

Puentes de cristal

Más fuertes que el acero, estas deslumbrantes estructuras cambiarán el arte de construir puentes.

El acero, el rey indiscutible de los materiales para construir puentes por más de un siglo, está a punto de ser destronado. ¿El usurpador? Un plebeyo con un aire real: la arena común, tejida como telaraña de vidrio.

Este nuevo líder puede tener preocupadas a algunas personas que construyen puentes de acero, por miedo a perder sus trabajos. Pero no se tienen que inquietar —por ahora. En los próximos años, el número de puentes de acero disminuirá principalmente por desgaste. Y la razón se reduce a una simple ecuación de tiempo y dinero. Los puentes de acero y concreto tradicionales que cruzan caminos, ríos y barrancas se están corroyendo más rápidamente de lo que sus propietarios pueden repararlos o reemplazarlos.

“La infraestructura civil está en mala forma”, dice John Scalzi, que dirige el programa del Sistema de Estructuras y Grandes Construcciones de la Fundación Nacional de la Ciencia (NSF por sus siglas en inglés). Scalzi afirma que el 42% de los casi 600.000 puentes de los Estados Unidos necesitan reparaciones o son obsoletos. Para hacer el

Los materiales compuestos de vidrio prometen cambiar la forma en que se verán los puentes de una manera tan dramática como la transición de la madera al acero.

trabajo necesario, la Administración Federal de Carreteras afirma que requerirá por lo menos U.S. \$50 mil millones.

Incluso si se tuviera el dinero a la mano, que no es así, la construcción de puentes, tal y como lo hemos hecho en el pasado, está siendo cuestionada. Unas inspecciones recientes de los puentes de los EE. UU. muestran que las estructuras tradicionales de acero y concreto están llenas de fallas fundamentales de diseño. “Las varillas de acero medidas en el concreto para reforzarlo se corroen con el tiempo a causa de la humedad y las sales que se cuelean a través de las grietas”, dice Scalzi.

Reemplazar el acero con fibra de vidrio podría extender la vida de un puente típico desde 50 hasta tanto como 200 años, dice. Para determinar si el vidrio, o tal vez algún otro material como el plástico o la fibra de carbón es el mejor sustituto del acero, la NSF ha patrocinado 40 esfuerzos de investigación.

Entre ellos está el trabajo que está haciendo Frieder Seible, un ingeniero estructural y director de la Universidad de California, en los Laboratorios de Investigación Estructural Charles Lee Powell en San Diego. Él es conocido alrededor del mundo por diseñar algunas de las estructuras hechas de materiales compuestos más avanzadas del planeta. Invitó a *Mecánica Popular* para ver su trabajo con puentes de cristal.

Después de revisar los conceptos básicos de construcción de puentes con materiales compuestos en su oficina en La Jolla, California, nos dirigimos a su laboratorio. “¿Así que aquí es donde finalmente veré un puente de vidrio?”, pregunté, bajándome de la acera hacia la Calle Matthews.

“Está usted caminando sobre él”, dijo, apegándose a los hechos.

La sección del camino bajo mis pies se veía diferente del resto de la calle. El asfalto había sido reemplazado por una plataforma de vidrio para puente. Era negra y con un acabado áspero, no transparente como yo esperaba. “No estábamos intentando hacerla bonita”, dijo Seible, “sólo fuerte”.

Él siguió cruzando la calle mientras yo realizaba mi propia prueba. Brinqué sobre varios lugares del panel; se sentía como un camino común. Un camión que se acercaba me mandó corriendo precipitadamente a la acera. Frenando a unos pocos metros de donde yo estaba parado, sus ruedas traseras giraron sobre el panel de vidrio conforme daba vuelta hacia otro camino. “Pusimos la plataforma aquí para aprovechar el tráfico de vehículos de construcción”, dijo Seible.

Dentro del laboratorio, el equipo del investigador estaba sometiendo los paneles a más pruebas científicas. Unos medidores de tensión conectados a computadoras llamadas estaciones de trabajo registran los gritos silenciosos de los paneles conforme éstos son “probados hasta que fallen”. Una pila de paneles aplastados que parecían una colección de tablas para deslizarse (*surfboards*) rotas estaba apilada en el estacionamiento. Pasando mis dedos a través de algunas de las fibras de vidrio translúcidas color amarillo, no pude evitar maravillarme de cómo estos delicados hilos pueden ser tan fuertes. Los que colgaban del panel superior formaban una bisagra que me permitió levantar la pieza del extremo. Era sorprendentemente ligera.

El potencial de ahorro de peso de las plataformas de los puentes hechas con materiales compuestos también ha llamado la atención del ejército estadounidense, que tiene un problema muy poco común para colocar puentes. Durante una invasión por tierra, las unidades blindadas deben cruzar barrancas o zanjas hechas por el hombre. Actualmente, el ejército usa puentes de metal portátiles que son “lanzados” desde la parte superior de tanques sin torreta.

El problema es que como los puentes pesan 5.669.6 kg (12.500 lbs), cada vehículo sólo puede llevar uno. “Si pudieran cargar dos puentes se duplicaría el rango de los sistemas de lanzamiento existentes”, dice John Kosmatka, uno de los colegas de Seible. Él ha diseñado un puente no metálico pa-

ra asalto de 3.9 m (13 pies) de ancho y 15.2 m (50 pies) de largo, para la Agencia de Proyectos de Defensa de Investigación Avanzada (DARPA por sus siglas en inglés). Hechos de un tejido de carbono similar al usado en los palos de golf, pesan sólo 4.082.3 kg (9.000 lbs), pero pueden soportar el peso de un tanque de 70 toneladas.

La contratista del Departamento de Defensa, Lockheed Martin (LM), también ha fijado su atención en los puentes de materiales compuestos —en este caso, los puentes de vidrio para el mercado civil. En el laboratorio de investigación de LM en Palo Alto, California, los científicos han probado exitosamente un puente de vidrio que dicen cubrirá distancias de hasta 42.6 m (140 pies). De acuerdo a un vocero de LM, los tramos de este tamaño y más pequeños representan el 70% del total de puentes de los EE. UU.

Para demostrar que el cristal puede soportar la carga del tráfico pesado, los ingenieros hicieron que un transporte de personal del ejército de 70 toneladas pasara por encima de una sección de 5.4 m (18 pies) de ancho por 9.1 m (30 pies) de largo. Es una carga asombrosa para que la sostenga un puente de 10.432.6 kg (23.000 lbs). Más tarde los ingenieros colocaron 52.163 kg (115.000 lbs) sobre el tramo. Ese es un peso mucho mayor que los 36.287.3 kg (80.000 lbs) permitidos actualmente en las carreteras interestatales de los EE. UU.

El número más impresionante generado por la prueba de LM es uno pequeño: el costo de U.S. \$5 por cada .45 kg (1 lb) de los componentes del puente. Es un número crítico para los diseñadores de éste. Los puentes de acero y concreto cuestan actualmente entre U.S. \$0.30 y U.S. \$1 cada .45 kg, de acuerdo a LM. Pero también son cinco veces más pesados que el vidrio y cuesta más mantenerlos. Esto coloca al puente de cristal de LM al mismo nivel en cuanto a economía, contraatacando la afirmación de la industria del acero de que las estructuras hechas de mate-