspectos afectan de igual modo al diseño de la peana o soporte del propio gráfico tangible. Por ello, el conjunto formado por el soporte, el dispositivo táctil y su anclaje debe diseñarse atendiendo a los criterios anteriormente citados. Además, las cargas del viento en determinados enclaves geográficos deben considerarse para el dimensionado estructural y de elasticidad de todo el conjunto y para evitar la erosión provocada por éste, en particular en zonas pulverulentas. A todo ello se ha de añadir el hecho de que al tratarse de una instalación colectiva exterior, se han de tener presente todos los aspectos relativos a minimizar los efectos de actos vandálicos, tal como se hace en el caso del mobiliario urbano.

Como ejemplo ilustrativo de la importancia de realizar apropiadamente el diseño y la selección del material y del proceso de fabricación adaptándolos a los requerimientos de su uso colectivo exterior, en la Figura 4 se muestra un plano táctil realizado mediante moldeo de resinas (polímeros termoestables) con cargas de color y polvo de mármol situado en un contexto cerca del mar. Este plano policromado fue repintado al perder el contraste cromático del material original debido a las radiaciones ultravioletas. Se puede apreciar como las acciones del uso exterior y colectivo lo han degradado, principalmente hay elementos rotos que no han resistido la acción del uso extremo y además la suciedad se almacena en determinados puntos de éste.

**Figura 4: Plano táctil realizado con resinas con cargas de color y polvo de mármol situado en un contexto cerca del mar, apreciándose la degradación y suciedad acumulada.**



#### **4. Gráficos tangibles cerámicos para uso colectivo exterior “Kersigns”**

Los gráficos tangibles Kersigns son baldosas cerámicas planas en la que los relieves para exploración háptica los conforman el propio esmalte que recubre la pasta cerámica, a diferencia de los gráficos tangibles cerámicos tradicionales en los que los relieves se obtienen conformándolos en la pasta cerámica y esmaltando uniformemente después. Se trata, por tanto, de un novedoso tipo de gráficos tangibles permanentes, con unas ventajas notables frente a los otros tipos expuestos anteriormente, y que es utilizable tanto en ambientes interiores como exteriores.

Este tipo de gráficos tangibles son el resultado del proyecto de colaboración, financiado por la empresa Keraben Grupo S.A., denominado “Kersigns: Baldosas cerámicas con gráficos y relieves tangibles adaptados a personas con discapacidad visual”. En este proyecto colaboran la propia empresa, los grupos de investigación de “Ingeniería de Fabricación” y el de “Arquitectura, Diseño y Patrimonio” del Departamento de Ingeniería de Sistemas Industriales y Diseño de la Universitat Jaume I (UJI), así como el “Instituto Universitario de Tecnología Cerámica Agustín Escardino” (ITC-UJI) también de la UJI en Castellón. El origen del proyecto surge como resultado de estudios previos que ponían de manifiesto que los productos táctiles que comúnmente se emplean en la actualidad para usos exteriores y colectivos pueden mejorarse en algunos aspectos significativos de los que se han descrito en los apartados anteriores.

En el presente apartado se exponen los retos planteados para obtener este nuevo producto, describiéndose asimismo el proceso de fabricación de forma breve, y posteriormente se muestran unos ejemplos de los resultados finales obtenidos y una comparativa con las restantes técnicas de fabricación de gráficos tangibles permanentes.

##### **4.1 Objetivos planteados para los nuevos gráficos tangibles cerámicos**

Las baldosas cerámicas obtenidas por prensado en seco, y en particular las de gres porcelánico, presentan un conjunto de propiedades que las hacen muy interesantes para el uso objeto del presente trabajo. Entre estas propiedades caben destacar unas elevadas prestaciones para su uso en exteriores (dureza, resistencia al desgaste, resistencia a los ataques químicos, resistencia a la humedad, resistencias a ser manchadas, resistencia de los pigmentos a la radiación ultravioleta, etc.), un tacto suave y agradable, y una elevada facilidad de limpieza, a lo que se ha de añadir una elevada riqueza y calidad cromática alcanzable.

En la producción en serie de baldosas cerámicas, los relieves son muy pequeños y se pueden obtener directamente durante el prensado de la pasta cerámica (lo que requiere de un molde específico). Cuando estos relieves son muy sutiles se pueden obtener por recricado del esmalte, aunque esto supone un coste mayor debido al material. Por ello, y dado que la producción de este tipo de piezas es de serie única o unas cuantas piezas y se buscaba un coste contenido, el proceso de fabricación seleccionado fue la de depositar el esmalte que conformaba los relieves y los colores sobre una baldosa ya cocida y esmaltada (procedente de producción) y someterla a una segunda cocción a menor temperatura con el fin de consolidar el esmalte, utilizando para la deposición del relieve alguna técnica similar a las de fabricación aditiva.

