

Aprendiendo de la roca natural: pavimentos urbanos sostenibles

Francesc Aragall¹

Resumo

Os atuais pavimentos urbanos para uso de pedestres são fonte de inúmeros problemas de segurança, higiene, acessibilidade, manutenção, ecológicos e econômicos. A partir de uma análise sistemática desses problemas, a equipe de design do projeto, coordenado pelo autor, analisou diferentes tipos de materiais e várias técnicas de fabricação para buscar obter um tipo de pavimento e um projeto elaborado para as ruas que resolvesse os problemas observados. A análise das características físico-químicas concluiu que nenhuma opção ofereceu solução para todos os problemas, mas que alguns tipos de rochas apresentaram características muito interessantes, embora heterogêneas. Isso levou a equipe a testar a sinterização de minerais para criar rochas com características aprimoradas. Com base em um método de fabricação viável, estudou-se sua aplicação como pavimento urbano sustentável.

Abstract

The urban pavements for pedestrian use are a source of numerous safety, hygiene, accessibility, maintenance, ecological and economic problems. From a systematic analysis of these problems, the project team had analyzed different types of materials and various manufacturing techniques to obtain a type of pavement and a design for a section of the streets that solves the observed problems. The analysis of the physical-chemical characteristics has concluded that no option offers a solution to all problems, but some types of rock presents very interesting characteristics, although heterogeneous. This led the team to test the sintering of minerals to create rocks with enhanced features. Based on a viable manufacturing method, its application as a sustainable urban pavement has been studied.

¹ Francesc Aragall, designer experto en Design for All/Universal Design, presidente de la Design for All Foundation, Barcelona, España. Research and Development director en Access Safety, Barcelona, España.

Palavras-chave: Pavimentos urbanos. **Keywords:** *Urban pavements. Sustainability. Sustentabilidade. Rocha natural. Sinterização. Natural rock. Sintering. Acessibilidade. Design urbano.*

1. Descripción del problema

Access Safety es una empresa especializada en el desarrollo y comercialización de pavimentos técnicos que se creó en el año 2014. Su motivación principal desde entonces ha sido la de ofrecer pavimentos que aporten accesibilidad y seguridad en entornos construidos.

A partir del año 2017, la empresa emprendió un proyecto de investigación profundo sobre los requerimientos necesarios en el pavimento urbano.

Ello la motivó a emprender un análisis sistemático de los pavimentos urbanos para uso peatonal basado en la observación directa y en entrevistas a ciudadanos, a responsables de planificación urbana; de tráfico y de seguridad; y de empresas de construcción, lo que permitió la elaboración de la siguiente tabla de problemas:

Tabla 1. Problemas en los pavimentos peatonales y sus causas

<i>Problema</i>	<i>Posibles causas</i>
Caídas de peatones, ciclistas y motoristas.	Las irregularidades de las aceras, los firmes deslizantes y con pendiente excesiva son causas de muchas de las caídas que sufren los peatones, y la pintura en los pasos de peatones, especialmente cuando está mojada o mal mantenida, provoca también accidentes de peatones, motoristas y ciclistas.
Falta de accesibilidad en el espacio urbano. En los últimos años, hemos visto como personas que solo ocasionalmente utilizaban el espacio público ahora son usuarios habituales. Personas muy mayores, personas ciegas, niños, personas con discapacidad intelectual o con movilidad reducida son algunos de estos usuarios	La falta de señalización podotáctil, los vados mal ejecutados y los obstáculos en las aceras dificultan que todas las personas puedan ejercer el derecho a la movilidad.
Contaminación acústica.	Los pavimentos irregulares y con grabados profundos provocan que tanto vehículos como personas llevando maletas generen ruido. Además, estos tipos de pavimento causan una gran incomodidad a los usuarios de sillas de ruedas al provocar vibraciones.

