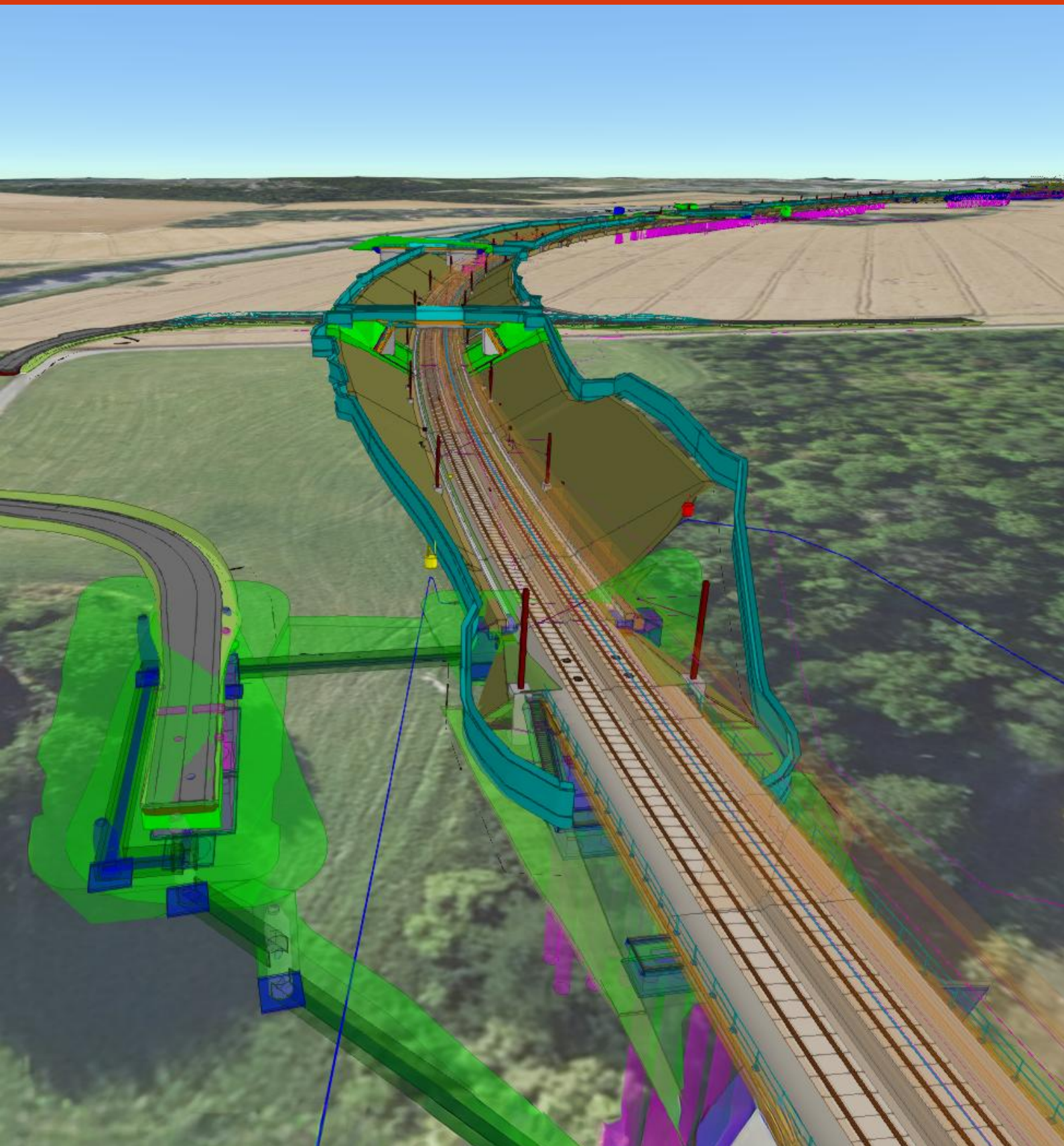


# e-BrIM

FEBRERO 2026



## SUMARIO

- BIG OPEN BIM COMO NECESIDAD PARA UNA COLABORACIÓN EFICAZ EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE** página 9  
*Ing. Pavel Vlasák; Ing. David Novák; Ing. Magdalena Křečková*  
AFRY
- DISEÑO, INTEGRACIÓN Y GESTIÓN DIGITAL 3D DEL PUENTE DANJIANG, TAIWAN** página 16  
*Allen Teng, Architect, Structural Engineering Department; Yih-Jer Lan, Engineer, Structural Engineering Department; Shun-Yuan Lin, Technical Manager, Structural Engineering Department; Wen-Tsung Chan, Vice President*  
*Sinotech Engineering Consultants, Ltd.*
- INTEGRACIÓN DEL PUENTE DANJIANG Y LA SOSTENIBILIDAD MEDIOAMBIENTAL** página 25  
*Rong-Ruey Lee, Technical Manager, Geotechnical Engineering Department; Chia-Ning Yang, Director of Watershed Solutions Centre, Hydraulic Engineering Department; Chen-En Chiang, Associate Vice President, Geotechnical Engineering Department; Sinotech Engineering Consultants, Ltd.*
- BREVE DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO DEL PUENTE DANJIANG** página 35  
*Magdaléna Sobotková*
- ENTREVISTA A GREGOR STREKELJ, GERENTE DE PRODUCTO DE INFRAESTRUCTURA CIVIL, ALLPLAN** página 38  
*Magdaléna Sobotková*
- PUENTES ADAPTATIVOS PARA SENDEROS: VINCULANDO LA RECUPERACIÓN ANTE DESASTRES CON LA RESILIENCIA** página 43  
*Robert Reese, P.E., Peris Kahindi, Graduate Engineer*

*Portada: BIM para el proyecto ferroviario al aeropuerto de Praga, República Checa* **Créditos: AFRY**

*Contraportada: Puente Danjiang, Taiwan*

**Créditos: Sinotech**

REVISTA INTERNACIONAL INTERACTIVA REVISADA  
SOBRE MODELADO DE INFORMACIÓN DE PUENTES

Se publica en [www.e-brim.com](http://www.e-brim.com) en inglés  
y en [www.e-brim.com/es](http://www.e-brim.com/es) en español. Acceso abierto.

Fecha de publicación:

20 de febrero, 20 de mayo y 20 de octubre.

Número: 01/2026, febrero. Año: V.

Editora jefa: Magdaléna Sobotková, MSc.

Contacto: [magda@e-mosty.cz](mailto:magda@e-mosty.cz)

Consejo editorial

Editor: BRIDGES ONLINE, s.r.o. (Ltd.)

Velká Hraštica 112, 262 03 República Checa

Número de identificación fiscal: CZ02577933

ISSN: 3029-8555

©Todos los derechos reservados. Por favor, respete los derechos de autor. Cuando haga referencia a cualquier información contenida en este documento, utilice el título de la revista «e-BrIM», el volumen, el autor y la página.

En caso de duda, póngase en contacto con nosotros. Gracias.

Estimados lectores

En el primer artículo, los autores analizan las ventajas del BIG OPEN BIM a partir de su experiencia práctica. En su opinión, es la única forma de llevar a cabo proyectos de infraestructura de transporte a gran escala, ya que permite la participación transparente de expertos de todo el mundo, independientemente del software que se utilice.

A continuación, se incluyen tres artículos sobre el puente Danjiang en Taiwán, tras dos ediciones especiales de la revista e-mosty sobre el diseño y la construcción del puente (véase [e-mosty septiembre de 2025](#) y [diciembre de 2025](#), en inglés).

En mi entrevista con Gregor Strelkelj, de Allplan, hablamos, entre otras cosas, de lo que Allplan ofrece a los ingenieros de puentes y a los proyectos de infraestructura, del desarrollo tecnológico de los últimos años y de cuál será el futuro de Allplan.

En el último artículo, Bridging the Gap Africa explica su enfoque en el desarrollo de sistemas de puentes colgantes, dando prioridad a los diseños que consideran la variabilidad climática, pueden fabricarse localmente, construirse con equipos limitados y adaptarse a terrenos y condiciones hidrológicas difíciles.

Me gustaría dar las gracias a **todas las personas y empresas** que han colaborado en este número y me han ayudado a elaborarlo; muchas gracias a los miembros del [Consejo Editorial](#) y a **Sandra Komar Frimpong, Borja Balbastre Camarena, Carla Ody Julian y David Herrero Mediavilla** por su ayuda con las revisiones lingüísticas. Además, me gustaría dar las gracias a **Kilian Karius, Leonhardt, Andrä und Partner** por su ayuda con los artículos sobre el puente de Danjiang, así como a Sinotech y a Wen-Kai (A-Kai) Chen.

También nos gustaría dar las gracias a **nuestros socios por su apoyo**.

En nombre de los organizadores, nos gustaría invitarles a la 13.<sup>a</sup> Conferencia Internacional sobre Mantenimiento, Seguridad y Gestión de Puentes (IABMAS), que se celebrará del 7 al 9 de julio de 2026 en Orlando, Florida, EE. UU. Para más información sobre la conferencia, visite <https://iabmas2026.org>.

También nos gustaría invitarles a la Conferencia Mundial de Ingeniería de Puentes 2026, que se centrará en las tecnologías innovadoras y la construcción acelerada de puentes, y que tendrá lugar los días 1 y 2 de diciembre de 2026 en Miami, Florida, EE. UU. Para obtener más información, póngase en contacto con el presidente de la conferencia, el Dr. Atorod Azizinamini, en [aazizina@fiu.edu](mailto:aazizina@fiu.edu)

El próximo número de e-BrIM, tanto en inglés como en español, se publicará el 20 de mayo de 2026.

Aceptamos artículos para la revista e-BrIM, tanto en inglés como en español. Póngase en contacto conmigo en [magda@e-mosty.cz](mailto:magda@e-mosty.cz). Puede encontrar **las instrucciones para autores** en nuestros sitios web, [www.e-brim.com](http://www.e-brim.com) y [www.e-brim.com/es](http://www.e-brim.com/es).

Magdaléna Sobotková, MSc.

Chief Editor



# e-BrIM



SUBSCRIBIRSE

La revista **e-BrIM** es una publicación internacional, interactiva, revisada por expertos independientes sobre modelado de información de puentes.

Se publica en [www.e-brim.com](http://www.e-brim.com) en inglés y en [www.e-brim.com/es](http://www.e-brim.com/es) en español, y se puede leer de forma gratuita (acceso abierto), con posibilidad de suscribirse.

Generalmente, se publica tres veces al año: el 20 de febrero, el 20 de mayo y el 20 de octubre.

Las revistas permanecen disponibles **en línea en nuestro sitio web** en formato PDF.

La revista ofrece **artículos originales** sobre **tecnología digital aplicada a puentes**, desde la planificación inicial hasta la operación y el mantenimiento, **innovaciones teóricas y prácticas**, **estudios de casos** y muchos otros contenidos internacionales.

Su formato electrónico permite publicar fotos, vídeos, planos, modelos 3D, enlaces y otros contenidos en alta calidad.

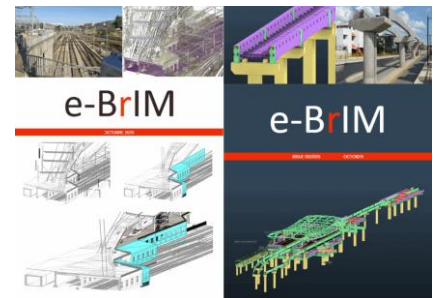
Nuestro objetivo es incluir toda la información **importante y técnica**, compartir la **teoría y la práctica**, **conocimientos y experiencia** y, al mismo tiempo, mostrar la elegancia y la belleza de las estructuras.

Nos complace ofrecer apoyo mediático a conferencias relevantes sobre BIM y puentes, así como a actividades educativas, proyectos benéficos, publicaciones, etc.

Nuestro **Consejo Editorial** está compuesto por especialistas en BIM y puentes e ingenieros del ámbito académico, de la investigación y empresarial, así como de la industria de los puentes.

La revista está dirigida principalmente a ingenieros especializados en puentes, diseñadores, promotores, contratistas, especialistas en BIM, docentes universitarios, estudiantes o simplemente cualquier persona apasionada por los puentes.

## NUESTRAS ÚLTIMAS EDICIONES



e-BrIM

NUESTROS SOCIOS



COOPERAMOS CON



# e-mosty



SUBSCRIBIRSE

NUESTRAS ÚLTIMAS EDICIONES  
(EN INGLÉS)

La revista **e-mosty** (“e-puentes”) es una publicación internacional, interactiva, revisada por expertos independientes sobre puentes.

Se publica en [www.e-mosty.cz](http://www.e-mosty.cz) y se puede leer de forma gratuita (acceso abierto), con posibilidad de suscribirse.

Se publica trimestralmente: el 20 de marzo, el 20 de junio, el 20 de septiembre y el 20 de diciembre.

Las revistas permanecen disponibles **en línea en nuestro sitio web** en formato PDF.

La revista ofrece **artículos originales sobre puentes e ingenieros de puentes** y muchos otros contenidos internacionales.

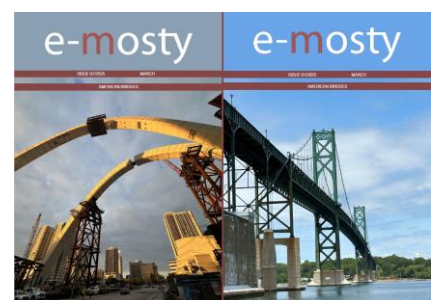
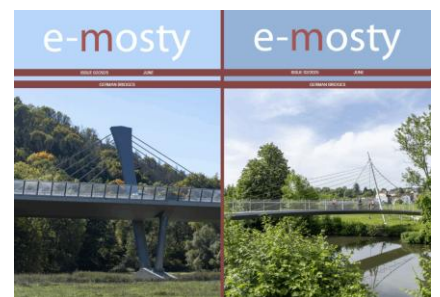
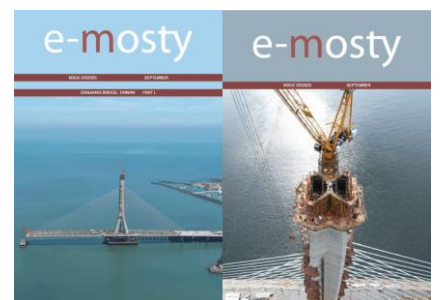
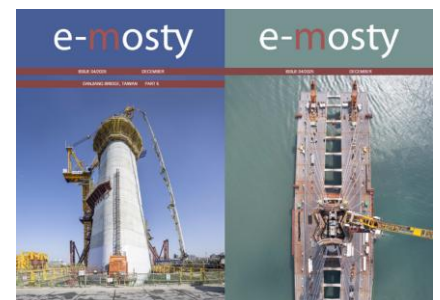
Su formato electrónico permite publicar fotos, vídeos, planos, modelos 3D, enlaces y otros contenidos en alta calidad.

Nuestro objetivo es incluir toda la información **importante y técnica** y, al mismo tiempo, mostrar la elegancia y la belleza de las estructuras.

Nos complace ofrecer apoyo mediático a importantes conferencias de puentes, actividades educativas, proyectos benéficos, libros, etc.

Nuestro **Consejo Editorial** está compuesto por ingenieros de puentes y expertos principalmente del Reino Unido, Estados Unidos y Australia.

La revista está dirigida principalmente a ingenieros especializados en puentes, diseñadores, promotores, contratistas, especialistas en BIM, docentes universitarios, estudiantes o simplemente cualquier persona apasionada por los puentes.



e-mosty

NUESTROS SOCIOS



COOPERAMOS CON





DIPLOMADO ESPECIALIZADO

# Diseño y Construcción de Puentes de Hormigón Armado y Presforzado

- Aplicación de normativas internacionales: AASHTO, ASCE, ACI. Documentos técnicos PCI y FHWA.
- Diseño detallado de tableros, vigas presforzadas, cabezales y pilas.
- Análisis y verificación del presfuerzo: tensiones en etapas constructivas, transferencia, flechas y contraflechas.
- Diseño sismorresistente considerando métodos basados en fuerza y en desplazamiento.
- Diseño de cimentaciones y estribos de puentes.
- Incorporación de fenómenos de Interacción Suelo-Estructura (ISE) en el diseño de puentes.
- Diseño de sistemas de aislamiento sísmico y control de fenómenos de vibración y resonancia.
- Control de procesos de fabricación, construcción y montaje.



## BIG OPEN BIM COMO NECESIDAD PARA UNA COLABORACIÓN EFICAZ EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE

Ing. Pavel Vlasák; Ing. David Novák; Ing. Magdalena Křečková

AFRY



### INTRODUCCIÓN

En la industria de la construcción actual, especialmente en los proyectos de infraestructura de transporte de gran envergadura, se está produciendo un cambio fundamental en el enfoque de los datos y la colaboración. Mientras que en el pasado predominaban los sistemas basados en una única solución de software, las tendencias actuales apuntan hacia un objetivo estratégico claro: la transición del «Little Closed BIM» al **BIG OPEN BIM**.

Este enfoque no es solo un cambio tecnológico, sino un ecosistema integral que facilita el intercambio eficiente de datos estructurados a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto. La implementación del BIG OPEN BIM cuenta ahora con el apoyo activo de varios diseñadores y grandes contratistas públicos, como la austriaca ÖBB-Infrastruktur AG / AM.

Los autores de este artículo confirman las ventajas del BIG OPEN BIM a partir de su propia experiencia práctica y sostienen que constituye la única manera de llevar a cabo grandes proyectos de infraestructura de transporte.

Puesto que permite la participación transparente de expertos de todo el mundo, independientemente del software utilizado por cada agente.

