



ARQUITECTURA INTERIOR

Del bouclé al tejido inteligente, llega la nueva era del textil en la vivienda

PROYECTO SINGULAR

Edificio corporativo
(Madrid) / GCA Architects

Edificio FARO: un proyecto de los años noventa reconvertido en referente de arquitectura corporativa sostenible

SOSTENIBILIDAD Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

Tecnologías disruptivas de integración arquitectónica para la descarbonización urbana

DESTACAMOS

Materiales urbanos innovadores para la gestión eficiente de la radiación solar

Diseño y planificación: las claves para garantizar el éxito de los pavimentos continuos de hormigón

Del suministro de material a la gestión del dato: la transformación digital del sector del hormigón preparado





Prototipos CECOM4PV instalados
en cubierta experimental.

Roberto Díaz Rubio.

Director de I+D de NOTIO -
Centro Tecnológico de Actividades
de la Construcción de Castilla-La Mancha



NOTIO



La construcción, ante el reto de la sostenibilidad

TECNOLOGÍAS DISRUPTIVAS DE INTEGRACIÓN ARQUITECTÓNICA PARA LA DESCARBONIZACIÓN URBANA

SUSTAINFLOOR y CECOM4PV son dos proyectos desarrollados por NOTIO - Centro Tecnológico que permiten generar energía renovable en pavimentos y cubiertas sin alterar la estética de los entornos patrimoniales. Ambos demuestran que descarbonización y conservación del patrimonio pueden ser compatibles.



a transición europea hacia modelos energéticos más sostenibles se ha convertido en una prioridad global ante la necesidad de reducir el impacto ambien-

tal y la dependencia de combustibles fósiles. Así, la hoja de ruta europea hacia la neutralidad climática en 2050 impone un desafío técnico sin precedentes en la intervención sobre las ciudades y el entorno construido, especialmente en en-

tornos de valor patrimonial, donde la aplicación de soluciones convencionales de generación de energía renovable es una práctica severamente limitada por restricciones normativas, morfológicas y paisajísticas.

En este contexto, no hay que olvidar que el sector de la construcción concentra cerca del 40% del consumo final de energía y es responsable de más del 30% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero. Es en este escenario donde adquieren especial relevancia las tecnologías de integración arquitectónica capaces de generar energía sin alterar la imagen del entorno. NOTIO - Centro Tecnológico trabaja en dos proyectos que abordan esta problemática desde frentes complementarios: SUSTAINFLOOR, orientado al plano horizontal urbano, y CECOM4PV, enfocado en las cubiertas cerámicas de los edificios históricos.

SUSTAINFLOOR, EL PAVIMENTO QUE CAPTA ENERGÍA DE LAS PISADAS

El proyecto SUSTAINFLOOR parte de una premisa aparentemente sencilla: transformar el tránsito peatonal en energía eléctrica sin que el viandante perciba diferencia alguna respecto a transitar por un pavimento convencional.

Para conseguirlo, el equipo de NOTIO ha desarrollado un sistema modular de pavimento con dos innovaciones simultáneas. Por un lado, la formulación del material base: una matriz obtenida a partir de la valorización de residuos de construcción y demolición (RCD), y adaptable a todos los entornos al ser susceptible de fabricación por técnicas de fabricación aditiva. Por otro lado, este elemento constructivo integra, a su vez, un innovador sistema piezoeléctrico, capaz de transformar la energía cinética de las pisadas en energía eléctrica. Esta alternativa innovadora, capaz de mimetizarse estéticamente con los pavimentos de los entornos históricos, se convierte en una fuente energética complementaria para iluminación de plazas, recorridos turísticos o zonas urbanas sensibles.

El componente principal de la baldosa es una mezcla elaborada a partir de RCDs, lo que convierte al propio elemento constructivo en un producto de economía circular. La formulación optimizada (80% de RCD en su composición) supera los requisitos exigidos para pavimentos de hormigón de alto tránsito exterior. Además, el material resultante es un 36% más ligero que una solución convencional de pavimento de hormi-

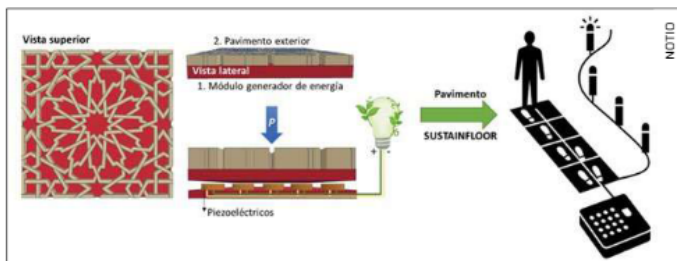


Figura 1. Diseño conceptual de SUSTAINFLOOR.



Figura 2. Demostrador de SUSTAINFLOOR.

gón, y su huella de carbono ($4,53 \text{ kg CO}_2\text{eq/m}^3$) es del orden del 70% menor que un sistema de pavimento exterior convencional. Asimismo, es susceptible de fabricarse mediante técnicas de fabricación aditiva (impresión 3D), lo que permitiría reproducir texturas históricas con precisión y adaptarse a los distintos condicionantes estéticos de los entornos patrimoniales.

Los ensayos de validación se efectuaron conforme a la norma UNE-EN 1339 para pavimentos de hormigón de uso exterior en zonas de alto tránsito, con resultados positivos en factores críticos como resistencia a flexión (7 MPa), carga de rotura (1.300 N), heladicidad (100 ciclos sin defectos) y resistencia al impacto (60 mm). (Figura 1)

Para que el sistema de pavimento convierta la energía cinética de las pisadas en energía eléctrica, se diseña un sistema piezoeléctrico que se aloja en el interior de la baldosa, en una disposición y configuración óptimas que maximizan el rendimiento eléctrico del sistema, transformando el impacto de cada pisada en un pulso eléctrico.