Problema	Posibles causas
Pavimentos sucios.	Las manchas de aceite, chicles pegados y excrementos de animales son los elementos visibles de la suciedad en los espacios públicos, pero aún sin verlas, el espacio urbano es cobijo de innumerables bacterias que transmiten enfermedades.
Falta de adecuación a los nuevos modos de movilidad. Peatones, bicicletas, sillas de ruedas y vehículos de movilidad personal de todo tipo comparten el espacio urbano con vehículos motorizados para el transporte público y privado, así como para la logística urbana.	La falta de compartimentación y señalización de los espacios entraña un alto riesgo para todas las personas.
Degradación del espacio público.	Especialmente en los cascos antiguos, los materiales originales se van degradando, empeorando cada día su aspecto, despegándose y rompiéndose, afectando a la accesibilidad, confort y estética. Todo ello conlleva un creciente número de caídas, mayor contaminación acústica y menor atractivo para ciudadanos y visitantes.
Absorción del calor.	Los pavimentos oscuros y gruesos tienden a absorber la radiación solar y, por tanto, aumentar la temperatura de la ciudad en estaciones calurosas.
Exceso de agua en las zonas peatonales en caso de lluvias torrenciales.	Desagües y pendientes insuficientes y una proporción incorrecta entre pavimento permeable e impermeable, generan una lámina de agua excesiva en las zonas peatonales.
Disonancia estética entre el pavimento y el entorno.	Uso de materiales de baja calidad o estéticamente inadecuados en entornos históricos y en paisajismo.
Rotura de piezas de pavimento en espacios compartidos.	El paso ocasional o frecuente de vehículos pesados en zonas peatonales causa la rotura de piezas.
Separación y movimiento progresivo de las piezas del pavimento.	Subbases demasiado blandas o que sufren infiltraciones de agua, así como la colocación de piezas sin adhesivos adecuados genera estos movimientos.
Alto impacto ecológico, económico y laboral.	Si bien es muy distinto que en cada tipo de pavimento dependiendo del origen de los materiales y del tipo de extracción en su entorno original, todos ellos tienen en común un peso elevado, que implica esfuerzos importantes en su colocación, y una vida útil relativamente baja.

Fuente: *Elaboración del autor, 2018.*

Pavimento irregular en zona peatonal



Foto 1. Pavimento irregular en zona peatonal

Fuente: *Elaboración del autor, 2019.*

Pavimento irregular de adoquines



Foto 2. Pavimento irregular de adoquines

Fuente: *Elaboración del autor, 2019.*

Roturas por peso



Foto 3. Rotura del pavimento debida al paso de vehículos pesados

Fuente: *Elaboración del autor, 2020.*

Desgaste y suciedad



Foto 4. Desgaste y suciedad

Fuente: *Elaboración del autor, 2019.*

Separación inadecuada del carril para bicicletas



Foto 5. Separación inadecuada del carril para bicicletas

Fuente: *Elaboración del autor, 2020.*

A partir de la Tabla 1, podemos clasificar los distintos problemas en dos grupos:

- **Problemas relacionados con el diseño del espacio urbano.**

Básicamente éstos son los relacionados con el drenaje de la lluvia, los resaltes y pendientes inadecuadas, la distribución de usos de la calle, insuficiente contraste visual entre el itinerario peatonal y el resto de la acera y la falta de señalización visual y podotáctil y, evidentemente, la selección de materiales inadecuados.

- **Problemas relacionados con los materiales.**

Éstos suelen ser debidos al uso de materiales poco resistentes a la presión, al desgaste o a las manchas, excesivamente absorbentes de agua y de radiación solar; pero también a su colocación sobre firmes inestables o mediante adhesivos inadecuados.

Si bien para el primer grupo es necesario definir una serie de recomendaciones de diseño del espacio público, para el segundo se precisa un análisis del comportamiento fisicoquímico de los distintos materiales empleados.

1.1. Aproximación a los criterios de diseño del espacio peatonal

Aunque el objetivo de este artículo no es el de profundizar en el diseño del espacio urbano, se propone aportar aquí algunos de los elementos que deben ser considerados para garantizar la accesibilidad, la seguridad y el drenaje de las aguas de lluvia:

- Todo el mobiliario urbano y la señalización deberían estar alineados sin interferir con el itinerario peatonal y situarse sobre una franja vegetal a lo largo de la acera, con gran capacidad de absorción de agua de lluvia.
- Los carriles para bicicletas y vehículos de movilidad personal deben situarse entre la línea de mobiliario urbano y la calzada, separados bien por un cambio de cota, o mediante obstáculos físicos.
- La pendiente longitudinal de las calles no debería superar el 5% y el transversal situarse entre el 1% y el 2%.
- El pavimento destinado al itinerario peatonal debería presentar un ancho de 1 metro por cada usuario simultáneo previsto y contar con bancos y zonas de sombra a lo largo del recorrido.
- El pavimento de la zona destinada al itinerario peatonal debería ser de tonos claros y presentar una diferencia de reflectancia de la luz de al menos 30 puntos con respecto a los pavimentos contiguos.