Eliminando la denominada «dependencia del proveedor» y fomentando un entorno competitivo flexible y transparente, basado en el conocimiento, en lugar de uno centrado en la propiedad de un software específico.

Invitamos a nuestros lectores que dispongan de datos prácticos específicos que demuestren la eficacia de enfoques alternativos a compartirlos como parte del debate profesional.

### IFC 4.3: NORMA INTERNACIONAL PARA LA COMUNICACIÓN DIGITAL

La piedra angular de la colaboración abierta es la norma **IFC 4.3.2**, reconocida como la norma internacional **ISO 16739:2024**. Esta y la futura versión de la norma, son revolucionarias para las infraestructuras de transporte, porque a diferencia de sus predecesoras, admiten plenamente las estructuras lineales.

<i>Cómo procedimos:</i>	<i>Cómo procederíamos hoy:</i>
<i>En el proyecto «Modernización de Praga Ruzyně (exterior) – Aeropuerto de Praga (exterior) en BIM», el equipo de diseño trabajó con 10 programas de software diferentes. Cada diseñador compartió modelos IFC en 3D, contribuciones de coordinación DWG en 2D y documentación PDF en 2D en el CDE de Trimble Connect.</i>	<i>De la misma manera</i>

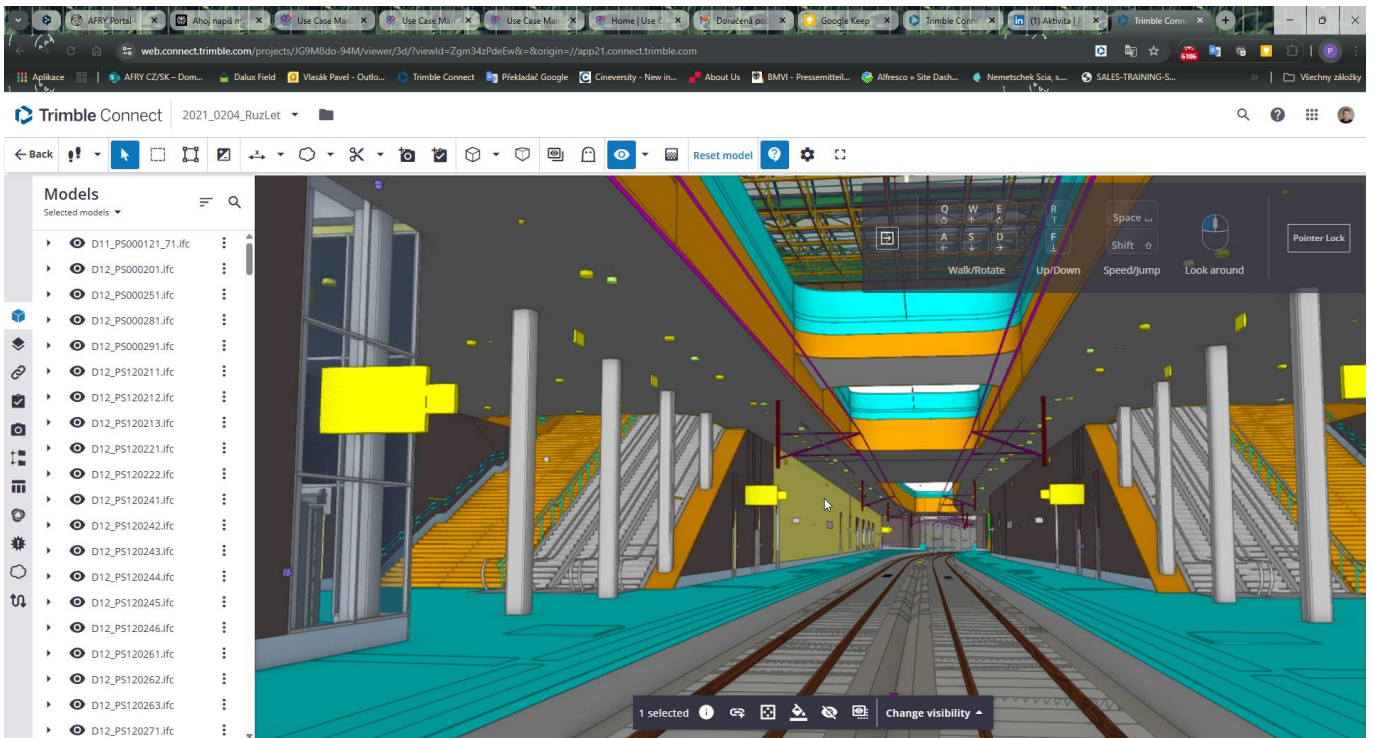


Figura 1: El modelo de coordinación general se crea mostrando simultáneamente archivos de objetos de construcción individuales en formato \*.IFC abierto en CDE – estación

Para garantizar la compatibilidad internacional, es esencial dentro de BIG OPEN BIM que **los nombres de las propiedades y los atributos del modelo sean coherentes con la norma ISO 16739 y se den en inglés.**

El inglés no funciona aquí como una lengua extranjera, sino como un conjunto de identificadores y códigos únicos que permiten que el modelo se vea y sea legible tanto en Praga como en Melbourne y Oslo. Los valores de estas propiedades pueden introducirse en el idioma local.

Esta unificación es clave para atraer talento global. Los dibujos 2D tradicionales tienen un aspecto diferente en cada país y para cada cliente, lo que

requiere una formación constante de los equipos cuando se trabaja entre diferentes países. **Sin embargo, los modelos BIM en formato IFC hablan un lenguaje universal**, lo que facilita enormemente la cooperación en proyectos de gran envergadura.

### **INTEGRACIÓN DE BIM Y GIS: PARTE DEL CAMINO HACIA EL NIVEL 3 DE BIM**

El siguiente nivel de eficiencia es la integración del modelado de información de construcción (BIM) con los sistemas de información geográfica (GIS). Al pasar del nivel 2 al nivel 3 de BIM, no debe pasarse por alto el apoyo total sobre el entorno construido, en el que el modelo de construcción no es un objeto aislado, sino parte de un contexto geográfico más amplio.

<b><i>Cómo procedimos:</i></b>	<b><i>Cómo procederíamos hoy:</i></b>
<i>IFC 4.0.2.1 (IFC 4 ADD2 TC1) Reference View MVD todavía se utilizaba en nuestros proyectos. Consideramos que fue un gran éxito el uso de nombres de propiedades en inglés y sus valores en checo.</i>	<i>Sin duda, utilizaríamos IFC 4.3.2.0 (IFC 4.3 ADD2) Vista de referencia MVD. Una vez más, mantendríamos los nombres de las propiedades en inglés.</i>

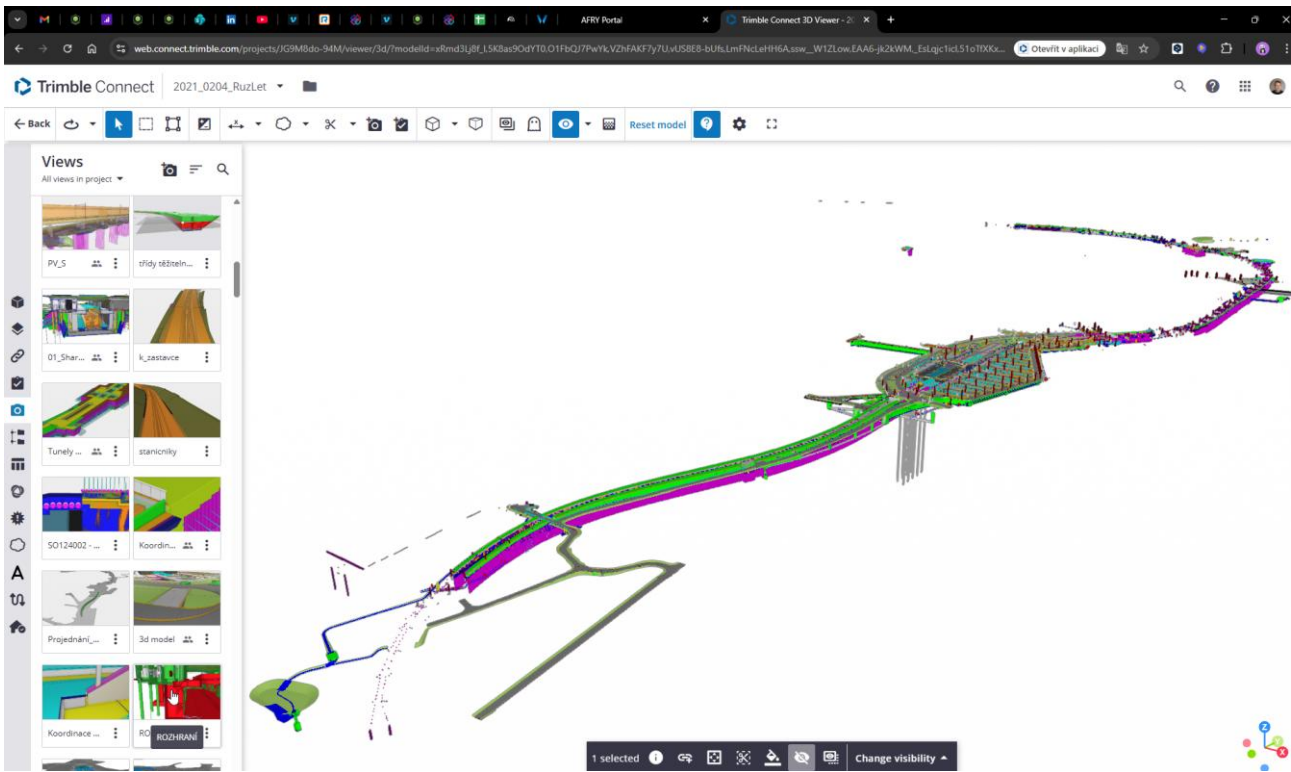


Figura 2: Modelo de coordinación general en CDE Trimble Connect

Para que la integración sea satisfactoria, los archivos IFC deben contener definiciones precisas de los sistemas de coordenadas (por ejemplo, en la República Checa, S-JTSK y el sistema de altura Bpv), y este requisito también puede definirse eficazmente utilizando la norma **IDS (Information Delivery Specification)**.

Herramientas como **Vektor.io** ya permiten la visualización en el navegador, combinando datos BIM (IFC, LandXML), levantamientos geodésicos (LandXML), nubes de puntos (LAS/LAZ, E57) y fondos de mapas WMS/WMTS en tiempo real. Esta integración permite a todos los participantes en el proyecto, desde los promotores hasta los contratistas, supervisar la construcción en el

contexto del terreno circundante, las redes de servicios públicos y los planes de desarrollo directamente en una ventana del navegador sin necesidad de instalar software adicional.

## GESTIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DIGITAL BASADA EN MODELOS

El futuro de los procesos de aprobación se encuentra en la **gestión digital de la construcción basada en modelos en formatos abiertos IFC y LandXML**.

La situación actual, en la que el envío de documentación en PDF se considera un éxito, resulta insuficiente desde la perspectiva del BIG OPEN BIM.

<b>Cómo procedimos:</b>	<b>Cómo procederíamos hoy:</b>
<i>Preparamos nuestro proyecto para la integración de BIM y GIS. Todos los datos 3D en CDE Trimble Connect estaban en coordenadas S-JTSK y se mostraban simultáneamente como un modelo federado.</i>	<i>Simplemente complementaríamos el procedimiento anterior con la visualización actual de los datos cartográficos integrando el software Vektor.io con Trimble Connect CDE. Esta combinación permitiría la integración completa de los datos CAD/BIM/GIS y las nubes de puntos en un único navegador.</i>

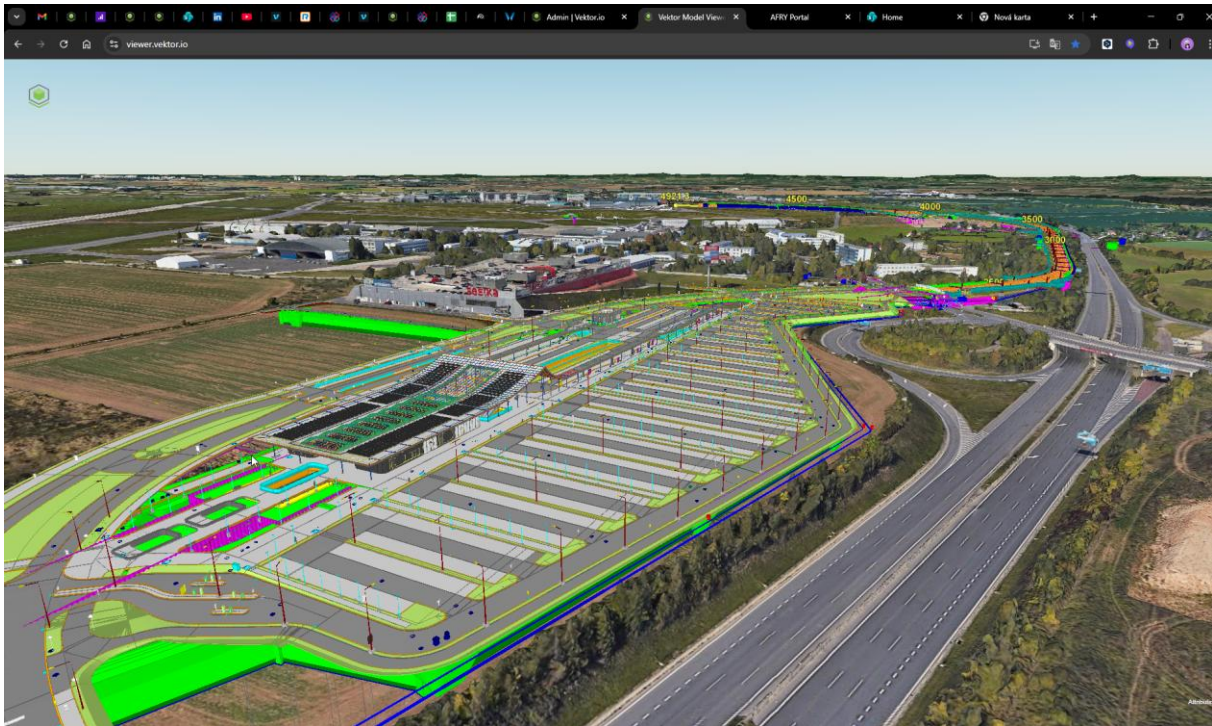


Figura 3: El modelo de coordinación general en SW Vektor.io integra datos CAD/BIM/GIS y nubes de puntos en un único navegador web

El objetivo es que la información contenida en los modelos 3D prevalezca sobre la documentación 2D, permitiendo que los funcionarios y las autoridades competentes trabajen directamente con modelos digitales 3D de edificios en formato IFC.

Para que este proceso sea eficaz, los promotores deben definir con claridad **el nivel de información requerido (LOIN)** mediante **la especificación de entrega de información (IDS)**, un formato legible tanto por máquinas como por personas que permite

la validación automatizada de modelos, eliminando los errores y reduciendo la subjetividad en la verificación de datos.

La gestión digital de la construcción basada en modelos constituye un paso esencial para agilizar la fase de preparación de la obra.

La «Ley BIM», o Ley sobre la gestión de la información de la construcción y el entorno construido, aprobada con el número 330/2025 Coll., establece la obligación de utilizar este enfoque en los contratos públicos a partir de 2027.

<b>Cómo procedimos:</b>	<b>Cómo procederíamos hoy:</b>
<p><i>En la República Checa, la gestión digital de la construcción aún se encuentra en una fase incipiente, y el envío de archivos PDF en 2D resultó ser un problema. Por otro lado, lo que funcionó bien fue la comunicación con los clientes sobre las muestras de datos para aclarar los detalles gráficos de los futuros modelos. Todavía no hemos recibido ningún archivo IDS de ningún cliente checo. Para nuestras propias necesidades, creamos archivos IDS para comprobar la información no gráfica antes de su presentación. Realizamos la comprobación utilizando la extensión CDE Trimble Connect IDS Validator.</i></p>	<p><i>Esperamos recibir ahora archivos IDS de los clientes para una asignación inequívoca y una validación transparente posterior. De lo contrario, procederíamos de la misma manera.</i></p>

## CDE: FUENTE ÚNICA DE INFORMACIÓN Y MODELO FEDERADO

Toda colaboración, no solo en los proyectos de gran envergadura, debe desarrollarse en un **entorno de datos común (CDE)** que actúe como repositorio central y **referencia única de la información**. El CDE, como **Trimble Connect**, permite compartir modelos en tiempo real en formatos abiertos, gestionar revisiones y coordinar tareas mediante herramientas como las listas de pendientes (ToDo) o el formato BCF (BIM Collaboration Format).

El principio clave aquí es el **modelo federado (combinado)**. Es un mito que todos los objetos de construcción deban estar contenidos en unos pocos archivos gigantes; la realidad del BIG OPEN BIM reside en la visualización simultánea de

múltiples archivos IFC parciales, correspondientes a de objetos de construcción individuales (como puentes, vías férreas, carreteras), dentro del entorno CDE. Este enfoque permite que cada diseñador defina claramente su responsabilidad sobre su objeto de construcción específico (CO), mientras que el ingeniero jefe de diseño (HIP cz) coordina el conjunto. Solo los submodelos se representan como archivos IFC, mientras que los modelos profesionales y de coordinación funcionan esencialmente como una «vista de base de datos» dentro del CDE.

