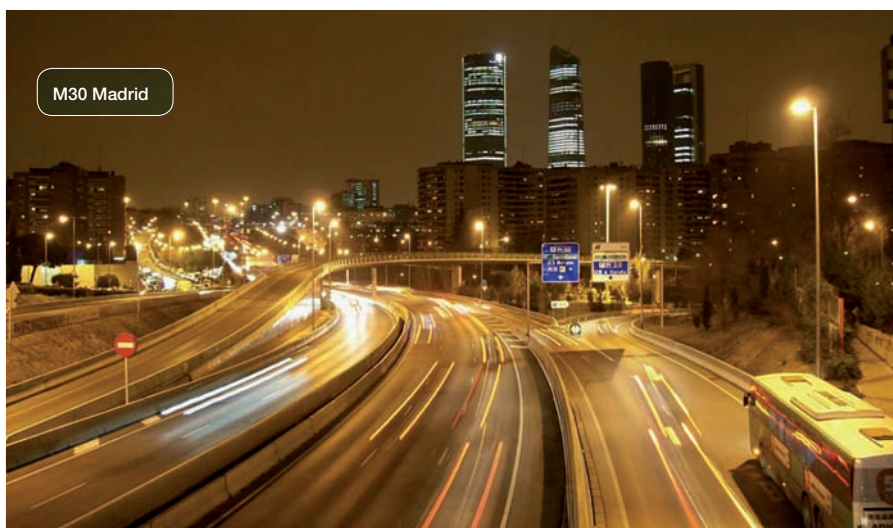


Generar energía con las carreteras

¿Se puede obtener energía de la carretera? Ese es el objetivo en el que están trabajando diferentes proyectos internacionales. Uno de ellos “Roads as energetics corps”, dirigido por Antonio Pérez Lepe, del Centro de Tecnología de Repsol, que acaba de ganar el Premio Internacional a la Innovación en Carreteras de la AEC. Otro, el SolaRoad, es un carril bici piloto que ya produce energía solar en Holanda.

El objetivo del proyecto “Roads as energetics corps –REC–” es cambiar y extender el concepto de infraestructura de transporte hacia el concepto de infraestructura activa e inteligente. Las vías de circulación dejarían de ser únicamente un instrumento que soporta el tráfico de vehículos, para alcanzar la función adicional de convertirse en un elemento generador de energía eléctrica. Este proyecto ha ganado la “V Edición del Premio Internacional a la Innovación en Carreteras Juan Antonio Fernández del Campo” que otorga la Asociación Española de la Carretera –AEC–. La investigación ha sido desarrollada por un equipo de técnicos de diversos organismos públicos y privados especializados en la faceta más sostenible de las carreteras. Se trata de un estudio que analiza la capacidad de aquéllas como infraestructuras activas capaces de generar energía de forma eficiente y contribuir a un tráfico respetuoso con el entorno. El equipo ganador está formado por Antonio Pérez Lepe, doctor en Ingeniería Química del Centro Tecnológico de Repsol; José Francisco Fernández Lozano, doctor en Ciencias Físicas del Instituto de Cerámica del Vidrio; Silvia Hernández Rueda, doctora en Ingeniería de Materiales del Centro Tecnológico de Repsol; María Ángeles Izquierdo Rodríguez, ingeniero químico de la Universidad de Huelva; Alberto Moure Arroyo, doctor en Ciencias Físicas del Instituto de Cerámica y Vidrio; María Pilar Ochoa Pérez, profesora del Departamento de Física Aplicada a las Tecnologías de la Información de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Sistemas de Telecomunicación de la Universidad Politécnica de Madrid; y



Domingo Urquiza, Ingeniero Electricista y Máster en Ingeniería Eléctrica del Centro de Ensayos, Innovación y Servicios (CEIS).

Para este proyecto se han evaluado todas las opciones de captura de energía, aprovechando todos los factores y posibilidades energéticas que posee la infraestructura, además de los usos potenciales de dicha energía. Finalmente han sido dos las energías desarrolladas: piezoeléctrica y fotovoltaica.