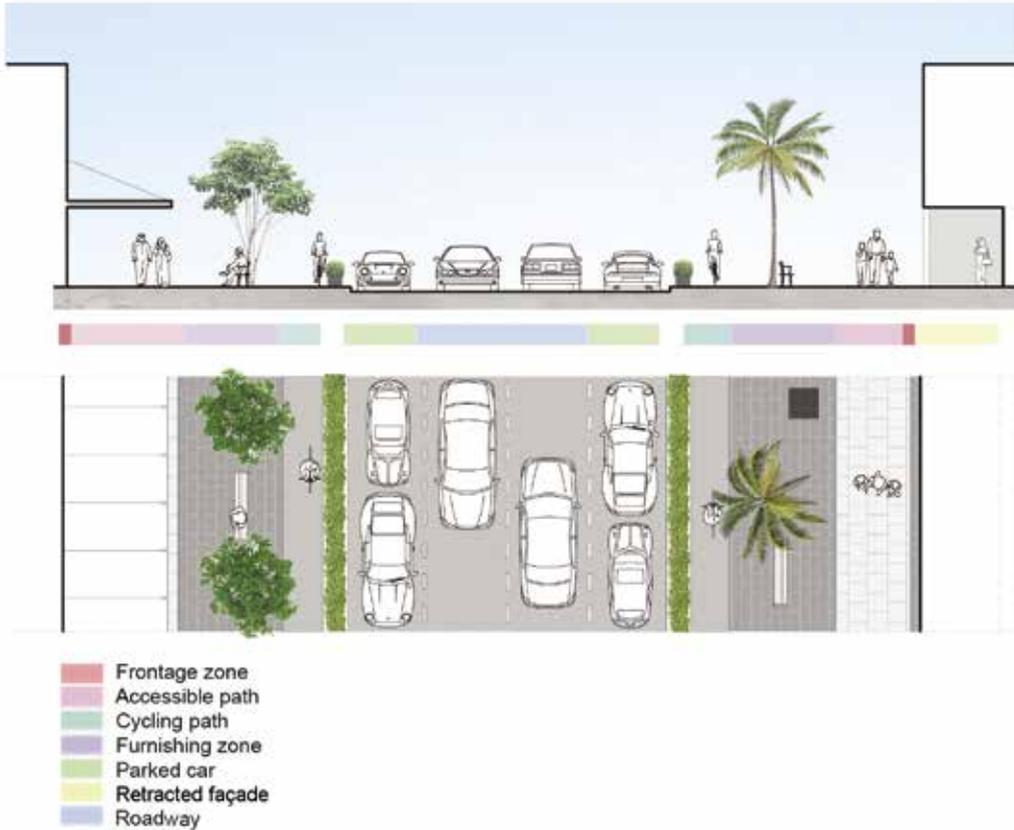


Figura 1. Sección de calle con bancos y zona sombreada (UAE Universal Design Code) (UAE, 2020)

Fuente: *Elaboración del autor.*

1.2. Análisis de las características fisicoquímicas de los pavimentos instalados

A la hora de analizar los distintos materiales empleados en los pavimentos urbanos, se han descartado el asfaltado y los firmes continuos de hormigón puesto que, si bien resultan económicos, su vida útil, en buenas condiciones de limpieza, preservación de su integridad y características antideslizantes, es muy corta.

También se han descartado los pavimentos sobre firmes inestables, como la colocación en seco sobre base de arena, puesto que éstos habitualmente se deforman y pierden su integridad.

Así pues, se han agrupado los materiales más habituales para pavimentos en cuatro grandes grupos:

- Losetas de hormigón prensado.
- Losas de pizarra.
- Losas de granito.
- Losas de roca caliza.