La principal dificultad que había superar era la de obtener una reproducción adecuada de imágenes gráficas en relieve con materiales cerámicos, en términos de uso y discriminación tacto visual de los elementos compositivos que componen un gráfico tangible, estos son: elementos puntuales, lineales y texturas (áreas); tipografía en macrotipos; y código Braille de lecto-escritura. Para la definición de los tipos de grafismos en relieve a reproducir y de sus características dimensionales, se han tomado como referencia la popular guía de Polly Edman (1992), documentación de la Comisión Braille Española (2012) y de The Braille

Authority of North America and Canadian Braille Authority (2011), cumplimentado con la experiencia de los autores con usuarios con discapacidad visual en trabajos previos (Gual, 2013).

Para la consecución de los resultados, los principales objetivos que se marcaron fueron los siguientes:

- Diversos rangos de altura de relieve.
- Definición (resolución) y nitidez adecuada de la imagen gráfica y del relieve.
- Adherencia adecuada entre sustrato y los elementos en relieve.
- Estabilidad dimensional y geométrica suficiente para garantizar su repetitividad y reproducibilidad, así como una precisión suficiente.
- Resistencia al desgaste del relieve suficiente para un uso continuado y agresivo.
- Acabado superficial adecuado al tacto en términos de rugosidad y regularidad.
- Riqueza cromática.
- Resistencia ambiental y al uso extremo de espacios exteriores colectivos.
- Precio contenido, y sustancialmente menor que el de otras soluciones de resistencia semejante.

En cuanto a los problemas exclusivamente tecnológicos a resolver, el principal fue el de conseguir la composición más apropiada del esmalte a utilizar, así como la dosificación y forma de deposición para cada una de las tipologías, y la definición de las condiciones de cocción. Los esmaltes cerámicos son suspensiones concentradas con un contenido en sólidos entorno al 70% en peso, estando este compuesto sólido mayoritariamente (80-95%) formado por un material vítreo (feldespatos, cuarzo, carbonatos, etc.) denominado tecnológicamente frita, y pequeñas adiciones de materiales arcillosos (generalmente caolines y arcillas blancas o bentonitas) y otros aditivos además de los pigmentos minerales (óxidos minerales principalmente). Estos esmaltes se depositan sobre la superficie de la baldosa en estado líquido, y vitrifican posteriormente durante el proceso de cocción. Sin embargo, los esmaltes presentan una reología bastante compleja y muy sensible a la composición y aditivos (Andreola, Pozzi, & Romagnoli, 1999), y que además varía durante el proceso desde la deposición hasta que comienza la vitrificación, lo cual supone un problema importante cuando se deposita una cantidad relevante para conformar un relieve sobre la baldosa ya que ha de mantener la forma. Para más información sobre los esmaltes, su composición y su reología, se puede consultar el trabajo de Vielhaber (2002).