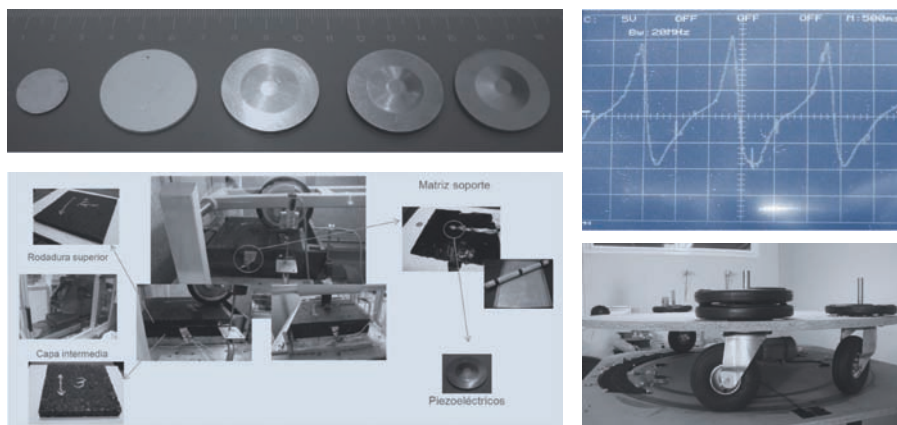
Según Antonio Pérez Lepe, éste “se enmarca dentro de la disciplina de captación de energía residual, o Energy Harvesting. Como si de un campo de cultivo se tratara, la carretera se sembrará de receptores y captadores de energía de bajo voltaje, desde los cuales se irá recolectando energía, que de otro modo se perdería, para alimentar diferentes dispositivos. Esta energía podría emplearse para iluminación,

seguridad vial activa, control del tráfico, movilidad inteligente, Smart cities o mantenimiento de la propia infraestructura (structure health monitoring)”.

La vía piezo eléctrica

La vía piezoeléctrica consiste en interponer dispositivos embebidos en el asfalto, capaces de transformar la presión y vibración ejercida por los vehículos (que se transmite hacia el terreno) en energía eléctrica. Esta energía en forma de pulsos eléctricos debe ser rectificadora y transformada para obtener una energía almacenable y “usable”.

Pérez Lepe explica que “el proyecto se inició en Repsol en 2012 y llegó con éxito a la fase de prototipo, donde se pudieron obtener valores reales sobre la energía recuperada y se pudo por tanto visualizar un modelo de negocio para esta tecnología”. La captura de energía residual en la carretera es una



De izquierda a derecha y de arriba a abajo: vista de los diferentes discos y címbalos ensayados en el prototipo Wheel Track; pulsos registrados en osciloscopio a cada paso de rueda en prototipo Wheel Track; visión completa del prototipo Wheel Track; y prototipo de Anillo para verificar la influencia de la velocidad sobre la respuesta del piezoeléctrico. Imágenes extraídas del documento de la AEC "Proyecto "Roads as energetic crops". Carreteras energéticas mediante captación piezoeléctrica".

línea de trabajo pionera a nivel mundial. Existen diferentes grupos de investigación trabajando en diversas líneas: piezoeléctrica, fotovoltaica, inducción electromagnética,... En EE.UU. y Holanda existen unos desarrollos de paneles fotovoltaicos transitable (que aún distan de poder ser una alternativa viable para las carreteras). En Israel, EE.UU., Holanda, Reino Unido o Japón hay diferentes grupos de investigación que trabajan sobre el concepto de piezoelectricidad para carreteras, cada uno con un acercamiento diferente. El acercamiento de Repsol es único, ya que se concibe desde el conocimiento y respeto de la infraestructura: la carretera y su funcionalidad.

"La cantidad de energía que se podría obtener podría satisfacer los usos de iluminación o alimentación de sensores inteligentes. Se estima que podríamos conseguir 1 kWh por cada 12 metros de carretera" –explica el autor del proyecto-. No todas carreteras podrían albergar estos sistemas, su uso quedaría reducido a aquellas cuyas características sean óptimas para una inversión de este tipo. Según Pérez Lepe "en el caso piezoeléctrico, para maximizar la rentabilidad del dispositivo y la energía recuperada es necesario tener muchos impactos, por lo tanto esta tecnología será rentable en carreteras con mucho tránsito. Un caso ideal de éxito son las grandes carreteras peri-urbanas (como la M-30 en Madrid) con una alta densidad de vehículos golpeando de forma constante la carretera".