Para compararlos, se analizó un conjunto de características consideradas importantes y que se describen a continuación:

- **Resistencia mecánica.** cuantifica la carga que puede soportar antes de romperse.
- **Dureza en la escala de Mohs.** Mide la resistencia al rayado, en esta escala el mineral con un valor más bajo es el talco (1) y el de mayor valor es el diamante (10), el hierro presenta un valor 4.
- **Resistencia a la abrasión.** Determina el posible desgaste superficial por uso. La prueba de laboratorio determina la resistencia al desgaste en una escala del 1 al 5.
- **Resistencia al resbalamiento.** Determina la probabilidad de resbalar sobre un determinado material en seco y en mojado, mediante un test que simula el movimiento de un zapato.
- **Absorción de agua.** Previene la rotura en caso de heladas, pero también permite prever la absorción de suciedad.
- **Resistencia a las manchas.** Determina la facilidad de limpieza con distintos productos en una escala del 1 al 5, sometiendo las piezas a distintos agentes. El valor más alto representa la limpieza con agua.
- **Adherencia de goma de marcar.** Analiza la facilidad de adherencia de la goma de marcar. La goma de marcar es uno de los productos que más contribuye a deteriorar el aspecto de los pavimentos.

- **Coefficiente de dilatación.** Determina el movimiento de expansión y retracción de los materiales según la temperatura ambiente. Un valor mayor exigirá prever juntas mayores entre las piezas.
- **Densidad media.** Permite una aproximación, entre otras cosas, al peso y grosor necesario de las piezas, aunque especialmente en las rocas, la densidad no suele ser homogénea en todo su volumen.
- **Vida útil.** Expresa el número de años que el material cumple la función para el que fue creado, así como su aspecto. En el caso del pavimento también expresa el número de años durante los cuales se mantiene el pavimento sin ser reemplazado.
- **Albedo.** Mides el porcentaje de radiación que cualquier superficie refleja respecto a la radiación que incide sobre ella. Un cuerpo totalmente negro presenta un Albedo 0 y uno blanco absoluto un Albedo de 1. Cuanto menor es el Albedo, más contribuye el material al calentamiento global.
- **Resistencia a las bacterias.** Analiza su capacidad bacteriostática. En función de la porosidad, los distintos materiales pueden ser o no bacteriostáticos, es decir, que eviten la proliferación de bacterias y, por tanto, los riesgos para la salud y los olores desagradables.

Tabla 2. Características fisicoquímicas de los materiales usados como pavimento

	Loseta de Hormigón prensado	Pizarra	Granito	Caliza
Resistencia mecánica	300x300x45 8kN	300x600x40 7,9kN	300x600x40 5,5kN	300x600x40 4,7kN
Dureza en la Escala de Mohs	4	3	5,5>7	3
Desgaste por abrasión	CLASE 4	CLASE 4	CLASE 5	CLASE 3>4
Resistencia al resbalamiento	40>65	40>60	40>60	40>60
Absorción de agua	<6%	0,4%>1,8%	<1,6%	2%>6%
Resistencia a manchas	CLASE 1>4	CLASE 2>4	CLASE 1>5 según tipo de granito	CLASE 1>4
Adherencia de goma de mascar	Se adhiere	Se adhiere	Se adhiere	Se adhiere

	Loseta de Hormigón prensado	Pizarra	Granito	Caliza
Coefficiente de dilatación	± 11x10 ⁻⁶ °C ⁻¹	± 11x10 ⁻⁶ °C ⁻¹	± 10x10 ⁻⁶ °C ⁻¹	± 12x10 ⁻⁶ °C ⁻¹
Densidad	2,4g/cm ³	2,4>2,9g/cm ³	1,7>2,4g/cm ³	1,9>2,7g/cm ³
Vida útil (años manteniendo características antideslizantes y aspecto)	>15	>15	>15	>15
Albedo	0,10>0,35	0,10>0,20	0,12>0,18	0,30>0,45
Resistencia a bacterias	No	No	No	No

Fuente: *Elaboración del autor.*

Como se desprende de la Tabla 2 comparativa, en la que se ha destacado en verde las características más favorables, ningún material resuelve de manera satisfactoria todos los problemas descritos. Así pues, ¿Qué características debería presentar el pavimento urbano para satisfacer todas las necesidades de los usuarios y los instaladores?

2. Características deseables en los materiales usados como pavimento urbano

Para un mejor análisis se agruparon estas características en función de los tres componentes típicos de la sostenibilidad: aspectos sociales, ambientales y económicos.