#### **4.2 Análisis del producto desarrollado**

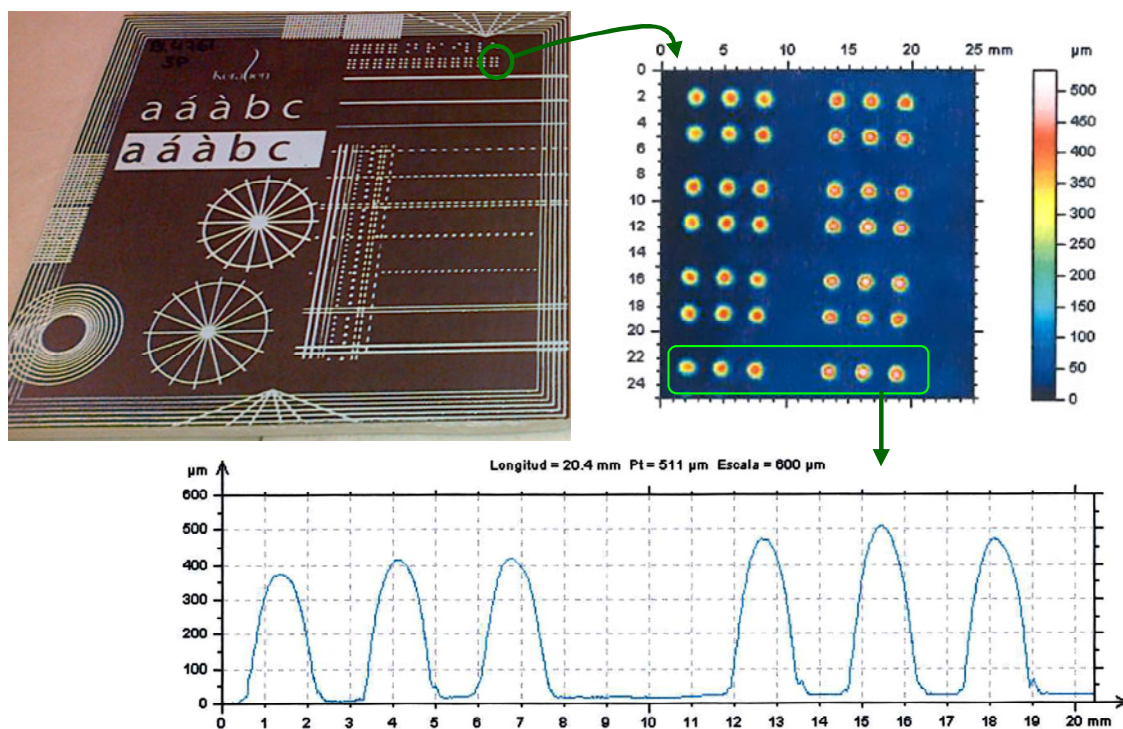
La solución obtenida ha respondido a los objetivos concretos planteados en el proyecto a excepción de la limitación para ejecutar relieves de diferentes alturas dado que la altura máxima conseguida actualmente es del orden de los 0,5 mm, coincidente con el valor recomendado para los grafismos y código de lecto-escritura, pero que no permite introducir otros elementos de mayor contraste en altura. La adherencia de la capa de relieve al sustrato ha sido adecuada. La reproducción cromática y su homogeneidad han sido también muy buenas, presenta una buena resistencia al desgaste, un acabado superficial agradable al tacto y un buen comportamiento a los requerimientos de uso exterior.

En lo referente a su calidad geométrica, los resultados han sido muy satisfactorios, pues se ha conseguido obtener una definición de la imagen gráfica y muy buena repetitividad y reproducibilidad. En la Figura 5 se muestra una de las pruebas realizadas en el proyecto Kersigns tratando de cubrir una gran variedad de situaciones gráfico-táctiles, por ejemplo,



diferentes trazos de líneas (continuas, discontinuas, dobles, diferentes espesores de línea, repetitividad de celdas Braille, etc.). En general se aprecia una buena reproducción gráfica. Además, en la misma Figura 5 se han incluido los resultados obtenidos de la medición de la topografía de la pieza en el caso de la característica más crítica, los puntos del código Braille, observándose que la calidad y regularidad en forma y en altura es muy buena.

**Figura 5: Imagen de una de las pruebas realizadas en el proyecto, en donde aprecian los diferentes grafismos probados, así como los resultados de las mediciones de la topografía y altura de los perfiles para la reproducción de los puntos de código Braille.**



En este sentido, y analizando el producto obtenido centrandose su uso en exteriores, se obtuvo que el mencionado sistema de fabricación mejora las alternativas existentes, basadas en elementos de materiales poliméricos, de fundición o inyección metálica, aportando las características intrínsecas de la cerámica. Estas características engloban unas posibilidades más amplias de acabado y decoración de la pieza tacto-visual, pero también unas óptimas prestaciones para su uso colectivo exterior, donde destacan la durabilidad de la policromía (resistencia a la radiación ultravioleta), elevada resistencia al desgaste por abrasión (repetida palpación), elevada resistencia a los procesos de limpieza (acción mecánica y química) y a duras condiciones ambientales y climatológicas. Además su proceso de limpieza es tremendamente sencillo ya que la suciedad no se adhiere ni se incrusta, y es ésta la única operación de mantenimiento requerida a lo largo de su vida útil.

En la Tabla 1 se muestran los principales factores analizados, los cuales se han contrastado con los principales sistemas de fabricación más comunes en exteriores, incluyendo el cerámico desarrollado en este proyecto. Se observa que, exceptuando la consecución de diferentes rangos de altura en el relieve, los gráficos tangibles cerámicos Kersigns presentan una buena respuesta a los requerimientos de uso colectivo exterior estudiados. De lo mostrado se advierte que los materiales poliméricos no son adecuados para emplearse en condiciones de exterior y uso colectivo, ya que únicamente presentan la posibilidad de reproducir diferentes rangos de altura, el resto de requerimientos cromáticos, mecánicos, químicos y de resistencia a las condiciones climatológicas de exterior son pobres.