## CONSTRUCCIÓN BASADA EN MODELOS (CONSTRUCCIÓN SIN PLANOS)

El enorme potencial de BIG OPEN BIM se manifiesta especialmente en la fase de ejecución, concretamente en el concepto de «construcción

<i>Cómo procedimos:</i>	<i>Cómo procederíamos hoy:</i>
<p><i>El principio del modelo federado en Trimble Connect CDE cumplió plenamente nuestras expectativas. Por ejemplo, en el proyecto «Modernización de Praga Ruzyně (exterior) - Aeropuerto de Praga (exterior) en BIM», el modelo de coordinación federado estaba compuesto de 319 archivos IFC individuales de objetos de construcción (CO) en 3D, con un tamaño total de 3,12 GB. La asignación clara de responsabilidades a los garantes profesionales autorizados, junto con la flexibilidad que permite mostrar simultáneamente el conjunto completo de CO, constituyen ventajas evidentes.</i></p>	<p><i>Hoy en día procederíamos de la misma manera, salvo que utilizaríamos la conexión con Trimble Connect y Vektor.io para el contexto GIS y BIM.</i></p>

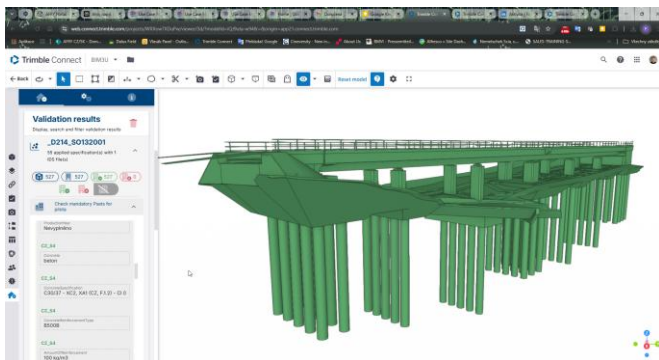


Figura 4: Validación interactiva del paso elevado utilizando la extensión IDS Validator en CDE Trimble Connect

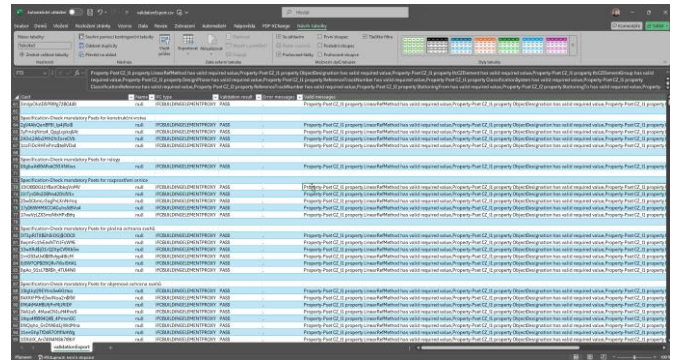


Figura 5: Resultado tabular de la validación del sobrevuelo desde la extensión IDS Validator en CDE Trimble Connect

sin planos». La construcción basada en modelos forma parte del enfoque **BIM2Field**, que consiste en transferir los modelos BIM digitales desde la oficina (fase de diseño) directamente a la obra para su utilización en el campo durante la fase de ejecución.

Un proyecto sin planos no significa una falta de información, sino que la información se transfiere a modelos 3D IFC, que son suficientes y están listos para su uso directo en la obra.

Los modelos alojados en el CDE se utilizan para el replanteo, el control de las máquinas dobladoras de armaduras y como fuente principal de información para los trabajadores a través de quioscos digitales o dispositivos móviles.

La experiencia internacional demuestra que este enfoque reduce drásticamente los costes adicionales. Mientras que los proyectos basados

únicamente en planos 2D tienen un sobrecoste medio de aproximadamente el **19 %** en infraestructuras, esta cifra se reduce al **5 %** en los proyectos basados en modelos.

Aunque los diseñadores dedican aproximadamente un 20 % más de tiempo al modelado, el ahorro en la ejecución real del proyecto basado en modelos es mucho mayor, gracias a la eliminación de colisiones y errores.

Ejemplos como el puente Randselva en Noruega (véase [e-BrIM número 03/2021](#)), construido sin un solo plano 2D, el proyecto basado en modelos de la autopista 4 Kirri-Tikkakoski en Finlandia y el puente Ramfjord, ejecutado por Metrostav Norge AS, demuestran que la construcción sin planos 2D no es una utopía, sino una realidad hoy en día, al menos en los países nórdicos.

## Cómo procedimos:

*En lo que respecta a la construcción basada exclusivamente en modelos, tuvimos la oportunidad de participar como diseñadores de puentes, en un proyecto para nuestros colegas de Noruega. En la República Checa, nos pusimos en contacto con varias empresas constructoras, para proponerles proyectos piloto a pequeña escala, por ejemplo, en el ámbito de las estructuras de hormigón armado, sin embargo, hasta ahora no hemos obtenido resultados positivos.*

## Cómo procederíamos hoy:

*Estamos tratando de aprovechar la experiencia de nuestros colegas de Noruega, donde entre el 60 % y el 80 % de la construcción de infraestructuras de transporte ya se realiza utilizando este método. Nos encantaría que alguna empresa constructora interesada en liderar esta tecnología se pusiera en contacto con nosotros, buscando un socio adecuado entre los equipos de diseñadores.*



Figura 6: Visualización simultánea del modelo de vía en corte, modelo de paso elevado y ortofoto WMS de la República Checa en SW Vektor.io

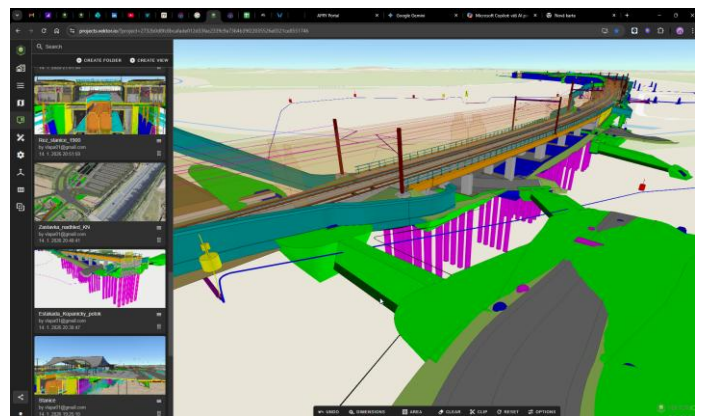


Figura 7: Visualización simultánea del modelo de vía en un corte, modelo de sobrevuelo y fondos de mapa en el software Vektor.io

## BIM NO ES UNA PROFESIÓN, ES UNA HABILIDAD

En conclusión, es importante destacar que **BIM no es una profesión independiente**, sino una habilidad que todo diseñador, contratista y cliente debe adquirir. Lo ideal es que el diseñador responsable (en la República Checa, una persona autorizada por la Cámara Checa de Ingenieros y Técnicos Autorizados Activos en la Construcción) sea también el creador de su modelo digital 3D en IFC, del que es responsable. La división del modelo de información en **PIM (modelo de información del proyecto)** y **AIM (modelo de información de activos)** permite definir claramente los límites de responsabilidad entre el diseñador, el contratista y el gestor de las instalaciones.

**BIG OPEN BIM es una oportunidad para todos**, no solo para las grandes empresas que poseen costosos programas informáticos registrados. Las normas abiertas, como IFC 4.3, LandXML e IDS, permiten a las pequeñas y medianas empresas participar en grandes contratos públicos y pueden contribuir a garantizar que las infraestructuras de transporte checas se construyan de forma eficiente, transparente y de acuerdo con las normas internacionales.

## CONCLUSIÓN

BIG OPEN BIM representa un requisito previo fundamental para la ejecución eficaz de grandes proyectos de infraestructura de transporte.

Al basarse en estándares internacionales abiertos como IFC 4.3, LandXML e IDS, posibilita una colaboración transparente e independiente del software entre disciplinas y países, reduce la dependencia de proveedores y facilita la participación de expertos a escala global.

La integración de BIM y GIS, el uso de modelos federados dentro de un CDE y la transición hacia procesos de aprobación y construcción basados en modelo, contribuyen de manera significativa a mejorar la calidad de los datos, la eficiencia en la coordinación y el control de costes a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

BIG OPEN BIM no es simplemente una tendencia tecnológica, sino un cambio sistémico que desplaza el foco de atención de los documentos a los datos estructurados y validados y establece una base sólida para la gestión digital de la construcción y la construcción sin planos.

### **Cómo procedimos:**

*Hemos podido confirmar la validez de este enfoque en nuestros proyectos. BIM no es una nueva profesión, sino una competencia que pueden adquirir todos los participantes en el proceso de la construcción. Por el contrario, la aparición de muchas «especialidades BIM» (gestor, coordinador, modelador, etc.) sin requisitos educativos claros, responsabilidades definidas y coherencia con la matriz de responsabilidades del proyecto existente representa un obstáculo para la comunicación eficaz y la gestión del proyecto. Surge la pregunta: ¿Qué responsabilidad tienen estas «especialidades BIM» respecto a la construcción cuando los profesionales autorizados ya son responsables de especialidades clave?*

### **Cómo procederíamos hoy:**

*Seguiríamos eliminando las funciones duplicadas. Facilitando y haciendo más transparente la comunicación, además de incrementar la eficiencia del proceso. Así, el garante de cada disciplina asumiría también el rol de coordinador BIM de su especialidad, mientras que el HIP desempeñaría la función de coordinador BIM general.*

*BIG OPEN BIM es como estandarizar el ancho de vía: independientemente del fabricante de la locomotora, mientras todos respetemos la misma distancia entre los raíles, podemos conectar el mundo entero.*

# DISEÑO, INTEGRACIÓN Y GESTIÓN DIGITAL 3D DEL PUENTE DANJIANG, TAIWAN

*Allen Teng, Architect, Structural Engineering Department; Yih-Jer Lan, Engineer, Structural Engineering Department; Shun-Yuan Lin, Technical Manager, Structural Engineering Department; Wen-Tsung Chan, Vice President  
Sinotech Engineering Consultants, Ltd.*



*Figura 1: Modelo 3D del puente Danjiang*

## I. INTRODUCCIÓN

La construcción de puentes desempeña un papel crucial en el transporte. Especialmente en Taiwán, situado en la zona sísmica de Asia-Pacífico, los desastres naturales ocurren con frecuencia y la construcción de puentes se enfrenta a retos en materia de diseño, mantenimiento y monitorización.

La construcción de puentes tiene un ciclo de vida largo y requisitos de seguridad elevados, abarcando el diseño, la construcción, la inspección, el mantenimiento y la respuesta ante desastres. Son numerosas las áreas de ingeniería

involucradas y cada vez es más importante guardar, integrar, mantener y difundir los datos de ingeniería.

Por ello, se utilizan BIM y una metodología digital 3D, comenzando desde la fase de diseño de ingeniería del puente, enlazando con su análisis estructural e instalaciones auxiliares relacionadas e integrando distintas disciplinas incluida la gestión del proyecto.

Además, este trabajo se extiende a todas las etapas de construcción, operación y mantenimiento, para lograr el objetivo de un transporte inteligente.

Este artículo utiliza el puente Danjiang en Taiwán como ejemplo para ilustrar cómo se puede utilizar el software Dassault 3DExperience para lograr los resultados deseados en la ejecución del proyecto, y a continuación demuestra la aplicación de esta tecnología a un puente estándar de vigas cajón pretensadas, incluyendo el modelado de las vigas, las pilas y la estructura del puente.

Además, se explican la torre o pilón, vigas de acero del puente principal, cables de acero, postes de iluminación, pilas, comprobaciones de interferencias, nubes de puntos y modelos del terreno, plataformas en la nube para colaboración BIM, gestión BIM y recomendaciones para la verificación en obra.

Para puentes generales de vigas cajón pretensadas, se explica la definición del trazado de la carretera, el sistema de coordenadas geodésicas, la construcción del modelo BIM del puente (modelado BIM, construcción de tendones de acero pretensados, armado de las vigas cajón y cálculos de cuantificación), y la integración con otros modelos profesionales (como con otras obras subterráneas).

## **II. SOFTWARE BIM**

Debido a la división del trabajo, el software 3D general y el software BIM suelen emplear métodos diferentes para los distintos tipos de puentes. La combinación de una misma función en distintos programas, como el trazado, el modelado 3D, el armado estructural, las tuberías, la nube de puntos, el terreno, etc, implica la gestión de la integración, exportación/volcado de archivos entre las aplicaciones de distintas disciplinas.

En el caso del puente Danjiang, desde el inicio del proyecto BIM se han tenido en cuenta las siguientes cuestiones relacionadas:

- Idoneidad del software BIM para el modelado de superficies complejas, con requisitos de alto nivel de detalle y gran escala (la plataforma debe ser capaz de procesar más de 2 km de modelos detallados).
- La multidisciplinariedad del BIM, que permita trabajar en el diseño, la fabricación, la construcción, la supervisión y las futuras operaciones de mantenimiento, y que sea una plataforma en la nube que abarque las distintas fases permitiendo el trabajo desde distintos países.

Zaha Hadid Architects (ZHA), líder arquitectónico y estético del puente Danjiang, aplicó Dassault 3DExperience al inicio del proyecto. En los últimos años, también se ha vuelto común ver su aplicación en proyectos internacionales.

Dassault Systèmes lleva más de 30 años aplicando su software en 12 sectores, entre ellos el aeroespacial y el automovilístico.

Ha evolucionado desde el diseño 3D, la fabricación 3D y la gestión del ciclo de vida del producto (PLM) hasta la actual Dassault 3DExperience (integración intersectorial), lo que también refleja la tendencia de la evolución industrial en las últimas décadas. Para el proyecto del puente de Danjiang se adaptó Dassault 3DExperience. Tras su implementación, se confirmaron sus beneficios y se demostró que era suficiente para gestionar la complejidad del proyecto.

## **III. ILUSTRACIÓN DEL CASO DEL PUENTE DE DANJIANG**

El proyecto se describe desde la perspectiva del BIM en relación con los siguientes temas clave:

### **1. MODELADO DEL PUENTE**

Los puentes son proyectos altamente funcionales, y la integración de su forma y diseño estructural es una consideración crucial a la hora de evaluar los requisitos del emplazamiento, el patrimonio cultural y el paisaje circundante.

En este caso, ZHA utiliza 3DExperience para controlar estrictamente la forma general del puente. El pilón del puente está situado en la línea central de las vigas de acero del puente principal, que lo rodean. Como la rasante de la carretera cambia, las vigas de acero del puente principal cambian en consecuencia en cada sección.

### **2. PILÓN DEL PUENTE**

El pilón del puente se controla mediante varias guías, como se muestra en la figura 2. Además, el pilón del puente y la alineación de la carretera también controlan la inclinación de los cables y las guías de las farolas, garantizando que, cuando se modifica el trazado de la carretera, la forma global se modifica en consecuencia.

Leonhardt, Andrä und Partner VBI AG de Alemania, consultora de diseño estructural del puente principal, no solo realizó análisis

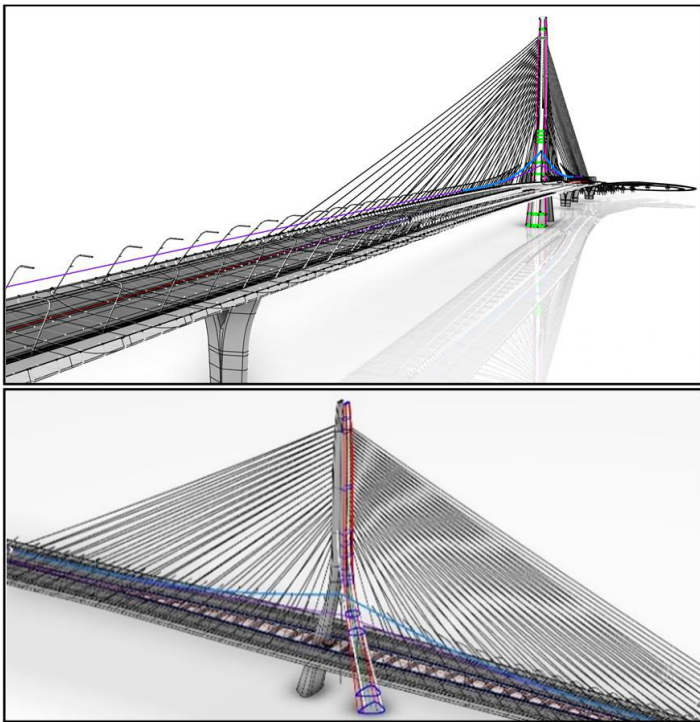


Figura 2: Trazado de la carretera y líneas asociadas

numéricos, sino que también elaboró tres modelos BIM a gran escala, que se imprimieron en 3D para realizar pruebas en túnel de viento de todo el puente, incluyendo el pylon, el tablero y las farolas.

El pylon, de geometría aparentemente simple, con una sección curva que se reduce de abajo hacia arriba, capa por capa, supuso un gran reto para el encofrado y el montaje de la estructura de acero.

El modelo de la torre del puente se seccionó en tramos de 4 m y se generaron superficies. La mayor parte del encofrado se analizó para evaluar su viabilidad, mientras que las superficies positivas y negativas se ejecutaron utilizando encofrados de acero.

Como cada sección del pylon del puente tiene una forma de superficie 3D diferente, los fabricantes de encofrado tuvieron que utilizar un sistema de modelización de la construcción que permitiera definir y dividir las secciones de encofrado con el fin de mejorar su precisión.