Aspectos sociales:

- Presentar y mantener una alta resistencia al resbale a lo largo de su vida útil. Por tanto, una superficie que se mantenga por encima de un valor de 70, en seco y en mojado, en el test del péndulo.
- Garantizar la integridad del pavimento a lo largo de su vida útil (para prevenir caídas y deterioro del espacio urbano). Es decir, una resistencia a la abrasión de 5.
- Resistir a las manchas, a la goma de mascar y a las bacterias. No poroso y fácil de limpiar con agua.

- Resistir la presión de vehículos y cargas pesadas. Resistencia a la rotura superior a los 8 kN del hormigón.
- Reducir la contaminación acústica. Sin rugosidades superficiales ni necesidades de juntas importantes.
- Reducir los esfuerzos de colocación y limpieza.
- Más ligero que los pavimentos actuales.
- Presentar y mantener una apariencia compatible con cualquier entorno urbano y los requerimientos de diseño. Por tanto, permitir la aplicación de distintos colores y texturas.
- Mejorar la accesibilidad para usuarios con limitaciones. Por ejemplo, permitir la inclusión de acanaladuras o botones para el guiado y la advertencia de peligros a personas con baja visión.

Aspectos ecológicos:

- Prevenir el deterioro de entornos naturales. Evitar materiales extraídos en entornos naturales.
- Maximizar el uso de materiales reciclados.
- Minimizar el uso de energía y agua en su producción, embalaje, transporte, colocación y mantenimiento.
- Minimizar su contribución al calentamiento global. Por tanto, debería presentar un Albedo alto.
- Maximizar la vida útil del pavimento. Debería asegurar que mantiene inalterables sus características y aspecto, al menos durante 25 años.
- Minimizar los embalajes y el uso de plástico.
- Maximizar la reciclabilidad.

Aspectos económicos:

- Coste reducido de instalación y mantenimiento.
- Precio competitivo.
- Presentar una gran resistencia estructural a climas fríos y cálidos. Y, por tanto, no ser poroso.

3. La piedra sinterizada y su fabricación

Después de analizar y descartar diversos tipos de materiales naturales y artificiales (hormigones mejorados, rocas con alto contenido en cuarzo, pavimentos metálicos, aglomerados asfálticos, cerámicas, etc.) observamos que los minerales de forma aislada presentan algunas de las características deseadas y que su combinación en algunas rocas ígneas, como algunos tipos concretos de granito y basalto, presentan características muy próximas a las deseables. Sin embargo, tanto su localización en puntos concretos del planeta como su falta de homogeneidad, nos llevó a descartar esta opción.

En este proceso de selección nos llamó la atención la cuarcita, una roca metamórfica consistente en arenisca recristalizada rica en cuarzo, muy frecuente en la península ibérica, más homogénea y dura que el granito, así como menos porosa. Además, descubrimos que ésta era la roca utilizada preferentemente para la construcción de las vías romanas (una gran parte todavía existentes) en la península ibérica.

El hecho de que esta roca sea producto de la recristalización y que ello suponga una mejora de sus cualidades, nos llevó a estudiarla más detenidamente y a investigar si existía algún proceso industrial de características similares.

Así fue como conocimos la sinterización, consistente en compactar a alta presión varios polvos metálicos y/o pétreos mezclados homogéneamente y, una vez compactados, realizar un tratamiento térmico, a una temperatura inferior a la de fusión de la mezcla, obteniéndose una pieza consolidada y compacta.

Este procedimiento de fabricación proporciona una gran cohesión de los polvos, creando enlaces fuertes entre las partículas, que acaban uniéndose en un solo bloque con la forma de un molde determinado.

El hecho de conocer este procedimiento nos llevó a estudiar la posibilidad de conseguir industrialmente la obtención de rocas, puesto que, si su formación en la naturaleza es el resultado de la compactación y calentamiento a lo largo de milenios, quizás fuera posible conseguir el mismo resultado.

Puesto que el proceso industrial de la cerámica consiste básicamente en prensar y cocer arcillas establecimos un acuerdo de colaboración con varias empresas para ensayar nuestra hipótesis.

Así pues, utilizando sus instalaciones, analizamos los componentes de la cuarcita, formulamos una mezcla análoga de minerales pulverizados, los amalgamamos de forma homogénea y los sometimos a alta presión y a temperaturas de cuasi fusión.

Después de varias pruebas, el resultado fue la obtención de una roca casi idéntica a la cuarcita natural con cualidades fisicoquímicas mejoradas gracias a la homogeneización de sus componentes y la aplicación equilibrada de presión y calor.