Ha sido un proyecto multidisciplinar donde han participado expertos en materiales, modelización mecánica, energías renovables, electricidad y electrónica. Han partici-

pado investigadores de Repsol, el instituto de Cerámica y Vidrio de CSIC, la empresa OnyxSolar y la empresa Ceis. A su vez se han iniciado conversaciones con equipos de diferentes países que también estaban trabajando en temas similares, como el centro de materiales y energía EMPA, en Suiza, la Universidad de Delft en Holanda y la Universidad de Virginia, en EE.UU.

Del prototipo al mercado

La memoria del proyecto REC subraya que "los datos aportados por el prototipo en cuanto a cantidad y calidad de energía recuperada en la carretera demuestran que la tecnología es viable". Este diseño es capaz de abastecer la carretera de su uso en luminaria basada en LED (es el requerimiento más demandante), y por supuesto en balizamiento, seguridad activa, etc. Se han estimado los costes de la instalación y la rentabilidad, con un break even point a los 5-6 años desde instalación, que es el tiempo previsto de mantenimiento de las capas de rodadura, para un coste que oscila entre el coste de la energía en grid y el valor de una hipotética compra de energía alternativa (0,18-0,32 €/kWh). El proyecto señala que para llevar a cabo y poner en situación la invención, sería necesaria "la creación de un consorcio a través de un socio constructor, una administración de carreteras y una compañía eléctrica para conseguir un retorno de inversión rápido".

Además se apunta que "el consorcio formado podría ser un proveedor de energía de baja intensidad deslocalizada, con las siguientes ventajas y oportunidades, atendiendo a los materiales piezoeléctricos: uso

cercano a la fuente, prosumers, zonas remotas, materiales inteligentes, materiales para la energía; materiales y sensores llegarán a ser commodities. Las arquitecturas y el conocimiento tendrán el máximo valor; y aplicaciones viables en infraestructuras, smart city y sensorización continua de la infraestructura (health-structure monitoring)".

El segundo escenario de uso está basado en la alimentación de sensores y englobaba de forma cualitativa todos aquellos usos donde es importante, y además rompería una barrera técnica actual, disponer de sensores autónomos wireless, capaces de ser integrados en el material asfáltico, sin necesidad de batería (duración máxima de 2-3 años) ni cableado. Estas características hacen posible, en el ámbito de carreteras e infraestructura vial, una mejor integración de los sensores (de un tamaño aproximadamente un 70% menor al no contener la batería) de forma masiva, a la hora de construir o rehabilitar la carretera.

El proyecto advierte finalmente que "la mejor forma para explotar una futura comercialización y/o atracción de capital por parte de socios industriales es la fabricación de un Producto Final. Se trataría de una lámina de captura energética residual de baja intensidad". Una lámina asfáltica tiene un coste que ronda los 8-20 €/m² dependiendo del uso y de los materiales de fabricación. Por otro lado la sensorización abarcaría los costes de sensor (80€), el nodo (700€) y la antena más el software (2000€); ésta última siendo móvil y pudiéndose utilizar la misma en todo el proyecto.

Carretera Solar

La atención de las industrias solar fotovoltaica y de infraestructuras, tiene su mirada puesta en el proyecto SolaRoad, que se está desarrollando en la región del norte de Holanda, donde colaboran la compañía TNO. El proyecto SolaRoad, que transforma el pavimento en placas solares, espera alcanzar un rendimiento de 50 kWh a 70 kWh por metro cuadrado y hora al año.

El proyecto todavía está en fase de prueba, y en noviembre se ha inaugurado su primera instalación piloto a lo largo de la carretera provincial N203, en el pueblo de Krommenie, por el ministro de Asuntos Económicos de Holanda, Henks Kamp. Se trata de un carril bici de 100 metros de largo y 3,5 metros de ancho en la que se han



El ministro de asuntos económicos de Holanda, Henks Kamp, inaugura la primera calle solar en la localidad de Krommenie.



Operarios instalan un módulo prefabricado de pavimento SolaRoad en Holanda.

instalado paneles solares protegidos por una capa de vidrio antidesgaste y otra de plástico translúcido antideslizante.