Debido a las variaciones en las superficies 3D dentro de cada sección, hay múltiples capas de armadura horizontal y vertical, variando además la

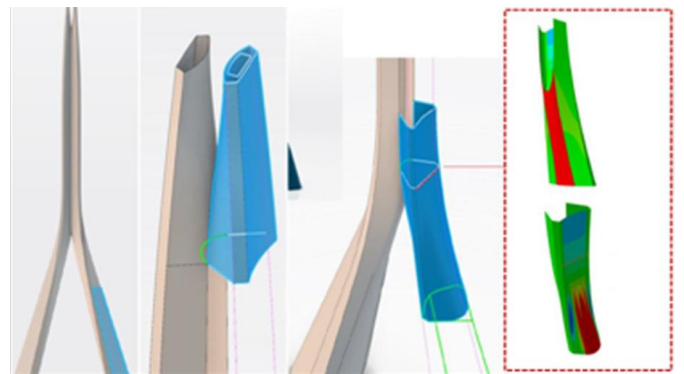


Figura 3: Análisis de la superficie del pylon del puente

curvatura y la longitud de cada barra de acero. Esto planteó la cuestión de cómo crear planos 2D tradicionales y montar las barras de la armadura «en el aire».

Debido al calendario ajustado de cada tramo, fue necesario construir un modelo de armadura para revisar y resolver problemas.

Durante el proceso de modelado de la armadura, se detectó que determinadas zonas del montaje requerían una atención especial para resolver incidencias antes de la construcción.

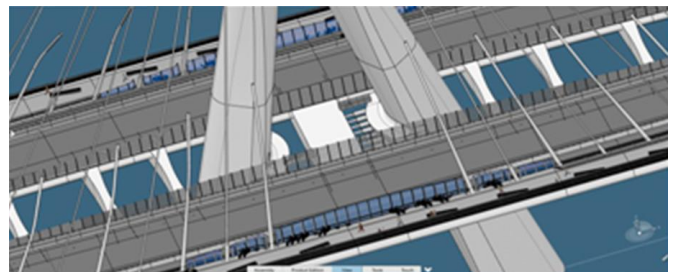


Figura 4: Cables de acero y farolas

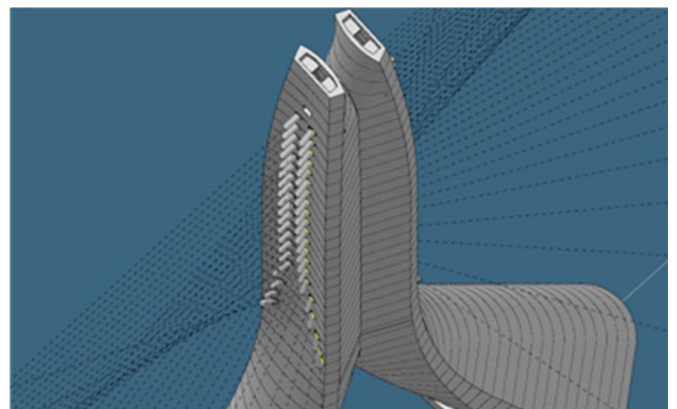
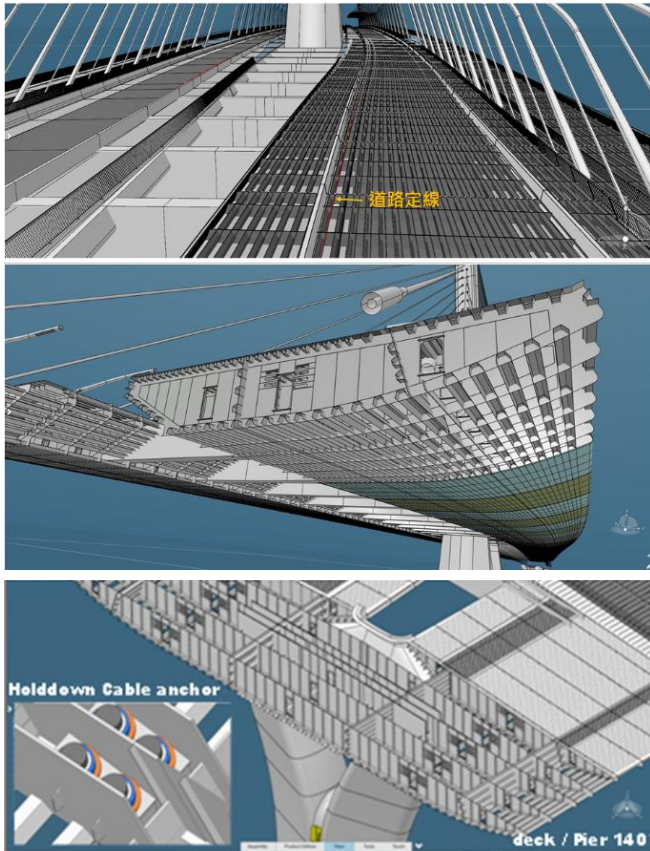


Figura 5: Torre o pylon del puente



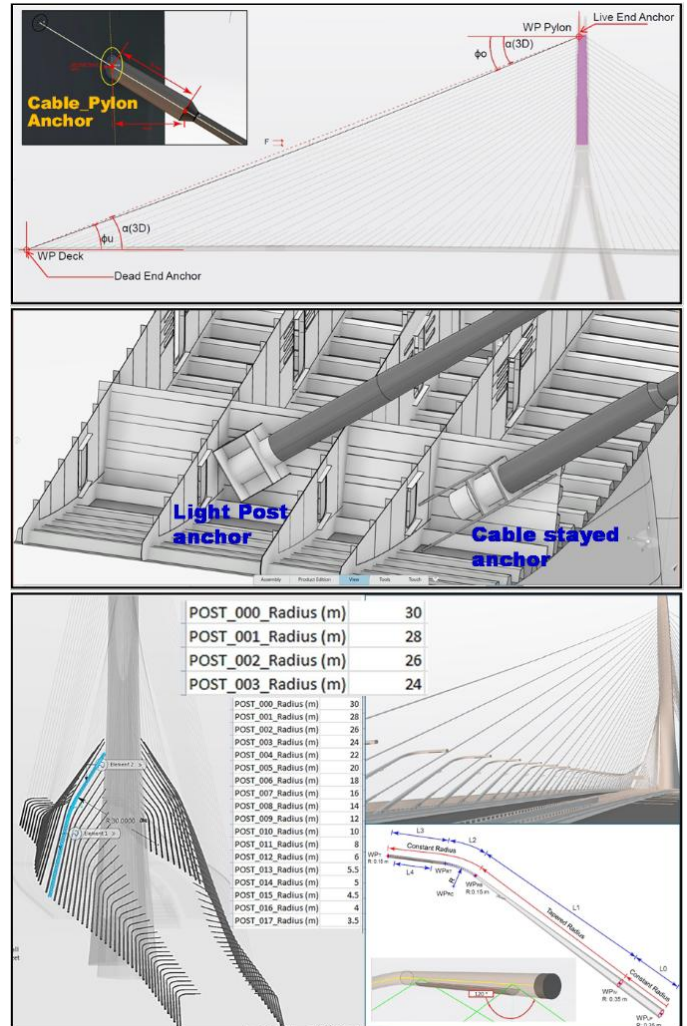
Figuras 6 - 8: Vigas de acero del puente principal (tablero)

### 3. TABLERO DEL PUENTE PRINCIPAL, CABLES DE ACERO ATIRANTADOS Y FAROLAS

El trazado de la carretera afecta a todas las vigas principales del puente, y si cambia su definición, se debe actualizar todo el modelo de vigas principales del puente. En el extremo de Tamsui, se ha dispuesto de una losa de hormigón sobre las vigas de acero de la sección unida del puente principal para equilibrar las fuerzas de elevación del puente asimétrico.

Los cables de acero atirantados y las farolas están dispuestos de forma escalonada y anclados a las vigas de acero del puente principal.

El ángulo de los anclajes se ve afectado por el trazado de la carretera, las pilas del puente y la flecha de los cables. Además, la sección elíptica entre cada anclaje y el tablero del puente varía. Por lo tanto, es necesario utilizar el modelo para obtener la sección y proporcionar una referencia para los planos de despiece de la armadura.



Figuras 9 - 11: Farolas, cables y sus anclajes

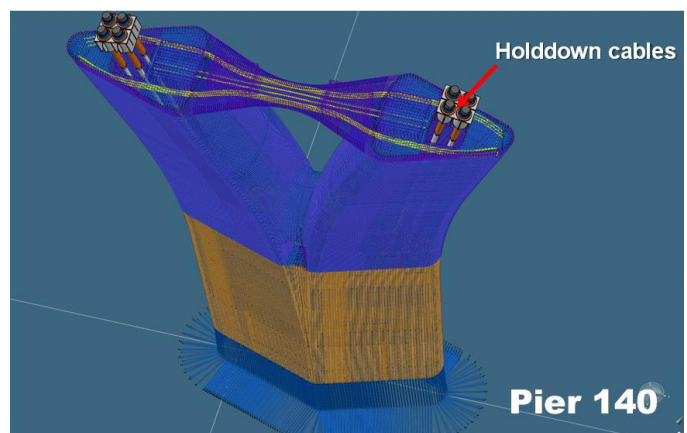


Figura 12: Pila 140 con un cable de sujeción

# e-BrIM

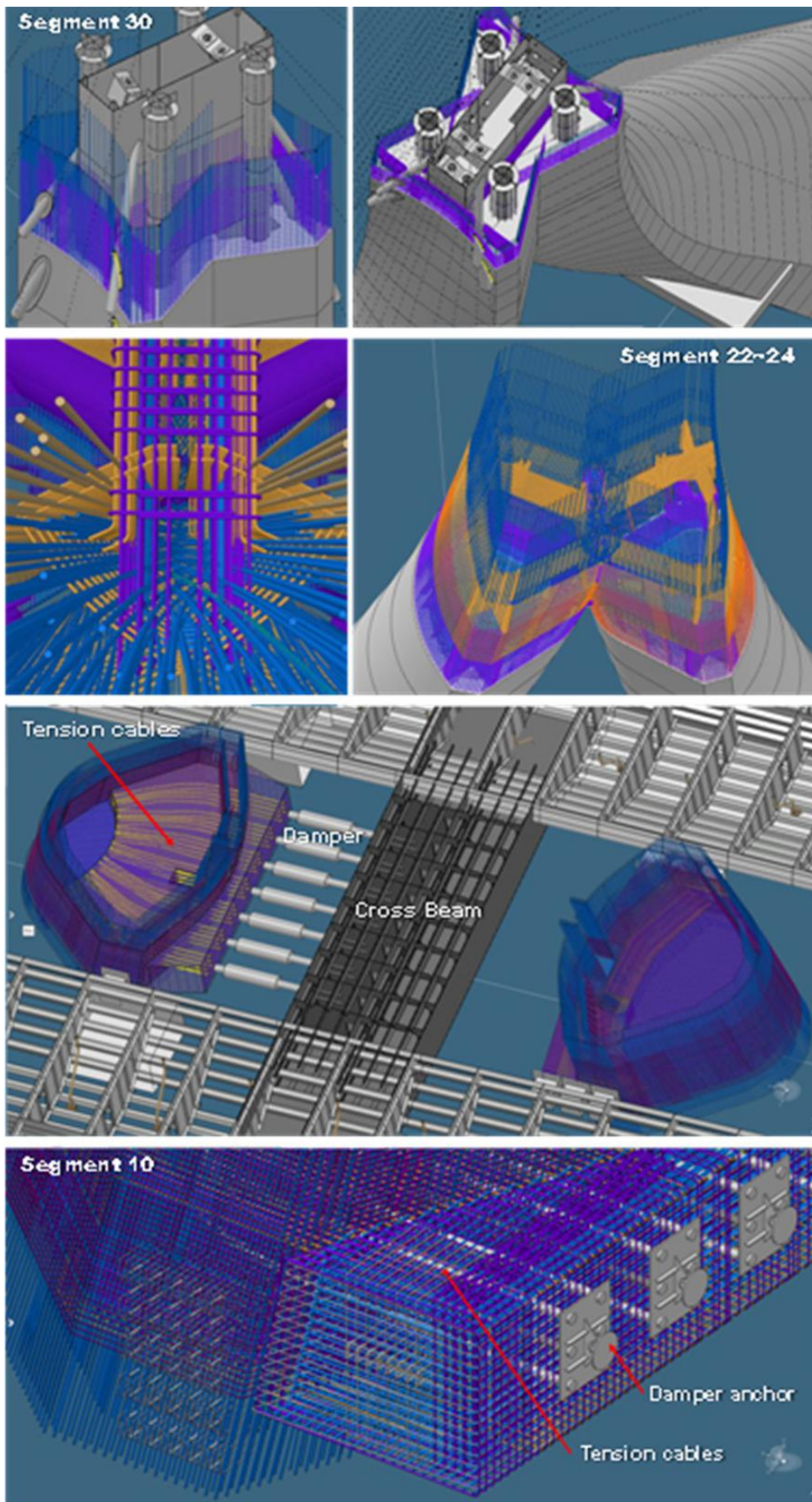


Figura 13: Modelo de armadura

## 4. PILAS DEL PUENTE PRINCIPAL

Las pilas se cortan y moldean en un ángulo tridimensional, tienen la misma forma, pero con diferentes configuraciones de la armadura debido a los distintos esfuerzos. Por ejemplo, la pila 140, como se muestra en la figura 12, tiene un cable de sujeción en el extremo de Tamsui que ancla las vigas del puente principal.

## 5. PRUEBA DE COLISIÓN (COMPROBACIÓN DE INTERFERENCIAS)

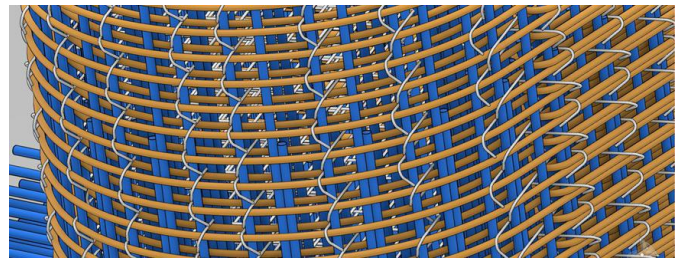
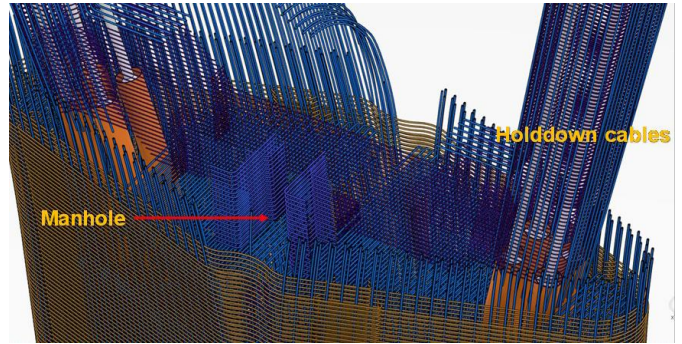
Para el análisis de interferencias, por ejemplo, en la revisión de los impactos entre los manguitos de los tendones y las barras de la armadura, etc, se utilizó la aplicación Interference App.

## 6. NUBE DE PUNTOS DEL TERRENO Y MODELADO DEL TERRENO

Se utilizó LiDAR aéreo para escanear la zona. Posteriormente, los datos se importaron a la plataforma Dassault 3DExperience, que los convierte en un modelo de terreno en 3D basado en coordenadas geodésicas y generando curvas de nivel que pueden integrarse con puentes y obras viales.

## 7. PLATAFORMA DE COLABORACIÓN CLOUD BIM Y GESTIÓN BIM

Dassault 3DExperience no solo cuenta con Catia para crear modelos 3D, sino que también incluye Enovia como plataforma de colaboración BIM. En su aplicación de gestión de proyectos, puede vincular modelos y archivos relacionados, y configurar procesos de control, seguimiento del avance y asignación de recursos.



Figuras 14 y 15: Modelo de barras de refuerzo de la armadura

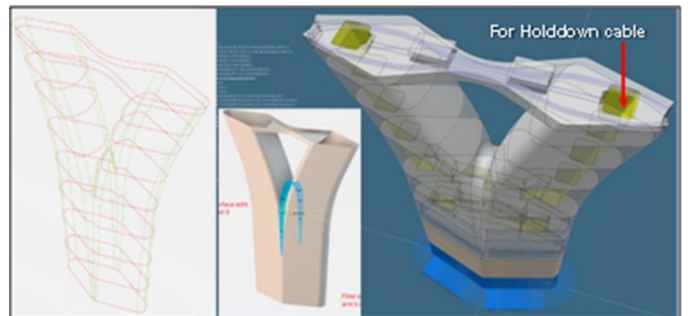
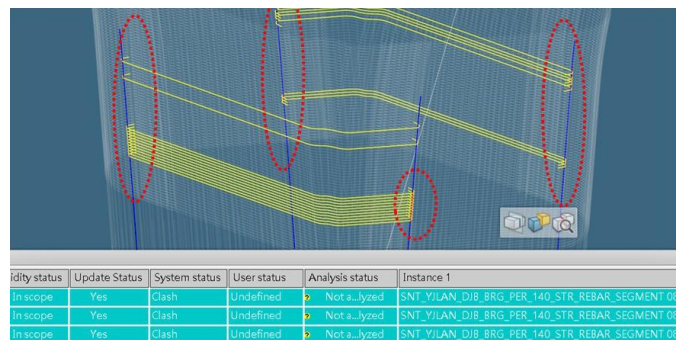
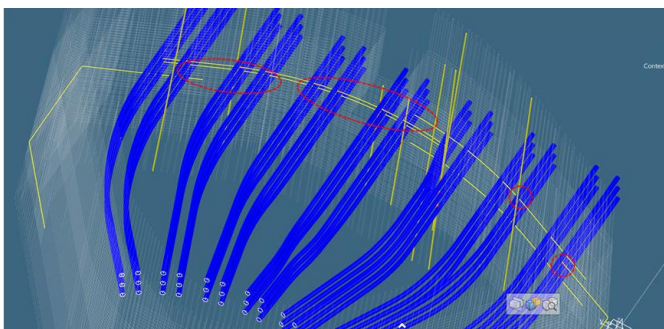


Figura 16: Proceso de modelización de la pila



Figuras 17 y 18: Prueba de colisión entre el refuerzo y la carcasa

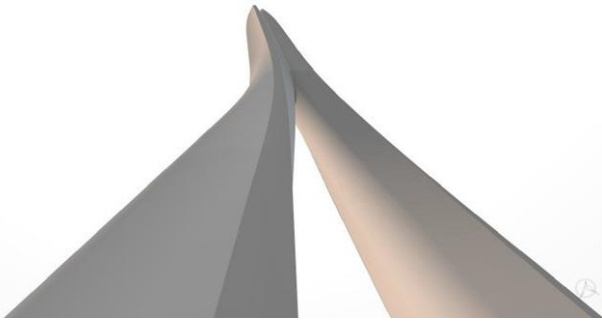


Figura 19: Punto de vista en la plataforma situada debajo del pilón del puente

Los promotores, los gestores de proyectos y todos los agentes implicados también pueden acceder a la plataforma a través de un navegador web para ver el modelo, por ejemplo, el progreso de la construcción del encofrado del pilón del puente.