Una vez determinados el tamaño de la pulverización de los componentes y la presión y temperatura necesarios, ensayamos con los componentes de otras rocas como el granito, el basalto y varios tipos de areniscas, así como los componentes del cemento. El resultado, en todos los casos, fueron rocas de apariencia análoga a la original, pero con características fisicoquímicas mejoradas.

La única limitación que presentó el proceso de fabricación fue que solamente se consiguió una distribución suficientemente homogénea del calor por debajo de espesores de 20mm.

Así pues, se procedió a elaborar muestras de un conjunto de rocas producidas y a someterlas a los mismos test a los que fueron sometidos los pavimentos, obteniendo los resultados que se muestran en la Tabla 3, en la que se debe considerar que las muestras examinadas tenían la mitad del grosor que los pavimentos comparados.

Tabla 3. Comparación de características fisicoquímicas de la piedra natural sinterizada con los materiales usados como pavimento urbano

	Loseta de Hormigón prensado	Pizarra	Granito	Caliza	Piedra natural sinterizada
Resistencia mecánica	300x300x45 8kN	300x600x40 7,9kN	300x600x40 5,5kN	300x600x40 4,7kN	300x600x20 12,8 kN
Dureza en la Escala de Mohs	4	3	5,5>7	3	8
Desgaste por abrasión	Clase 4	Clase 4	Clase 5	Clase 3>4	Clase 5
Resistencia al resbalamiento	40>65	40>60	40>60	40>60	>70 en seco y mojado
Absorción de agua	<6%	0,4%>1,8%	<1,6%	2%>6%	<0,02%
Resistencia a manchas	Clase 1>4	Clase 2>4	Clase 1>5 según tipo de granito	Clase 1>4	Clase 5
Adherencia de goma de mascar	Se adhiere	Se adhiere	Se adhiere	Se adhiere	No se adhiere
Coefficiente de dilatación	$\pm 11 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	$\pm 11 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	$\pm 10 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	$\pm 12 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	$\pm 6,5 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
Densidad		2,4>2,9g/cm ³	1,7>2,4g/cm ³	1,9>2,7g/cm ³	2g/cm ³
Vida útil (años manteniendo características antideslizantes y aspecto)	>15	>15	>15	>15	>50
Albedo	0,10>0,35	0,10>0,20	0,12>0,18	0,30>0,45	0,10>0,35
Resistencia a bacterias	No	No	No	No	Bacteriostático

Fuente: *Elaboración del autor.*

Dados los excelentes resultados obtenidos, que demostraron que cumplía con todas las características deseables en un pavimento urbano, se procedió a analizar la viabilidad económica del proceso de fabricación. Una primera aproximación permitió estimar que los costes de fabricación se situaban ligeramente o muy por debajo de los costes de producción de la piedra natural, dependiendo del tipo de piedra y muy similares a los de fabricación de losas de hormigón.

4. Diseño y prototipado

Una vez establecida la viabilidad comercial de este nuevo producto se procedió al diseño y la producción de muestras.

Al seleccionar las piedras a reproducir, se tuvo en cuenta su belleza y aplicación en entornos urbanos, pero también la imposibilidad de extracción actual o del impacto ambiental que ello conllevaría.

Así pues, se seleccionaron las rocas de Pamukkale en Turquía, el basalto de la cascada de Svartifoss en Islandia, el granito del monte Rushmore en Estados Unidos, la arenisca empleada en las pirámides de Gizah en Egipto y la arenisca de Montjuïc en Barcelona, utilizada desde la época romana hasta su clausura en mitad del siglo 20, tanto para la construcción de edificios como para pavimentar el caso antiguo. También se decidió reproducir las losas de hormigón prensado utilizadas habitualmente en las calles de Barcelona.

Paisage de Pamukkale



Foto 6. Paisaje de Pamukkale

Fuente: Wikipedia. Antoine Tavenaux, disponible en https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Pamukkale_30.jpg.

Cascada Svartifoss



Foto 7. Cascada Svartifoss

Fuente: Wikipedia. Andreas Tille, disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SvartifossSummer.jpg>.