**Tabla 1. Grado de consecución de los principales requisitos para uso colectivo exterior de los diferentes procesos de fabricación de gráficos tangibles permanentes, incluyendo Kersigns.**

	Resistencia mecánica y al desgaste	Policromía resistente <sup>(1)</sup>	Obtención de diversos rangos de relieve	Resistencia a condiciones climatológicas	Resistencia a agentes químicos <sup>(2)</sup>
Fundición de bronce	++	--	++	+	-
Mecanizado de aluminio	+	--	++	+	--
Materiales poliméricos	--	--	++	-	+
Cerámica Kersigns	++	++	--	++	++

(1) En el caso de materiales metálicos se puede obtener policromía mediante pinturas poliméricas termoestables, pero estas son sensibles a la radiación UV a medio plazo.

(2) El aluminio mecanizado es muy sensible a los ácidos a no ser que se aplique un revestimiento de protección.

#### 4.3 Validación de los resultados y explotación del producto.

Además de las pruebas de resistencia al uso exterior, se ha llevado a cabo la validación táctil de las piezas obtenidas, la cual se ha llevado a cabo con usuarios invidentes congénitos familiarizados con este tipo de productos, obteniéndose unos resultados satisfactorios empleando metodologías cualitativas de investigación (basadas en las técnicas de entrevistas en profundidad y en los tests de usabilidad).

Los buenos resultados conseguidos con el producto desarrollado y su potencial de utilización han motivado que la solución obtenida del proyecto haya sido registrada como modelo de utilidad en la Oficina Española de Patentes y Marcas bajo el título “Baldosa cerámica con relieve” (ES 1 153 709 U).

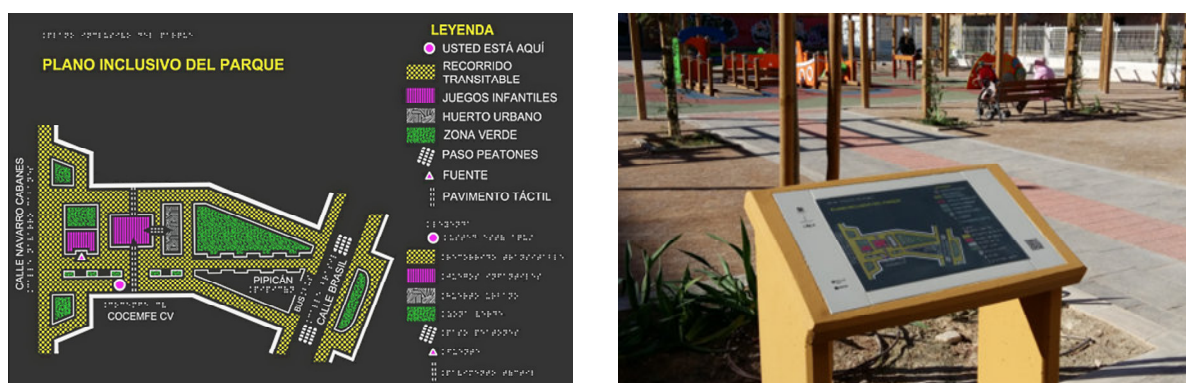
Además se han realizado acciones de divulgación de los resultados, entre las que cabe destacar que una réplica del gráfico tangible diseñado para la primera aplicación práctica fuera seleccionado y expuesto para la muestra internacional del RIBA (*Royal Institute of British Architects*) de Liverpool, en 2017 (Figura 6).

**Figura 6. Visitantes de la muestra del RIBA experimentando el relieve de una pieza Kersigns.**  
 Fuente: RIBA North - Ceramic Exhibition - Symposium Event Rob Battersby 2017



Como primera aplicación práctica de uso se ha ejecutado una pieza para colocarse en un contexto de uso exterior y colectivo en un espacio público exterior. Esta aplicación se ha implementado, por encargo de la ONG “Confederación de Personas con Discapacidad Física y Orgánica de la Comunidad Valenciana” (COCEMFE-CV). Se trata de un plano táctil de orientación para un pequeño parque que muestra de manera gráfico-táctil y auditiva (mediante vídeo audio-descriptivo con subtítulos para personas con deficiencia auditiva) los elementos más importantes de una plaza pública accesible recientemente construida. Este parque está situado entre las calles Brasil y Poeta Navarro-Cabanes, en el barrio de Nou Molés de Valencia (España). En la Figura 7 se muestra el plano táctil elaborado para esta aplicación, habiéndose diseñado para tal efecto una peana accesible y resistente realizada en hormigón armado coloreado. Este parque, inaugurado a mediados del año 2016, ya fue concebido inicialmente teniendo en cuenta los materiales, desarrollos y soluciones necesarios para adaptarse a personas con diversidad funcional, incorporando juegos adaptados, pavimentos seguros y táctiles, juegos sensoriales, y zonas accesibles, incorporándose posteriormente el plano táctil de dicho parque.