## 8. PROPUESTA PARA LA VERIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

Tras la finalización del puente Danjiang, los turistas podrán disfrutar de la plataforma de observación situada debajo del pilón del puente (Figura 19).

El ángulo de visión debajo del pilón del puente es excelente para tomar fotos. Este fue uno de los aspectos para los que se utilizó el modelado. Como resultado, el encofrado del hormigón es uno de los elementos clave del pilón del puente.

Debido a la compleja geometría que es curva y variable es necesario capturar un gran número de puntos (XYZ) para confirmar su correcta forma. Siendo necesario un tiempo importante para la toma y verificación de las mediciones.

Para la toma de datos in situ, se podrá utilizar un escáner láser 3D en combinación con una estación total.

Con la plataforma de colaboración BIM basada en la nube, se pueden comparar las diferencias entre el modelo proyectado y el construido, obteniéndose los resultados de los análisis rápidamente.

## IV. PUENTES DE VIGA CAJA PRETENSADA GENERALES

Sobre la base de los fundamentos técnicos mencionados anteriormente, también se puede aplicar a puentes estándar, como los puentes de vigas cajón pretensadas.

## 1. DEFINICIÓN DEL TRAZADO DE LA CARRETERA Y CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE COORDENADAS GEODÉSICAS

El trazado en la ingeniería de carreteras y vías férreas es esencial. En la fase de diseño del trazado, es necesario pasar por muchas versiones antes de finalizarlo.

El impacto posterior es significativo y, para abordarlo, 3DExperience importa los datos de trazado, al tiempo que configura un sistema de coordenadas geodésicas para los puentes y los modelos relacionados.

Vinculándose estos al trazado, esto permite que cualquier modificación del trazado actualiza automáticamente el puente y los modelos relacionados.

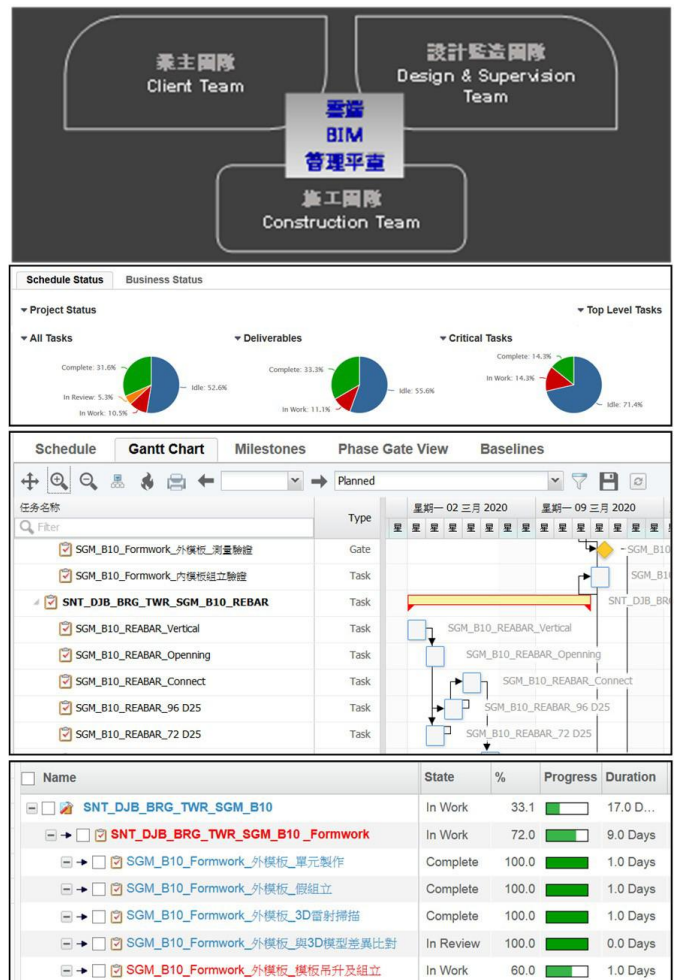


Figura 20: Plataforma de colaboración BIM en la nube y control del progreso

## 2. MODELADO BIM DE VIGAS DE PUENTES

### 2.1 Modelado BIM de puentes

Actualmente, el software de análisis estructural y el software BIM son independientes entre sí.

Por lo tanto, a partir de los resultados del análisis estructural de la viga del puente, la información de la sección de la viga se introduce en una hoja de Excel, que se vincula a la plataforma BIM y al trazado de la carretera para producir un modelo BIM de la viga del puente.

### 2.2 Construcción de tendones de pretensado

Los puentes de viga cajón pretensada se dividen en puentes de un solo vano y puentes de vano continuo, y el tipo de sección se divide en vigas cajón de sección fija y de sección variable, con separadores y bocas de inspección en cada extremo de la viga cajón, y los tendones de pretensado se configuran en el alma de la viga cajón. Al mismo tiempo, la línea central de pretensado se genera a partir del software de análisis estructural para proporcionar los requisitos de disposición de los tendones de pretensado.

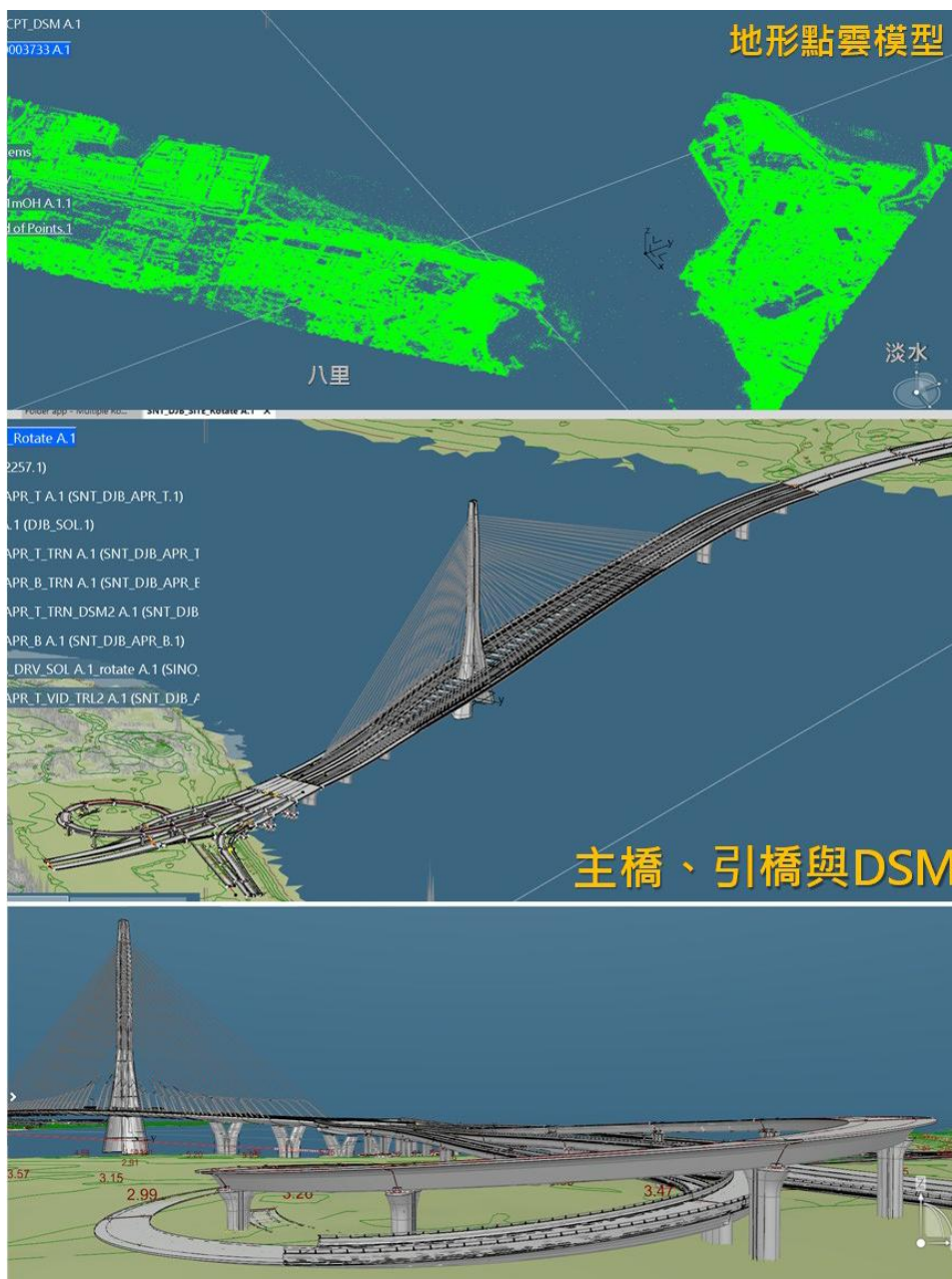


Figura 21: Nube de puntos, el puente y los modelos del terreno

La disposición de los tendones de pretensado se ve afectada por los siguientes factores: la línea central de pretensado, el trazado de la carretera y el alma de la viga cajón (por ejemplo, el ángulo).

Para la curvatura tridimensional, se formulan ecuaciones de curvatura de los tendones de pretensado para construir el modelo de tendones de pretensado, teniendo en cuenta los factores mencionados anteriormente.

### **2.3 Construcción del armado para vigas cajón**

Se utiliza la aplicación Reinforcement con el módulo Dassault 3DExperience\_Civil. Su base de datos contiene información y especificaciones de todos los tipos de barras de armadura. Por ello, se pueden definir armaduras fácilmente introduciendo las especificaciones de las barras, la separación, las patillas de doblado y otros parámetros relevantes.

### **2.4 Modelado BIM y medición de las pilas de puentes**

Primero puede definirse el modelo BIM de las pilas, especificando sus ubicaciones y orientaciones dentro del trazado de la carretera.

Los datos de las pilas se introducen en una hoja de Excel y después se vinculan a la plataforma BIM para generar el modelo de cada pila.

La aplicación Reinforcement del módulo Civil se utiliza para definir las armaduras introduciendo las especificaciones de las barras, la separación, las patillas y otros parámetros relevantes.

## **3. INTEGRACIÓN DE OTROS MODELOS PROFESIONALES**

### **3.1 Integración con modelos relacionados**

Las tuberías auxiliares del puente, las instalaciones relacionadas (barandillas, pantallas acústicas, farolas, vías, cables aéreos, etc.) y los modelos de obras viales se vinculan al trazado de la carretera y se actualizarán para reflejar cualquier cambio en el mismo.

Además, se pueden importar ortofotos y otros datos del entorno con el fin de modelar el objeto alineándose con su entorno.

### **3.2 Integración con otras obras subterráneas**

Algunos proyectos de puentes pueden estar adyacentes a otros proyectos subterráneos. Dassault 3DExperience también se puede aplicar a proyectos de cableado subterráneo, integrando obras subterráneas y de superficie.

## **V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En los últimos años, los retos de la ingeniería han evolucionado hacia proyectos de gran escala, cada vez más complejos y exigentes en precisión, lo que obliga a una integración multidisciplinar.

Además, abarcan todo el ciclo de vida de las infraestructuras—diseño, construcción y operación / mantenimiento—e implican disciplinas como la ingeniería civil, la arquitectura, el ámbito ferroviario, la ingeniería mecánica y eléctrica, las tecnologías de la información y otros sectores clave de la construcción.

Por tanto, los retos a los que se enfrentan los ingenieros ya no pertenecen en exclusiva a una única especialidad, sino que exigen enfoques cada vez más integradores, holísticos y multidisciplinarios, con una tendencia creciente hacia la colaboración intersectorial.

En este contexto, adoptar métodos, herramientas y plataformas sistemáticas y adecuadas para abordar estas necesidades se convierte en una solución práctica y eficaz.

El puente Danjiang es el primer proyecto de obra pública en Taiwán que incorpora la tecnología «TEMPUS».

Constituye un caso real de implantación de Dassault 3DExperience, cuya eficacia ha quedado demostrada para gestionar un proyecto de esta complejidad. No obstante, sigue siendo necesario profundizar y desarrollar soluciones técnicas y profesionales adaptadas a distintos tipos de proyectos.

En este sentido, Dassault 3DExperience no solo es aplicable a puentes, sino también a proyectos arquitectónicos y de infraestructuras con geometrías complejas, tal como evidencian diversos casos de estudio internacionales.

# INTEGRACIÓN DEL PUENTE DANJIANG Y LA SOSTENIBILIDAD MEDIOAMBIENTAL

*Rong-Ruey Lee, Technical Manager, Geotechnical Engineering Department;*

*Chia-Ning Yang, Director of Watershed Solutions Centre,*

*Hydraulic Engineering Department;*

*Chen-En Chiang, Associate Vice President, Geotechnical Engineering Department;*

*Sinotech Engineering Consultants, Ltd.*



*Figura 1: Puente Danjiang, diseñado por Zaha Hadid Architects, renderizado por negativ.com*

## INTRODUCCIÓN

El río Danshui, también conocido como río Tamsui en Taipéi (Taiwán), es famoso tanto por sus espectaculares puestas de sol, como por sus humedales nacionales y ecosistema autosostenible que se desarrolla en su desembocadura.

Las reservas naturales de la zona constituyen hábitats clave para la alimentación de especies protegidas y actúan como áreas de tránsito y nidificación para numerosas aves migratorias.

En este contexto, la funcionalidad, la ingeniería avanzada y la calidad constructiva son requisitos fundamentales para el puente de Danjiang, cuya misión es lograr una integración sostenible con el paisaje y el entorno ecológico.

En este artículo se analizan las medidas adoptadas para alcanzar dicha integración, incluyendo la armonización con el paisaje y el entorno cultural, la protección ecológica, la implementación de medidas de ahorro energético y reducción de carbono, y un diseño duradero.



torre con vanos asimétricos, buscando líneas simples y elegantes que armonicen con el paisaje (véase *e-mosty septiembre: «Puente Danjiang. Parte I»*).

Asimismo, esta solución estructural tiene en cuenta la protección del entorno ecológico, así como el ahorro energético y la reducción de carbono, que constituyen prioridades fundamentales del proyecto.

La posición final de la torre del puente está orientada hacia el río y la ciudad, cumpliendo con los requisitos paisajísticos y ofreciendo una mejor vista del puente.

La estructura puede observarse desde más de diez miradores públicos, incluyendo ambas orillas del río Tamsui y la Autopista Azul, durante todo el año.

El puente permanecerá integrado en el paisaje de la desembocadura durante mucho tiempo, combinando funcionalidad y belleza. Cuando su forma despierte una respuesta emocional en el espectador, se convertirá en parte de la vida cotidiana y del entorno, fusionándose con la naturaleza que lo rodea.

### Integración del paisaje y el diseño

El puente Danjiang está diseñado para tener una vida útil de 120 años, un periodo que supera ampliamente la esperanza de vida humana y que es considerablemente mayor que la de la mayoría

de los proyectos de obra pública. Esta infraestructura conectará el área metropolitana de Taipéi con importantes nodos de transporte internacional, como el puerto y el aeropuerto, por lo que será utilizada por personas procedentes de todo el mundo. En el caso de las obras públicas a gran escala, el diseño paisajístico debe ser universal y reflejar el contexto social, el nivel tecnológico de la ingeniería y el espíritu de su época.

La sociedad tiene cada vez más exigencias paisajísticas en cuanto a la integración de obras públicas, la protección del medio ambiente y la preservación de la ecología. Por ello, el diseño paisajístico no puede limitarse a una mera ecologización o a un embellecimiento superficial, sino que debe concebirse desde una perspectiva de largo plazo, con una escala de cien años. Este enfoque requiere atender cuidadosamente a las múltiples interfaces entre los distintos ámbitos profesionales y los usuarios, aspecto que se perfila como una de las claves de la estética de las obras públicas del futuro.

La tabla 1 muestra la integración de los pilares y columnas del tablero principal del puente con esculturas luminosas de perfil bajo y de múltiples capas en la interfaz de iluminación entre el puente principal y los accesos. Esta solución pone de manifiesto la intención del diseñador de lograr una integración armónica entre la infraestructura y su entorno paisajístico.