Monte Rushmore

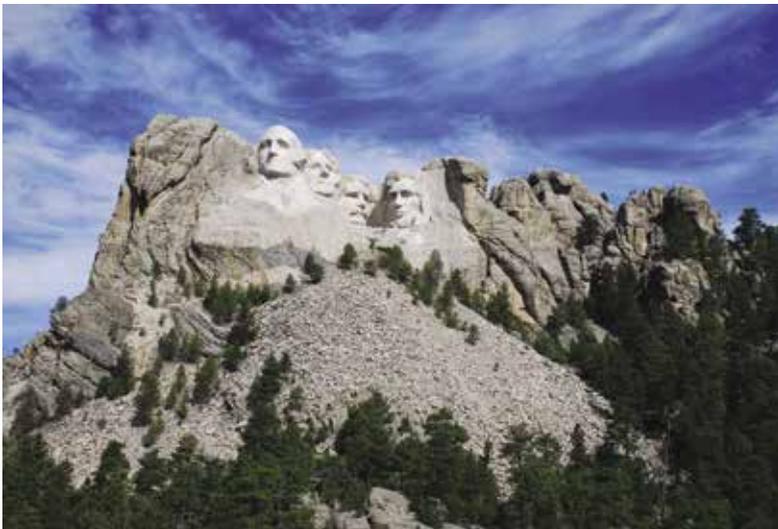


Foto 8. Monte Rushmore

Fuente: Wikipedia. B.Badgett, disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mountrushmore.jpg>.

Gizah Pyramids



Foto 9. Pirámides de Gizah

Fuente: Wikipedia. Ricardo Liberato, disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:All_Gizah_Pyramids.jpg.

Templo de la Sagrada Familia



Foto 10. Templo de la Sagrada Familia

Fuente: Wikipedia. Sagrada Familia, disponível em: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Passion_Facade_of_the_Sagrada_Fam%C3%ADlia_\(6\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Passion_Facade_of_the_Sagrada_Fam%C3%ADlia_(6).jpg).

Panots de Barcelona



Foto 11. Pavimento habitual de Barcelona

Fuente: Wikipedia. Francesc Bonnín, disponible en: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Panots_de_Barcelona.jpg.

Posteriormente, se procedió a fotografiar y analizar los componentes de todos los materiales seleccionados para reproducirlos lo más exactamente posible.

En el caso de las losas prensadas, se procedió a mejorar el diseño ya que las hendiduras del dibujo, hechas para mantener cierta capacidad de antideslizamiento cuando la pieza empieza a desgastarse, también generan ruido cuando se circula sobre ellas con maletas o carros. Dado que con el nuevo material la hendidura era innecesaria, ésta fue rediseñada para evitar el ruido.

También se procedió a diseñar un sistema de hendiduras para el basalto Svartifoss y la caliza de Pamukkale para que pudieran ser utilizadas como guía para personas invidentes en los pasos de peatones. En este caso, se procedió a realizar un test de usabilidad para recoger datos sobre posibles mejoras antes de su diseño final.

Test traffic Aragall



Foto 12. Ensayo de usabilidad de la guía para personas invidentes en paso de peatones

Fuente: *Foto del autor.*

Por último, a partir de los diseños se fabricaron las muestras de los distintos modelos que, al someterlas a los test de laboratorio, descritos anteriormente, se obtuvieron idénticos resultados.

Pieza Pamukkale



Foto 13. Muestra de Pamukkale

Fuente: *Foto del autor.*

Pieza Svartifoss



Foto 14. Muestra de Svartifoss

Fuente: *Foto del autor.*

Pieza Rushmore



Foto 15. Muestra de Rushmore

Fuente: *Foto del autor.*

Pieza Gizah



Foto 16. Muestra de Gizah

Fuente: *Foto del autor.*

Pieza Montjuic



Foto 17. Muestra de Montjuic

Fuente: *Foto del autor.*

Pieza Silent



Foto 18. Muestra de Silent para Barcelona

Fuente: Foto del autor.