**Figura 7. Primera aplicación del producto Kersings instalada en un parque de Valencia, observándose el plano desarrollado y su montaje sobre una peana de hormigón armado.**



## 5. Conclusiones

En el presente trabajo se ha realizado una primera revisión de las técnicas actualmente utilizadas para confeccionar planos tangibles para uso colectivo exterior. Posteriormente se han presentado los trabajos y resultados obtenidos correspondientes a un nuevo tipo de estos gráficos empleando material cerámico con relieves obtenidos en esmalte (la baldosa “Kersings”). Con este desarrollo se ha conseguido un gráfico tangible adecuado, habiéndose validado experimentalmente, en términos de uso y distinción táctil y visual, los elementos compositivos de un gráfico tangible. Los elementos compositivos incluyen símbolos y contraste cromático, e integran los diferentes elementos conceptuales (morfológicos) utilizados en este tipo de aplicaciones tales como elementos puntuales, lineales, áreas y texturas, así como tipografía en macrotipos y el código Braille de lecto-escritura acorde a las especificaciones de la norma “UNE 170002:2009 - Requisitos de accesibilidad para la rotulación”.

Las cualidades para uso colectivo exterior de este tipo de gráficos tangibles son superiores a las de las diferentes técnicas y materiales de construcción habitualmente utilizadas, tal y como se ha justificado en diferentes puntos del trabajo, y está exenta de operaciones de mantenimiento, a excepción de las rutinarias tareas de limpieza, que son muy simples.

Por ello, esta solución se presenta como idónea para su uso en exteriores e interiores, y da adecuada respuesta a la necesidad de representar la información bajo una “filosofía inclusiva”; es decir, que sea útil para aquellas personas con diferentes grados de limitación

visual y para los que carecen de ella, pero también para el resto de usuarios con un sentido de la visión sanos debido a su buen aspecto, riqueza cromática y la alta definición gráfica.

De estas observaciones se puede concluir que el resultado obtenido es satisfactorio y perfectamente usable en exteriores para uso colectivo, hecho que ampliaría la oferta existente de gráficos tangible para este propósito. A esto se ha de añadir que su coste de producción es más reducido que las restantes técnicas actualmente utilizadas.

Sin embargo, se ha de continuar trabajando en el desarrollo de este producto para conseguir aumentar la altura máxima conseguible mediante la técnica utilizada, lo que permitirá mejorar la reproducción de diferentes rangos de relieve para así mostrar piezas con un mejor contraste de alturas.

## Referencias

- Andreola, F., Pozzi, P., & Romagnoli, M. (1999). *Reología de suspensiones de esmaltes cerámicos para monococción: estudio de la influencia de los aditivos utilizados*. Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, 38(3), 209-213.
- Comisión Braille Española (2012). *Documento técnico R 1: Requisitos técnicos para la confección de planos accesibles a personas con discapacidad visual*. Organización Nacional de Ciegos Españoles, Madrid.
- Edman, P. (1992). *Tactile graphics*. American Foundation for the Blind, New York (USA).
- Gual, J. (2013). *Incorporación de símbolos tridimensionales en planos táctiles para la mejora de su usabilidad*. Tesis doctoral no publicada. Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.
- INE (2008). *Encuesta de discapacidad, autonomía personal y situaciones de dependencia (EDAD2008)*, Instituto Nacional de Estadística, Madrid.
- Rowell, J. and Ungar, S. (2004). *El mundo del tacto: Estudio internacional sobre mapas en relieve. Parte 1: Producción. Entre Dos Mundos*. Revista de Traducción sobre Discapacidad Visual, 3, 5-14.
- Serrano-Mira, J., Gual-Ortí, J., Bruscas-Bellido, G., & Abellán-Nebot, J. V. (2017). *Use of additive manufacturing to obtain moulds to thermoform tactile graphics for people with visual impairment*. Procedia Manufacturing, 13, 810-817.  
doi: 10.1016/j.promfg.2017.09.113
- The Braille Authority of North America and Canadian Braille Authority. (2011). *Guidelines and standards for tactile graphics, 2010*. The Braille Authority of North America, Baltimore (USA).
- Vielhaber, L. (2002). *Tecnología de los esmaltes*. Barcelona: Editorial Reverté.