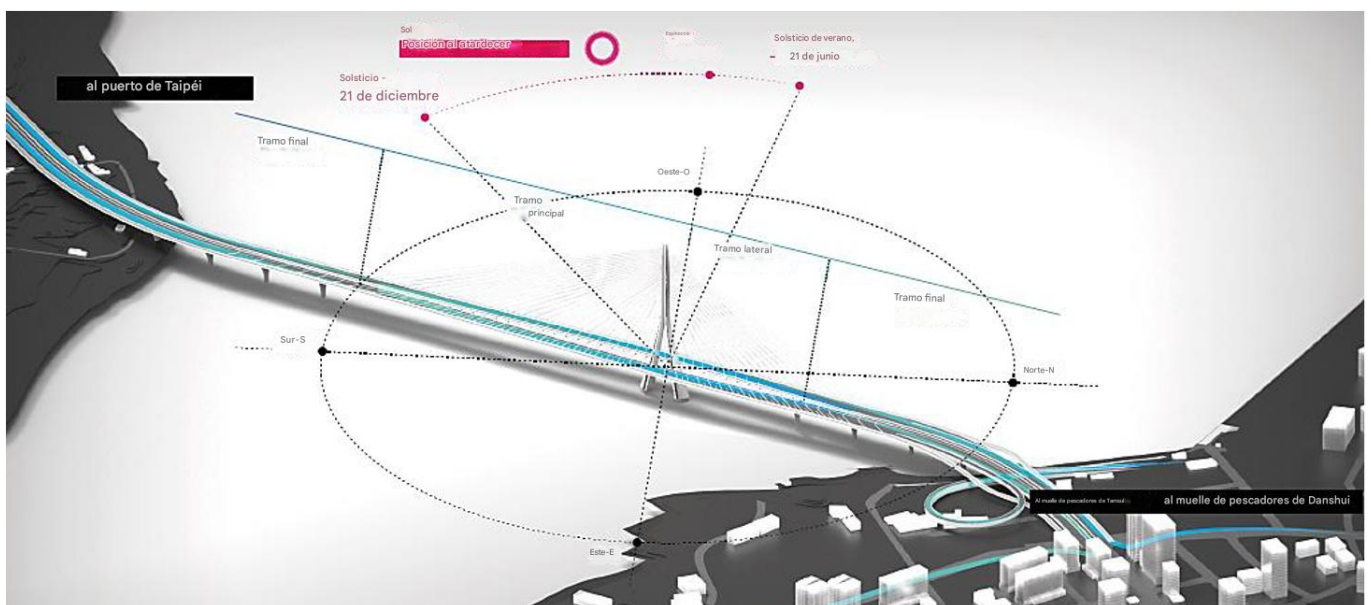


Figura 3 Representación del perfil del puente con el atardecer

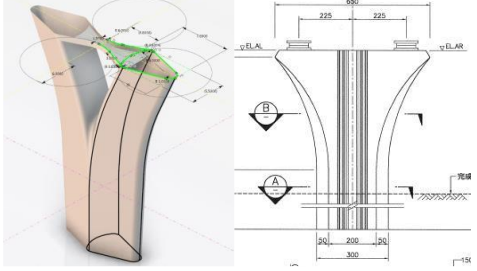
Proyecto	Descripción	Imagen
Puente principal	El plan original era que la bifurcación de la carretera en el lado de Bali comenzara en P100 y que los pilares se convirtieran en columnas múltiples después de P100.	
	Tras la optimización, la forma del tablero del puente principal continúa hasta Bali, y, una vez que entra en el área de abrigo frente a tifones, adopta una configuración diferente. En el tramo de prolongación, la estructura del tablero se modifica, pasando de una viga cajón tradicional a una sección transversal similar a la del puente principal.	
Integración de pilas y columnas	La forma de las pilas del puente de acceso y de la rampa debe mantener coherencia con la de las pilas del puente principal y la segunda pila tipo.	
	Teniendo en cuenta las características del puente principal y de la segunda pila estándar, la configuración básica adopta columnas de sección romboidal ensanchada, con una hendidura semicircular en el centro de la cara de la columna destinada a alojar la tubería de drenaje, integrando la interfaz visual entre pila y columna.	
Iluminación perimetral	Las columnas de iluminación del puente principal se inclinan progresivamente hacia el tramo atirantado, mientras que en el lado del puente de acceso se emplea iluminación vial estándar. Con el fin de articular la forma expresiva del puente principal con la iluminación vial convencional del puente de acceso, y considerando los requisitos de iluminancia de la calzada, se estableció que las luminarias del puente principal presentaran una gran inclinación en la zona próxima al anclaje de los tirantes, reduciéndose gradualmente hasta adoptar una disposición vertical en dirección al puente de acceso, recuperando asimismo la altura habitual del puente.	

Tabla 1: Ajustes de diseño para cumplir con los requisitos paisajísticos

## PROTECCIÓN MEDIOAMBIENTAL Y ECOLÓGICA

La desembocadura del río Tamsui es una zona ecológicamente sensible protegida por ley, que incluye el humedal del dique norte del puerto de Taipéi, el humedal de Watzuwei con la reserva natural y el humedal de la cuenca del río Tamsui, figura 4.

La zona circundante tiene potencial como bien cultural, por lo que la protección medioambiental del puente Danjiang es clave tanto en la fase previa a la construcción como en la de construcción.

### Protección previa a la construcción

Durante la fase de planificación y diseño, se desarrollaron las medidas de protección necesarias para las cuestiones ecológicas importantes en torno al puente principal, como se muestra en la tabla 2.

### Protección medioambiental y cumplimiento de la normativa durante la construcción

Para cumplir con los compromisos de la EIA y aplicar el concepto de conservación medioambiental, se estableció un programa de seguimiento ambiental del funcionamiento del

puente y de sus carreteras de conexión durante la fase previa a la construcción, la construcción y la operación. Se espera que, durante el periodo de seguimiento, el proyecto pueda proporcionar un análisis cuantitativo del medio ambiente, realizar una evaluación de los impactos y contribuir a valorar la eficacia de las medidas ambientales, así como a definir posibles medidas correctoras.

El programa de seguimiento se divide en tres fases:

- 1) Seguimiento medioambiental previo a la construcción (duración de 1 año)
- 2) Seguimiento medioambiental durante la fase de construcción (duración de 10 años)
- 3) Seguimiento medioambiental en la fase de operación (duración de 2 años)

La frecuencia de seguimiento se indica en la Tabla 3, y los puntos y áreas de control correspondientes se muestran en la figura 5.

Además, se dispone de estadísticas cuantitativas de los resultados del seguimiento junto con un sistema de alerta y medidas de interrupción que se pueden activar si es necesario (tabla 4).



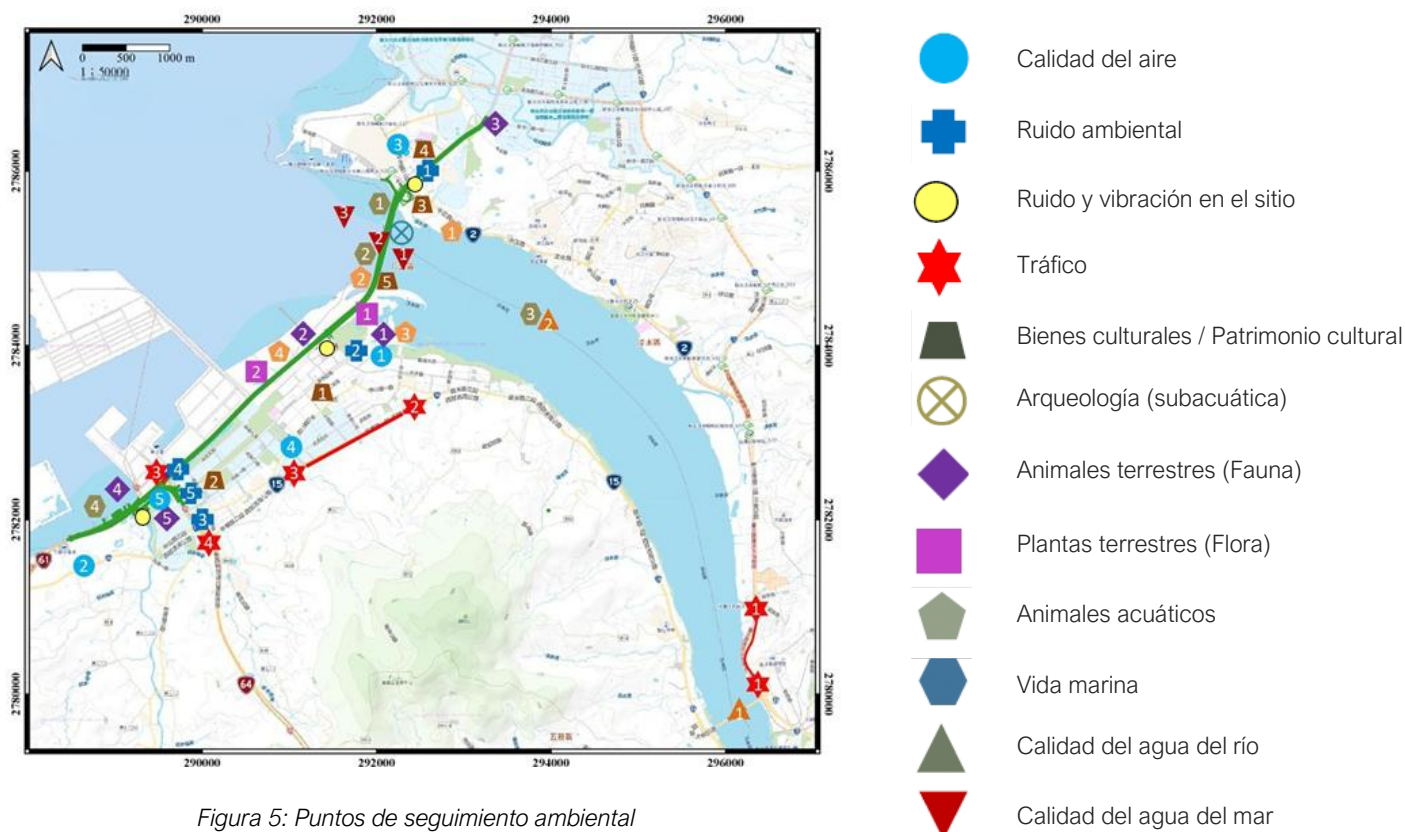
Figura 4: Áreas ecológicamente sensibles afectadas por la zona del puente

Sujetos		Medidas Correctoras
Plantas terrestres	La vía de aproximación de Bali cruzará el puerto de Taipéi y atravesará el cortaviento del dique norte, afectando y provocando la pérdida de 3,4 ha de bosque compuesto principalmente por Hibiscus costero. Esto impactará la función de protección contra el viento y el hábitat de diversas aves migratorias invernales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Canalización del drenaje bajo el viaducto mediante un canal abierto, con plantación de arbustos y gramíneas resistentes a la sombra y fijadoras de arena para crear hábitats diversificados.</li> <li>• Investigación y trasplante de árboles maduros en cinturones de protección contra tifones.</li> <li>• Compensación de la plantación con 1,5 veces el área perdida en parques vecinos.</li> </ul>
Animales terrestres	La vía de aproximación de Bali atraviesa el lodo de los humedales del dique norte, un sitio importante de cría para diversas aves y hogar de especies protegidas como la garceta china. La zona intermareal alberga gran variedad de cangrejos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cruce con grandes luces, evitando pilas en playas y zonas intermareales.</li> <li>• Uso de caballetes de acero para cualquier trabajo de construcción en la playa, minimizando la alteración de la superficie del suelo.</li> <li>• Evitar las juntas de dilatación del puente sobre el hábitat para reducir interferencias acústicas.</li> <li>• Protección con barreras acústicas, con superficies reflectantes visibles para las aves.</li> </ul>
Ecología acuática	Las obras de construcción podrían aumentar la turbidez en el humedal de Watzuwei.  Durante la fase de operación, la escorrentía podría causar contaminación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción previa de estanques de sedimentación de arena para evitar la descarga directa de aguas residuales en el estuario.</li> <li>• Diseño adecuado del drenaje del puente.</li> </ul>

Tabla 2: Estrategias de protección ambiental

Seguimiento	Frecuencia
Caudal y calidad del agua del río	Una vez al mes
Calidad del aire y del agua marina, vida marina, tráfico	Una vez al mes
Plantas y animales terrestres, organismos acuáticos	Dos veces al mes
Ruido y vibraciones	Cada seis meses (cada dos semanas durante la construcción)

Tabla 3: Frecuencia de seguimiento



Mecanismo de interrupción correctiva		
Proyecto	Descripción de la ubicación	Mecanismo
Cangrejo o pez del fango	Reserva natural de Watzuwei, humedal del dique norte del puerto de Taipéi (tres y dos áreas de seguimiento respectivamente).	Más de 50 cangrejos encontrados en un solo estudio y ejemplares de peces muertos marcados; informar en el plazo de un día.
Estudio del volumen de manglares	Tres áreas de seguimiento fijas de manglares y dos áreas de muestreo comparativas	Número acumulado de plantas de manglar maduras en dos estudios vecinos. Tasa de mortalidad de hasta el 20 %. Los niveles de apoptosis son más altos que en los estudios previos a la construcción realizados en la misma temporada.
Mecanismo de suspensión preventiva		
Proyecto	Descripción de la ubicación	Mecanismo
Lugar de cría y anidación del papamoscas asiático	Área de Bali	Detener los trabajos si se encuentran más de 30 nidos a la vez en un radio de 250 m del área de construcción en 30 días
Gaviotas	Área de Bali	Más de 10 charranes de diversas especies. Más de tres garzas. El número total de aves de la familia de las gaviotas en la zona de construcción del carril izquierdo es de 50 o más, y también están anidando en la zona de construcción del carril izquierdo.

Tabla 4: Mecanismos de suspensión por seguimiento ambiental

## Bienes culturales

Dado que el puente Danjiang cruza el río y discurre por aguas que pueden albergar bienes culturales subacuáticos de valor histórico y cultural, antes del inicio de las obras se llevaron a cabo prospecciones arqueológicas subacuáticas en el área de las pilas del tramo principal del puente. Asimismo, se elaboró y presentó al Ministerio de Cultura un plan de prospección previa de bienes culturales subacuáticos para su evaluación por el comité de revisión del emplazamiento, procediéndose posteriormente a su ejecución conforme a lo aprobado.

Durante las labores de preparación del terreno y excavación de las cimentaciones de las pilas se realizó un seguimiento de los bienes culturales, con el fin de minimizar el impacto de las excavaciones sobre dichos elementos. El plan estableció además que, en caso de hallarse durante la construcción monumentos, yacimientos sospechosos o antigüedades de valor, las obras deberían suspenderse de inmediato, de conformidad con la Ley de Protección del Patrimonio Cultural, notificándose a las autoridades competentes (Ministerio de Cultura o Gobierno Municipal de Nueva Taipéi) para la gestión correspondiente.

## Ahorro energético y reducción de carbono

La reducción de las emisiones de carbono en respuesta al cambio climático se ha convertido en un objetivo común a nivel nacional e internacional, y los proyectos de obra pública están igualmente obligados a incorporar medidas de eficiencia energética y reducción de carbono.

El puente Danjiang integró el concepto de gestión del carbono del proyecto desde la fase de diseño, tomando como referencia estándares internacionales para el cálculo de la huella de carbono, con el fin de evaluar las emisiones de gases de efecto invernadero a lo largo del ciclo de vida del proyecto. En este marco, se llevó a cabo un inventario de la huella de carbono del ciclo de vida.

## Evaluación de las emisiones de carbono en fase de diseño

Los resultados de la evaluación de las emisiones de carbono del proyecto se basan en su diseño: el análisis del precio unitario y las estadísticas de recursos del presupuesto sirven como fuente de datos para las actividades de emisión de carbono.

De acuerdo con los planos de diseño y las especificaciones de los materiales de ingeniería, se desglosan y analizan las actividades de emisión de cada proyecto, incluyendo las tres categorías principales:

- La cantidad de materiales de ingeniería,
- El número de horas de funcionamiento de la maquinaria,
- La cantidad y la distancia de transporte.

Sobre la base de supuestos apropiados, como factores de conversión o exclusión, se procede con el análisis. A continuación, se aplican coeficientes de conversión adecuados, tales como la densidad teórica del hormigón, la tasa de consumo de combustible de cada máquina y la recopilación de coeficientes del ciclo de vida, permitiendo calcular las emisiones unitarias de carbono de cada partida mediante un proceso de integración y suma ascendente.

Los resultados de la evaluación indicaron que los materiales de construcción pueden representar hasta el 90 % de las emisiones totales de carbono, mientras que el resto se atribuyeron principalmente al transporte y al uso de maquinaria.

En cuanto a los materiales, las armaduras de refuerzo, el hormigón y el acero estructural representaron la mayor parte de las emisiones de carbono, mientras que otros materiales, como las llaves de acero pretensado y el pavimento asfáltico, representaron una parte relativamente menor.

En términos de unidades de obra, los trabajos de superestructura del puente representaron la mayor parte de las emisiones, seguidos de las obras de cimentación y, finalmente, de las obras viarias.



Figura 6: Sistema de gestión de la huella de carbono del puente

## Inventario de carbono en la fase de construcción

Durante las fases de construcción y operación, se lleva a cabo un inventario de la huella de carbono y un seguimiento de los cambios en las emisiones de carbono, junto con el cálculo de las emisiones totales del proyecto.

Los datos se recopilan y documentan con el objetivo de que la experiencia y los resultados obtenidos en la gestión de carbono de este proyecto sirvan como referencia para promover la eficiencia energética y la reducción de carbono en futuros proyectos o a lo largo de la cadena de suministro.