La validación en condiciones reales de uso se materializa con la instalación de un demostrador funcional en una zona de tránsito peatonal recurrente. Se obtiene una energía media de 33 microcoulombios (μC) de carga por activación. Así, con un flujo estimado de 5.000 pisadas diarias por módulo, el sistema puede alimentar de forma autónoma nodos de sensoría inalámbrica (IoT) con perfil de consumo intermitente, señalización LED de baja potencia u otros dispositivos de bajo consumo en espacios urbanos, confirmando la capacidad del sistema de pavimento desarrollado para transformar la energía de las pisadas en energía eléctrica de manera efectiva. (Figura 2)

CECOM4PV, EL SISTEMA DE CUBIERTA CER

lla una teja cerámica curva (elemento de cobertura tradicional de edificios de cascos históricos) que integra captación fotovoltaica de manera innovadora, respetando estrictamente la geometría, textura y colorimetría exigidas por la normativa de conservación del patrimonio.

Más allá de la generación eléctrica, el diseño de la pieza optimiza, además, el comportamiento higrotérmico de la cubierta mediante una estrategia pasiva de ventilación natural.

El primer reto resuelto con el desarrollo del prototipo ha consistido en validar la compatibilidad entre el material cerámico y el sistema fotovoltaico integrado. Para garantizar una adhesión adecuada del elemento fotovoltaico, se desarrolla una fórmula cerámica específica y un tratamiento superficial previo sobre la pieza cerámica que mejora la interfaz de unión entre materiales de naturaleza físico-química diferente.

La solución adopta una configuración tipo sándwich de capas funcionales que combina el sustrato cerámico como base estructural con una célula fotovoltaica flexible encapsulada mediante infusión al vacío. La geometría curva típica de la teja árabe exige obtener una lámina flexible que se adapte a la curvatura sin comprometer la integridad eléctrica ni la durabilidad de la célula; este reto se ha resuelto laminando inicialmente la célula en plano y adoptando células IBC flexibles, cuya integración sobre la forma curva se consigue mediante un proceso de desgasificación previa que elimina posibles burbujas. Se consigue así una lámina flexible capaz de adaptarse a la geometría curva de la teja sin comprometer ni la integridad eléctrica ni la durabilidad del sistema.

En lo que respecta al sistema eléctrico, se analizan los puntos y tipos de conexión entre las celdas y entre los módulos constructivos. La configuración desarrollada consiste en la interconexión de los arreglos de celdas aprovechando las aberturas de ventilación de la parte inferior del prototipo cerámico. Esta estrategia incrementa el voltaje de la unidad eléctrica y facilita



NOTA

la integración del cableado sin alterar el aspecto del elemento. La interconexión entre tejas puede realizarse tanto en disposición vertical (entre pieza superior e inferior) como horizontal (entre piezas contiguas), siendo esta segunda opción especialmente recomendable habida cuenta del patrón habitual de proyección de sombras sobre faldones inclinados en el hemisferio norte, que tiende a extenderse longitudinalmente. Además de la generación eléctrica, el diseño del sistema favorece estrategias pasivas de ventilación natural.

El sistema ha sido validado conforme a la norma IEC 61215, superando la secuencia completa de ensayos de radiación UV más 50 ciclos térmicos y ensayo de humedad-congelación. Los prototipos han demostrado estabilidad ante calor húmedo tras 2.000 horas acumuladas y ausencia de daños estructurales tras 100 ciclos de hielo-deshielo.

La validación se completa con la instalación de demostradores en la cubierta de un edificio para monitorizar el comportamiento en condiciones reales de uso. Desde el punto de vista energético, las piezas cerámicas con acabado mimetizado presentan una eficiencia aproxi-

madamente un 12% inferior a un sistema convencional. Esta diferencia se atribuye principalmente a la menor incidencia directa de radiación sobre la superficie activa. Las pérdidas de rendimiento entre verano e invierno se sitúan entre el 5-16 %, compatibles con el efecto combinado del ensuciamiento progresivo, el ángulo de incidencia desfavorable y los cambios espectrales estacionales.

Los resultados obtenidos validan el prototipo desarrollado y la compatibilidad técnica entre conservación estética y producción energética, incluso asumiendo pequeñas pérdidas de eficiencia en favor de la integración arquitectónica, lo que resulta plenamente asumible, ya que el sistema desarrollado permite instalar generación fotovoltaica en edificios protegidos, donde cualquier solución convencional estaría prohibida.

UN NUEVO PARADIGMA PARA LA CIUDAD SOSTENIBLE

SUSTAINFLOOR y CECOM4PV se sitúan actualmente en TRL6 y sus resultados evidencian que se puede dar respuesta al reto de la conservación del patrimonio y la descarbonización urbana a partir de los propios elementos constructivos tradicionales, elementos constructivos habituales, como pavimentos y cubiertas, dotándolos de funcionalidades energéticas integradas e invisibles.

Los avances alcanzados en los proyectos demuestran que la innovación tecnológica no tiene por qué reñirse con la identidad cultural del entorno construido. Al contrario, puede ser el camino para preservarla, abriendo nuevas oportunidades para avanzar hacia ciudades más sostenibles y resilientes, fusionando vanguardia tecnológica con respeto patrimonial. ■

Agradec