La primera calle solar del mundo ha dispuesto de una inversión de tres millones de euros y su ejemplo podría extenderse en un país como Holanda con un grave problema de espacio que impide desplegar instalaciones convencionales de parques solares, y donde por el contrario existe 35.000 kilómetros de carril bici repartidos por todo el país que podrían servir de futura ubicación de más paneles solares.

Detalles técnicos

La ruta para bicicletas consta de módulos prefabricados de elementos de hormigón de 1,5 por 2,5 metros, con una capa superior de cristal. Estas son las dimensiones del prototipo, que pueden variar en cada instalación en particular. La prefabricación ofrece ventajas para su producción en serie y para facilitar al máximo su instalación. Debajo de la cubierta de vidrio templado de una pulgada de grosor se dispone una configuración de células solares de silicio cristalino. La forma en que se utiliza la energía, se seguirá desarrollando en el piloto por los socios participantes. El uso de aplicaciones TIC inteligentes realizará una distribución eficiente de la electricidad producida.

Tanto las células como el vidrio son prototipos y se sigue investigando en otras opciones, y los módulos están diseñados para que puedan adaptarse a posibles nuevas mejoras técnicas. También se colocará otra capa óptica entre la cubierta y las células solares para centrar la concentración de la luz solar.

El director de Ooms Civiël, Arian de Bondt, ha afirmado que su empresa participa en

el proyecto porque "creemos en el futuro de las infraestructuras como un medio para generar energía, será una cuestión de perseverancia y paciencia el lograr un concepto comercial. Con este proyecto piloto vamos a adquirir experiencia práctica en muchos terrenos. Al mismo tiempo vamos a trabajar en los laboratorios y con los proveedores que trabajan en un mayor desarrollo de los componentes individuales para aumentar el rendimiento en kWh, completamente robustos, y en mejorar la relación entre coste y eficacia".

Para el director del proyecto Sten de Wit, el concepto y las aplicaciones de la carretera pueden ampliarse, "somos capaces de capturar la luz de sol en las carreteras. Esto nos aporta electricidad que podemos que puede ser utilizada en el futuro en posibles aplicaciones como la iluminación urbana, siste-

mas de tráfico, los vehículos eléctricos que circulen sobre ella, y hasta los hogares".

El proyecto mantiene algunas similitudes con algunas investigaciones que se están desarrollando en Estados Unidos, donde se trabaja en un sistema centrado en sensores, iluminación y líneas dinámicas en la carretera, y los investigadores están compartiendo conocimientos para acelerar la capacidad extraer energía de las carreteras.

Tras las pruebas de laboratorios y una vez que se han inaugurado los 100 primeros metros de SolaRoad con resultados positivos, el consorcio que lo construye se muestra optimista. Se ha comprobado que en términos de calidad, confort, rigidez, seguridad y mantenimiento, esta vía es similar otros caminos y carriles bici. Además se sigue trabajando para mejorar el conocimiento, la elección de materiales, la generación de energía y el modelo de negocio. Se estima que un paso definitivo para esta tecnología será cuando demuestre su capacidad para transmitir la electricidad generada a los vehículos que circulen sobre la infraestructura ◀◀

Cuatro conclusiones del Proyecto REC

- El proyecto REC ha cubierto las etapas de conceptualización de la idea, establecimiento del roadmap del proyecto, dotación de recursos, lanzamiento y prototipado final. Los datos obtenidos en el prototipo forman una base de decisión para proseguir con los escenarios de uso futuros.
- El prototipo se ha construido en las instalaciones de Repsol y ha sido capaz de demostrar que la tecnología de almacenamiento de energía a partir de pulsos generados por los vehículos es viable.
- La señal pulsante obtenida en cada impacto de rueda ha sido transformada y estabilizada a través de un circuito eléctrico, contra una carga capacitiva que hace las veces de una batería.
- Hay dos escenarios de oportunidad para mayor rentabilidad: diseño de producto (lámina de captura para energía de baja intensidad), y auscultación permanente de carreteras (ligado también al concepto de Smart city), mediante la integración de sensores autónomos wireless alimentados a través de transductores piezoeléctricos. En ambos modelos, se necesita un socio para acortar tiempos de puesta en mercado. Ambos escenarios supondrán un avance en la innovación en carreteras.