La huella de carbono se cuantifica utilizando el método del factor de emisión: «Huella de carbono = Intensidad de la actividad × Factor de emisión», donde la intensidad de la actividad denota el alcance de las actividades relevantes que generan emisiones de carbono, y el factor de emisión denota la cantidad de emisiones de carbono por unidad de intensidad de actividad para cada actividad que emite carbono.

Para garantizar una recopilación, consolidación y análisis estadístico de datos de manera efectiva, este proyecto ha desarrollado un sistema de base de datos para el inventario de la huella de carbono, en el cual el contratista es responsable del reporte de los datos, y el equipo supervisor se encarga de la verificación y análisis de los mismos. El contratista puede realizar una verificación preliminar al introducir los datos y, simultáneamente, subirlos y almacenarlos en la nube.

## DISEÑO SOSTENIBLE

Además de sus importantes funciones de transporte y turismo, el puente hace hincapié en la construcción sostenible con una vida útil de hasta 120 años. Sin embargo, debido a que el puente está situado en la desembocadura del río, la humedad del aire es muy alta.

La presencia de gases pesados y altos niveles de cloruro acelerará la corrosión de las estructuras de acero y hormigón.

Para cumplir con la vida útil prevista de 120 años y, teniendo en cuenta la durabilidad y el coste de mantenimiento del puente, se han incluido en el diseño el tipo de hormigón, las proporciones del diseño, el espesor de la cubierta de hormigón, el sistema de prevención de la corrosión del acero

y la posterior supervisión medioambiental. A continuación se describen las consideraciones pertinentes en materia de diseño de la durabilidad:

## Materiales de hormigón

Para alcanzar la vida útil prevista de 120 años y garantizar la calidad constructiva, el proyecto utiliza el índice de penetración de iones anticloruro para mejorar la compactación del hormigón.

Este proyecto adopta las siguientes medidas correctoras en los materiales de hormigón y los requisitos constructivos:

- 1) El hormigón se fabrica con cemento tipo II mediante el proceso de pultrusión, de resistencia media a los sulfatos y calor de hidratación medio.
- 2) Se revisa el requisito de relación agua-cemento para permitir el uso de adiciones minerales que sustituyan parcialmente el cemento pultrusionado convencional o reemplazar el cemento Portland convencional por un cemento compuesto de endurecimiento por agua, aumentando la compactación del hormigón.
- 3) La limitación del tamaño del árido grueso aumenta el área superficial del material y mejora la resistencia total de adherencia.
- 4) Se emplea hormigón especial (hormigón de masa, hormigón autocompactante) según las características constructivas de cada estructura.
- 5) Con base en los resultados del análisis de predicción de vida útil, se determina el coeficiente de difusión de iones cloruro para cada parte de la estructura de hormigón, asegurando que la resistencia a la difusión cumpla con los requisitos de vida útil del diseño.
- 6) Se utiliza el método de ensayo Coeficiente de Migración de Cloruro en Estado No Estacionario (NT BUILD 492) para evaluar el coeficiente de difusión de cloruros del hormigón a distintas edades.
- 7) Para el hormigón estructural, el hormigón autocompactante y el hormigón con árido, se debe considerar el calentamiento por hidratación de acuerdo con las características del proyecto. El contratista debe presentar un plan de control de temperatura del hormigón antes del inicio de la construcción.

## Espesor del recubrimiento de hormigón y protección adicional

Las estructuras de este proyecto se encuentran en zonas altamente propensas a sufrir daños severos provocados por el ambiente salino. Según el código de diseño del MOTC (Ministerio de Transporte y Comunicaciones), la relación agua-cemento máxima del hormigón en un entorno dañado por la sal es de 0,4, y la resistencia mínima a la compresión es de 34 MPa.

El espesor mínimo del recubrimiento de las armaduras en los elementos de hormigón se determina en función de la vida útil prevista, la ubicación del puente y la clase ambiental, y también se planifican medidas de protección para garantizar que se cumpla la vida útil prevista.

Tomando como ejemplo la sección principal del puente, por debajo de la zona atmosférica ( $EL \leq +10,0$  m), el recubrimiento exterior de acero es de 10 cm. Por el contrario, por encima de ella se utiliza una capa de 7,5 cm, y el recubrimiento de los pilotes de cimentación hormigonados in situ es de 10 cm.

Durante la construcción, el contratista debe comprobar el espesor del recubrimiento de las armaduras de refuerzo después de la instalación del encofrado y del revestimiento de la capa protectora, y realizar las correcciones necesarias de inmediato si la prueba no es satisfactoria.

Tras desmontar el encofrado, se realizan ensayos no destructivos para evaluar el espesor del recubrimiento. Además de aumentar el espesor del recubrimiento, las medidas de protección adicionales para las pilas del puente situadas en los cauces de los ríos incluyen:

- 1) La armadura exterior y los estribos serán de acero galvanizado en caliente, y la cantidad de capa galvanizada adherida al acero galvanizado en caliente deberá cumplir los requisitos de la norma CNS14771 A2283.
- 2) Tratamiento anticorrosión del hormigón en la superficie de las pilas del puente (revestimiento anticorrosión general del hormigón, revestimiento anticorrosión de poliurea del hormigón).

## Planificación de la prevención de la corrosión en puentes de acero

La estructura principal está compuesta por acero y cables de acero. Dado que la clasificación de

corrosión ambiental del acero al carbono en el emplazamiento del puente oscila entre C4 (alta) y C5 (muy alta), y dada la elevada humedad relativa, el acero se protege contra la corrosión mediante un sistema de revestimiento de pintura.

La vida útil se estima en unos 25 años, con cuatro ciclos de repintado necesarios durante el periodo de diseño de 120 años.

Las superficies interiores y exteriores del puente de acero requerirán cuatro ciclos de repintado cada una durante este periodo, y las superficies exteriores recibirán un revestimiento anticorrosivo más grueso, con un espesor total de más de 420/465  $\mu\text{m}$ .

Los cables de acero consisten en cordones de acero galvanizado pretensados de 7 alambres con protección anticorrosiva multicapa. El concepto de protección del sistema se basa en el uso de fundas de HDPE (polietileno de alta densidad) con relleno de parafina entre los alambres de acero.

Los alambres de acero se introducen en una vaina de polietileno de alta densidad (HDPE) fabricada mediante un método de fabricación integrado. No se deben rellenar los huecos de la cubierta exterior.

## CONCLUSIÓN

El puente Danjiang se ubica cerca de la desembocadura del río Tamsui, en el estrecho de Taiwán, y constituye un proyecto de infraestructura de transporte de gran relevancia para el norte de Taiwán. Con el objetivo de resaltar la belleza del famoso "atardecer del río Danjiang", se trata de un puente vial excepcionalmente diseñado con prioridad paisajística, una rareza en el país.

El diseño del puente integra la observación del atardecer con los cambios estacionales, adoptando una torre asimétrica única, con líneas concisas y depuradas que complementan la visión del atardecer y las montañas circundantes.

Dado que la desembocadura del río Tamsui se encuentra en una zona ecológicamente sensible según la legislación, se requiere la implementación de medidas de protección para la vegetación terrestre, la fauna terrestre y la ecología acuática de la región. El puente pone especial énfasis en la construcción sostenible, asegurando la protección del medio ambiente terrestre y marino del área.

## BREVE DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO DEL PUENTE DANJIANG

*Magdaléna Sobotková*



*Figura 1: Puente terminado en enero de 2026 Fuente: Sinotech*

### INTRODUCCIÓN

El puente Danjiang es una importante infraestructura de transporte en Taiwán, con una vida útil prevista de 120 años. Tras su finalización y puesta en servicio, la seguridad del puente depende de un sistema de monitorización integral y un mantenimiento regular para garantizar su buen estado general.

Esta breve descripción general de los sistemas de supervisión del puente se ha extraído de diversos recursos adicionales que hemos recibido durante la preparación de las dos ediciones especiales de la revista e-mosty, [Danjiang Parte I](#) y [Danjiang Parte II](#), así como de artículos de esta edición de la revista e-BrIM.

### SISTEMAS DE MONITORIZACIÓN

Basándose en el conocimiento del comportamiento del puente durante el proceso de diseño, se han instalado equipos de monitorización en zonas críticas y se ha establecido un sistema integral de gestión de monitorización automatizada para utilizar eficazmente los datos obtenidos.

Para lograr una monitorización continua, un análisis en tiempo real, una monitorización remota y alertas inmediatas para hacer frente a todo tipo de emergencias, se ha implementado una gestión integral de la seguridad del puente.

El sistema de mantenimiento y gestión del puente proporciona un plan de monitorización recomendado, que incluye los elementos de monitorización, sus posiciones y sus fines.

## DISPOSITIVOS DE MONITORIZACIÓN

Basado en la información clave obtenida durante la fase de diseño, los dispositivos de monitorización se clasifican, a grandes rasgos, en tres categorías.

Se seleccionan los puntos críticos del puente para equiparlos con los siguientes dispositivos de monitorización:

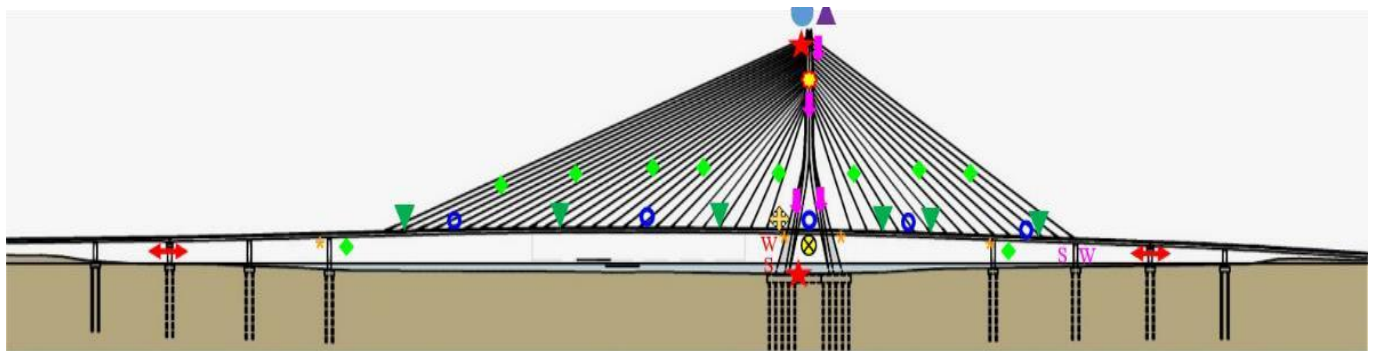
1. Monitorización de la seguridad del puente: incluye la monitorización del ángulo de inclinación de la torre del puente, de las vibraciones, de la resistencia de los cables, de la tensión de las vigas cajón, de las vibraciones de las vigas cajón, del desplazamiento de las juntas de dilatación, de la erosión de los cimientos de los estribos, de la corrosión, de los iones cloruro en el hormigón, etc.
2. Monitorización de las condiciones ambientales: incluye la velocidad y dirección del viento, la temperatura, las precipitaciones, el nivel del agua, la velocidad del flujo, los terremotos, la monitorización de la sal de cloro atmosférica y mucho más.
3. Sistema de vigilancia de embarcaciones y de la superficie del río: sistema de grabación de vídeo en tiempo real en red CCTV.

Los dispositivos de monitorización y sus ubicaciones se muestran en la figura 2.

## GESTIÓN DE MONITORIZACIÓN AUTOMATIZADA

El puente Danjiang utiliza un sistema de monitorización estructural automatizado compuesto por cinco módulos, que permite la monitorización continua, el análisis en tiempo real, la monitorización remota y las alertas inmediatas para una actuación rápida:

1. Módulo de plataforma del centro de monitorización: recibe datos de monitorización y de servicio de retransmisión de vídeo, e intercambia datos con el sistema de control de tráfico.
2. Módulo del sistema de supervisión remota: supervisa los instrumentos de medición y las imágenes en cualquier momento, proporciona información e informes en tiempo real y detecta de inmediato el estado de seguridad del puente.
3. Módulo de procesamiento y análisis de datos: controla el registrador de datos para obtener datos, calcula las magnitudes físicas



★	Sismómetro	↓	Inclinómetro
●	GPS	⊕	Adquisición de datos
▲	Anemómetro	*	Sensor de corrosión
☀	Termómetro	W	Sensor de nivel de agua
▬	Extensómetros dinámicos	S	Sensor de erosión del lecho del río
◆	Medidor de vibración de cables	○	Vibración del tablero
↔	Transductores de desplazamiento	⊗	CCTV para barcos
▼	Medidor de subsidencia		

Figura 2: Configuración del sistema de monitorización del puente

correspondientes a partir del modelo de análisis estructural y transmite los datos y las imágenes a la plataforma de supervisión.

4. Módulo del sistema de monitorización in situ: los datos se analizan mediante el módulo de análisis y procesamiento y, finalmente, se transmiten a la plataforma de monitorización para que los usuarios puedan consultarlos a través de Internet.
5. Anuncio de alarmas y operaciones de gestión de emergencias: cuando los datos de monitorización se acercan al valor de alarma establecido por el sistema, se envían a la plataforma de monitorización para aumentar activamente la frecuencia de recopilación del sistema de monitorización y llevar a cabo un control vinculado con el módulo de control de tráfico para gestionar eventos especiales a tiempo.

## CENTRO DE CONTROL

El centro muestra de inmediato las principales secciones del puente en las que se instalará un sistema de mensajes, señales y retransmisión. Recopila información precisa en tiempo real, obtiene datos meteorológicos, de tráfico y de otro tipo, y los almacena para crear un registro histórico a largo plazo.

El centro también proporciona apoyo en la toma de decisiones sobre transporte, ayudando a resolver o orientar en situaciones de atascos, accidentes de tráfico, obras en la carretera, entre otras.

La supervisión en tiempo real del estado estructural del puente, junto con los datos sobre las cargas y la humedad, garantiza su seguridad. También se procesa la información sobre los sistemas de energía y alumbrado.

Los datos acumulados y el análisis del tráfico fuera de línea proporcionan apoyo a largo plazo para las operaciones del puente.

Para establecer mecanismos de respuesta a emergencias, el centro de control comparte información con otros centros de control, como el Tamsui Light Railway Transit y el puerto de Taipéi.

## CONCLUSIÓN

El sistema de monitorización del puente Danjiang representa un enfoque integral y con visión de futuro para la gestión del estado estructural a largo plazo. Al integrar la monitorización de la seguridad, la observación medioambiental y la vigilancia en tiempo real dentro de un marco de gestión automatizado, el sistema permite evaluar de forma continua el estado del puente a lo largo de su vida útil.

La combinación de tecnologías de detección avanzadas, análisis de datos y operaciones coordinadas del centro de control proporciona alertas oportunas, respalda la toma de decisiones informadas y mejora la capacidad de respuesta ante emergencias. En conjunto, estas medidas contribuyen de manera significativa a garantizar la seguridad, la durabilidad y el funcionamiento sostenible de este emblemático puente a lo largo de su vida útil prevista de 120 años.

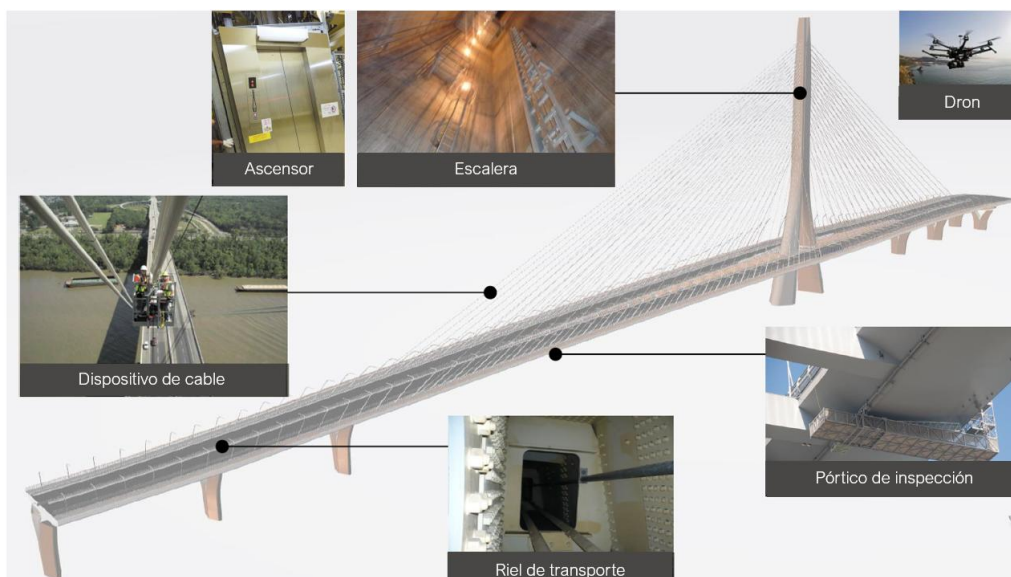


Figura 3: Equipos y dispositivos para la inspección del puente

# ENTREVISTA A GREGOR STREKELJ GERENTE DE PRODUCTO DE INFRAESTRUCTURA CIVIL, ALLPLAN

*Magdaléna Sobotková*

En primer lugar, gracias por dedicar su tiempo a esta entrevista.