Pieza Silent 9 pastillas

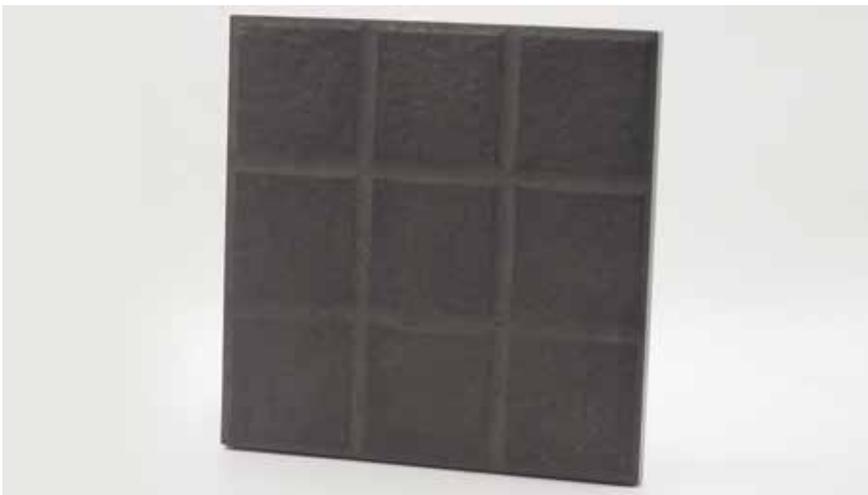


Foto 19. Muestra de Silent de 9 pastillas

Fuente: Foto del autor.

5. Resultados

A la vista de los resultados, Access Safety (ACCESS SAFETY) decidió iniciar la comercialización de este nuevo producto.

Hasta la fecha, se han instalado los materiales en varios municipios, con excelentes resultados, soportando hielo, fuertes pendientes, uso intensivo y suciedad.

Rushmore Puigcerda



Foto 20. Piezas Rushmore instaladas en espacio urbano

Fuente: *Foto del autor.*

Silent junto pavimento original



Foto 21. Silent de 9 pastillas colocado en calle en pendiente junto a pavimento original

Fuente: Foto del autor.

Al presentar el producto, varios municipios hicieron la demanda de diseñar piedras sinterizadas emulando la piedra natural que habían utilizado hasta la fecha. Para ello, estudiamos y pudimos constatar que es posible atender esta demanda (hasta la fecha se han reproducido un tipo de mármol y dos tipos de arenisca), comprobando que el proceso de diseño y fabricación de piedras específicas es viable económicamente a partir de unos 5.000m².

A modo de conclusión, podemos afirmar que, inspirados por la naturaleza, hemos desarrollado un producto que contribuye a protegerla, a la vez que mejora las ciudades para las personas, puesto que:

A nivel ambiental

- Evitamos la erosión y los residuos que las canteras producen en el medio natural.
- Conseguimos un desperdicio 0 en el proceso de producción.
- Integramos materiales reciclados y residuos de canteras como parte de nuestros componentes.
- Reducimos la contaminación producida por su transporte, pues con el mismo consumo de energía, es posible transportar hasta 5 veces más metros cuadrados que de otros materiales.
- Contribuimos a la eficiencia ambiental del espacio urbano y los edificios, puesto que el largo ciclo de vida de nuestros productos es superior a 50 años y su reciclabilidad es del 100% al final de su ciclo.
- Evitamos el uso de detergentes en el espacio urbano.
- Reducimos el efecto albedo de los pavimentos urbanos.

A nivel económico

- Reducimos el tiempo de colocación de los pavimentos, pues su menor peso facilita las tareas del transporte en obra y su colocación.
- Aportamos las mismas cualidades estéticas que la piedra natural con mayor durabilidad y menor coste.
- Reducimos drásticamente los costes de mantenimiento y limpieza, por ejemplo, en salarios, maquinaria y productos detergentes.
- Aseguramos su durabilidad en cualquier clima, al aumentar su resistencia al frío y al calor.

Y a nivel social

- Contribuimos a evitar caídas accidentales de peatones, ciclistas y motoristas, así como atropellos, accidentes de circulación y laborales.
- Reducimos la contaminación acústica.
- Eliminamos la presencia de bacterias, manchas y olores sobre el pavimento urbano.
- Reducimos los esfuerzos de colocación a los operarios.
- Mejoramos los aspectos estéticos del espacio público y los edificios.
- Adaptamos el producto a la tradición local y a los criterios de diseño, acercando las características estéticas de nuestros productos a las exigencias del cliente.

Referências

ACCESS SAFETY. **Sitio**. Disponible en: <http://www.access-safety.es/en/about-us>

UAE Universal Design Code. Dubai universal design code. **Direct Access**. 2020. Disponible en: <https://www.directaccess.ae/design-code/#:~:text=The%20Dubai%20Universal%20Design%20Code,must%20comply%20with%20the%20Code>.