*Gracias por la oportunidad. Es un placer contribuir a esta edición, especialmente por su enfoque en la infraestructura, un tema muy importante para nosotros en ALLPLAN.*

**Cada año lanzan una nueva versión de Allplan. ¿Por qué y cuáles son sus principales características?**

*Para nosotros, nuestro lanzamiento anual es la forma de mantenernos al día con las necesidades cambiantes del sector AEC.*

*Cada versión no es solo una actualización, sino una respuesta a los retos a los que se enfrentan nuestros usuarios en proyectos reales, desde plazos y presupuestos más ajustados, hasta una mayor demanda de sostenibilidad y entrega digital.*

*ALLPLAN 2026 se centra en la productividad, la automatización y la colaboración. Introduce herramientas paramétricas para infraestructuras complejas, como puentes y carreteras, una mejor compatibilidad con los flujos de trabajo de prefabricados y una mayor integración con herramientas de análisis estructural, como SCIA y FRILO.*

*También se hace especial hincapié en los flujos de trabajo interdisciplinarios, la colaboración en la nube a través de Bimplus y la visualización basada en inteligencia artificial para ayudar a los equipos a trabajar de forma más rápida e inteligente a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto.*



*Gregor Strekelj, director de producto de Infraestructuras Civiles, ALLPLAN*

**¿Qué puede ofrecer ALLPLAN para proyectos de puentes?**

*Los puentes son complejos por naturaleza: no solo desde el punto de vista geométrico, sino también estructural y logístico.*

*Con ALLPLAN, damos soporte a todo el ciclo de vida de un puente en un único entorno coherente: desde el modelado conceptual y paramétrico inicial hasta el análisis estructural, el detallado y la documentación de la construcción.*

Nuestras ediciones ALLPLAN Ultimate y Civil (antes conocidas como Allplan Bridge) están diseñadas específicamente para activos de infraestructura.

Ofrecen capacidades avanzadas de modelado paramétrico adaptadas a las necesidades únicas de los proyectos de infraestructura, especialmente para puentes.

Esto incluye el modelado de puentes definidos a lo largo de ejes y geometría de referencia, como puentes de vigas, de marco y integrales, así como túneles y muros de contención, además de estructuras independientes del eje, como puentes más pequeños, estribos, pasos subterráneos y mucho más.

El análisis estructural integrado para puentes admite comportamientos tanto globales como locales, mientras que la simulación de las fases de construcción ayuda a los ingenieros a evaluar fases críticas como el hormigonado, el transporte y la instalación.

Además, la automatización reduce el trabajo manual y la posibilidad de errores.

Los puentes forman parte de la infraestructura. ¿Qué ofrecen ustedes para los proyectos de infraestructura?

ALLPLAN Civil está diseñado para dar soporte a proyectos de infraestructura como sistemas integrados, en lugar de estructuras aisladas.

Además de puentes, abarca carreteras, túneles, muros de contención y otras estructuras civiles que deben interactuar de manera coherente con el terreno, las alineaciones y la infraestructura circundante.

El enfoque de modelado paramétrico permite a los ingenieros definir ejes, secciones transversales y geometría de referencia que impulsan todo el modelo.

Esto permite gestionar diseños de carreteras, intersecciones y modelos de terreno complejos, manteniendo al mismo tiempo la coherencia geométrica y estructural.

El refuerzo automatizado, la comprobación de códigos y los flujos de trabajo BIM2Field contribuyen aún más a la eficiencia en la entrega y la constructibilidad, lo que hace que ALLPLAN



Una espectacular infraestructura alpina en el lago Lucerna, en Suiza, ha sido diseñada con Allplan Civil

Copyright: Baenzinger Partner AG



*Una espectacular infraestructura alpina en el lago Lucerna, en Suiza, ha sido diseñada con Allplan Civil*

*Copyright: Baenzinger Partner AG*

*Civil sea muy adecuado para proyectos de infraestructura complejos en los que es necesario coordinar múltiples disciplinas y estructuras a lo largo de todo el proceso de diseño.*

**¿Sabría decir cuántos puentes se han construido con el programa Allplan?**

*Aunque no disponemos de cifras exactas a nivel mundial, sabemos que muchos puentes se han diseñado con ALLPLAN Civil.*

*Es la herramienta preferida por muchas oficinas de ingeniería civil debido a su flexibilidad paramétrica y sus sólidas capacidades de detallado.*

*Un área destacada es la de los puentes de vigas prefabricadas, donde nuestro flujo de trabajo integral ha demostrado ser especialmente valioso, ya que combina el modelado, el análisis estructural, la simulación de la fase de construcción y el detallado en un único entorno.*

**¿Hay algún proyecto que sea especial para usted?**

*Uno de los proyectos más destacados que ilustra la versatilidad de ALLPLAN Civil fue un plan de ampliación de carreteras en Suiza, llevado a cabo por Baenzinger Partner, uno de nuestros usuarios. Lo que hizo que este proyecto fuera especialmente interesante fue su naturaleza multidisciplinar: no se trataba solo de un proyecto de carretera o de puente, sino de un complejo híbrido de diseño de carreteras, puentes y muros de contención.*

*Gracias a ALLPLAN Civil, el equipo pudo modelar todos estos elementos de infraestructura en un único entorno integrado.*

*Esto significaba que podían aplicar diferentes técnicas de modelado paramétrico, como la extrusión de secciones transversales para elementos de túneles y muros y el modelado de vigas de enlace para componentes de puentes, sin cambiar de herramienta ni crear desconexiones entre las fases de diseño.*

*Por ejemplo, los ajustes en un elemento (como girar un pilar o realinear el eje de la carretera) actualizaban automáticamente las vigas y los elementos estructurales asociados, gracias a la lógica de diseño paramétrica y de relaciones de ALLPLAN. Esto no solo ahorró tiempo, sino que también garantizó que toda la estructura se mantuviera coherente y coordinada.*

*El proyecto también demostró el valor de combinar el modelado, el análisis estructural, el detallado y la documentación en un único flujo de trabajo. Como resultado, Baenzinger Partner pudo llevar a cabo una compleja mejora de la infraestructura con menos errores, mayor precisión y una mejor coordinación entre las distintas disciplinas.*

**¿Qué opina sobre la evolución de la tecnología en los últimos años? ¿Cómo ve la evolución del sector de la construcción de puentes?**

*En los últimos años, el cambio más importante ha sido el paso de herramientas aisladas a flujos de trabajo integrados y basados en datos. En el diseño de puentes, esto significa que el modelado paramétrico, el análisis estructural y la coordinación ya no son pasos separados, sino procesos estrechamente relacionados.*

*Como resultado, los ingenieros pueden evaluar la geometría, el comportamiento estructural y la constructibilidad mucho antes en la fase de diseño. Las plataformas basadas en la nube, como BIMPLUS, apoyan este desarrollo al permitir el trabajo en paralelo, las revisiones coordinadas y la gestión transparente de los problemas entre las distintas disciplinas. Esta combinación de modelos paramétricos y entornos de datos compartidos ayuda a reducir los cambios en las últimas fases y mejora la fiabilidad en proyectos de puentes cada vez más complejos.*

**¿De qué manera ha cambiado el trabajo en los proyectos la introducción de nuevas tecnologías?**

*Principalmente, el mayor cambio ha sido trasladar más validación y coordinación a las primeras fases del diseño. Los modelos paramétricos y el análisis integrado permiten a los ingenieros probar opciones de diseño, evaluar el comportamiento estructural y resolver conflictos antes de comenzar con la documentación detallada.*

*La automatización también desempeña un papel fundamental al reducir las tareas repetitivas, como*

*definir los refuerzos o actualizar la geometría, y al garantizar que los cambios se apliquen de forma coherente en todo el modelo. La colaboración basada en la nube refuerza aún más esta tendencia, ya que permite a los equipos trabajar en paralelo y responder más rápidamente a los cambios de diseño. En conjunto, estos avances contribuyen a que los proyectos avancen con menos iteraciones, una coordinación más clara y resultados más fiables.*

**¿Qué futuro le espera a Allplan en su opinión? ¿Qué desarrollo y uso podemos esperar?**

*Nuestro objetivo es seguir reforzando los flujos de trabajo integrales en los proyectos de infraestructura. Se prevé una mayor integración entre el modelado, el análisis, el detallado y la construcción. También se espera que aparezcan herramientas más inteligentes, con más inteligencia artificial, más automatización y flujos de trabajo más sostenibles. Seguiremos ampliando las capacidades de ALLPLAN Civil para dar soporte a todo el panorama de la ingeniería civil, no solo a los puentes.*

**¿Qué consejo les darías a los jóvenes ingenieros que están comenzando su carrera profesional?**

*Mantén la curiosidad. Aprende a utilizar las herramientas, pero también cuestiona los procesos que hay detrás de ellas. Un buen software puede ahorrar tiempo, pero solo los grandes ingenieros pueden tomar mejores decisiones. Además, no subestimes el valor de una comunicación clara y la colaboración. Los proyectos más exitosos son aquellos en los que las personas trabajan juntas en diferentes disciplinas desde el primer día.*

**Y mi última pregunta. ¿Cuáles son las tareas y los retos para el futuro?**

*La descarbonización y la digitalización son dos de las más importantes. Debemos reducir la huella medioambiental de las infraestructuras, desde los materiales hasta los métodos de construcción, y eso requiere una mejor planificación, datos y coordinación.*

*Al mismo tiempo, el sector debe digitalizarse de forma que sea accesible, escalable y centrada en las personas. Ese es el reto, y ahí es donde se centra ALLPLAN: en crear herramientas que faciliten la construcción de mejores edificios.*



\ ALLPLAN Civil 2026

# DESIGN TO BUILD A BETTER TOMORROW

Con **ALLPLAN Civil 2026** – anteriormente conocido como Allplan Bridge – los ingenieros y profesionales de infraestructuras entran en una nueva era de modelado integrado, inteligente y automatizado. Desde carreteras y túneles hasta movimientos de tierras e intersecciones, ALLPLAN Civil 2026 ofrece una precisión, fiabilidad y eficiencia inigualables en cada etapa de tu proyecto, desde el concepto hasta la construcción.

## ¿Por qué elegir ALLPLAN Civil 2026?

- > Herramientas diseñadas específicamente para el modelado de túneles e infraestructuras
- > Control avanzado de modelos 3D complejos con máxima precisión
- > Potentes funciones de edición y modelado para movimientos de tierras a gran escala
- > Intersecciones de carreteras más inteligentes y precisas, con mínima necesidad de retrabajo

¿Quieres descubrir cómo ALLPLAN Civil 2026  
transforma el diseño de infraestructuras?

# PUENTES ADAPTATIVOS PARA SENDEROS: VINCULANDO LA RECUPERACIÓN ANTE DESASTRES CON LA RESILIENCIA

*Robert Reese, P.E., Peris Kahindi, Graduate Engineer*

*Bridging the Gap Africa*

## INTRODUCCIÓN

En noviembre de 2019, algunas regiones de Kenia registraron más del 400 % de las precipitaciones habituales, con lluvias extremas en las zonas occidentales. En las regiones remotas y montañosas de West Pokot, se registraron lluvias intensas de más de 200 mm por encima de la media mensual histórica de las montañas Cherangani. Esto provocó deslizamientos de tierra e inundaciones (KMD 2019, Nicholson et al. 2022, Funk et al. 2019).

El río Wei Wei se desbordó, arrastrando agua y escombros procedentes de los deslizamientos, y fueron destruidos más de 15 puentes peatonales y vehiculares que conectaban la región con el resto del país.

En la región de Tamkal, más de 72 personas perdieron la vida y la destrucción generalizada de viviendas y granjas dejó a la población en situación de necesidad inmediata de asistencia (UNICEF 2019). Además, la destrucción de carreteras y puentes dificultó enormemente el acceso a estas comunidades. Tras la entrega de ayuda de emergencia y asistencia médica a las comunidades, la siguiente prioridad urgente era restablecer la conectividad y el acceso a las numerosas comunidades que seguían aisladas y sin comunicación.

La larga trayectoria de Bridging the Gap Africa (BtGA) en la fabricación local de puentes peatonales de rápida instalación le permitió responder con rapidez.

Cuatro años más tarde, en abril de 2024, se produjeron inundaciones en la región suroccidental de Maasai Mara, en Kenia.

Al igual que en West Pokot, las inundaciones destruyeron infraestructuras mal diseñadas y dejaron a las comunidades aisladas de las cadenas de suministro y los servicios esenciales.

Gracias a la experiencia adquirida en West Pokot, BtGA pudo colaborar con los gobiernos y organizaciones locales para planificar una red de puentes peatonales que aumentara la resiliencia de las líneas de suministro y garantizara la conectividad de la región en caso de futuras inundaciones.

En este artículo, BtGA presenta dos casos de estudio que demuestran la capacidad de los puentes peatonales para restablecer la conectividad y reducir los efectos de los fenómenos climáticos en las comunidades aisladas.

En conjunto, estos casos ponen de relieve la necesidad crítica de contar con sistemas de puentes adaptables y de bajo coste en las regiones rurales de todo el mundo.

Cuando se integran en redes de carreteras más amplias, los puentes peatonales ofrecen una solución rentable y resistente para mejorar el acceso, reforzar la resiliencia de las comunidades y reducir la vulnerabilidad ante los crecientes efectos del cambio climático.

## **ANTECEDENTES**

Durante casi 30 años, Bridging the Gap Africa ha construido puentes para senderos en África Oriental con el fin de proporcionar a las comunidades un acceso seguro y fiable a la atención sanitaria, a los mercados, a la educación y a las oportunidades económicas. En muchas regiones rurales, los ríos son barreras infranqueables que a menudo refuerzan los ciclos de pobreza.

Los agricultores solo pueden vender sus productos a nivel local, los escolares pierden semanas de educación durante la temporada de lluvias y los centros de salud que ofrecen atención vital pueden ser accesibles únicamente durante unos pocos meses al año.

Los puentes para senderos han demostrado ser una intervención rentable, ya que eliminan el peligro y la incertidumbre de cruzar los ríos a pie y garantizan un acceso ininterrumpido.

Durante tres décadas, BtGA ha perseguido un objetivo de diseño fundamental: un puente que pueda fabricarse en cualquier lugar, montarse por equipos locales y construirse en terrenos remotos con un equipo mínimo.

Nuestra misión de conectar comunidades aisladas impulsa el desarrollo de puentes para senderos que puedan construirse más rápidamente, ser más baratos y replicarse fácilmente en cualquier comunidad rural.

## **CONCEPTO: SISTEMAS DE PUENTES FÁCILES DE REPRODUCIR**

El diseño de nuestros puentes para senderos ha evolucionado con el tiempo, pasando de puentes «colgantes» suspendidos a puentes colgantes que soportan el tráfico peatonal y de motocicletas (*véase el artículo «[Un enfoque comunitario para habilitar pasarelas peatonales sostenibles](#)» en e-mosty, junio de 2019*).

Sin embargo, el concepto fundamental en el desarrollo de nuestros puentes ha sido diseñar un puente que cumpla plenamente con los requisitos del Código Canadiense de Diseño de Puentes de Carretera (CHBDC), pero que también pueda fabricarse con materiales y habilidades locales, construirse en los lugares más remotos con un equipo mínimo y con métodos de construcción sencillos.



*Figura 1: Herrero informal fabricando la torre de un puente colgante*

Kenia cuenta con un amplio sector informal de herrería, presente en la mayoría de sus ciudades. Era esencial que nuestro diseño permitiera a este sector, la fabricación de los componentes del puente, para garantizar que fuera replicable y rentable. El impulso para desarrollar un puente para senderos, de construcción rápida y eficiente, se vio impulsado por nuestra misión de conectar a miles de comunidades rurales aisladas con servicios esenciales.

Las ventajas evidentes de desarrollar estos puentes eran la reducción del coste y del tiempo de construcción, así como la capacidad de satisfacer las necesidades de manera más eficiente. El efecto secundario es que también podríamos responder rápidamente a los desastres



*Figura 2: Puente peatonal dañado tras las inundaciones de 2019 - West Pokot*

naturales, reconectar a las comunidades aisladas, restablecer las líneas vitales de alimentos y medicamentos, y ayudar a que la vida volviera a la normalidad para los miembros de esas comunidades.

## CASO PRÁCTICO 1: VALLE DE TAMKAL, POKOT OCCIDENTAL: RECONEXIÓN DE COMUNIDADES

Tras las inundaciones de noviembre de 2019, se enviaron suministros de socorro y se llevó a cabo una respuesta de emergencia por parte de organizaciones gubernamentales y no gubernamentales. A lo largo del río Wei Wei había más de 10 puentes peatonales que conectaban las comunidades entre sí y con la carretera principal del lado este del río. Todos ellos fueron arrasados, incluido el puente de la carretera principal que unía las comunidades del valle de Tamkal con la ciudad de Sigor y el resto de Kenia. Las docenas de comunidades de la zona de Tamkal quedaron aisladas y el suministro de mercancías a la zona era intermitente y dependía de los bajos niveles del agua.

Bridging the Gap Africa se movilizó para iniciar la construcción de los puentes de Tamkal y Sisit. Estos puentes se encontraban en el centro de la zona devastada, donde las viviendas y las granjas habían quedado destruidas.

El emplazamiento del puente peatonal de Tamkal requería un puente peatonal colgante de 40 m, y el puente peatonal de Sisit requería un puente colgante de 53 m. Los dos puentes volverían a conectar las comunidades al oeste del río Wei Wei con la carretera principal y proporcionarían un acceso seguro y fiable, restableciendo el movimiento de personas y mercancías dentro y fuera de estas comunidades afectadas.

El acceso por carretera seguía siendo limitado, ya que el puente de la carretera principal había desaparecido, pero el diseño de estos puentes peatonales era perfecto para permitir el transporte pieza a pieza desde los ríos hasta el lugar.

Los líderes de la comunidad también se movilizaron rápidamente para proporcionar mano de obra que excavara manualmente los cimientos de las torres y los anclajes, puesto que ninguna maquinaria pesada podía llegar al lugar.



*Figura 3: Puente Sisit terminado: restablecimiento de la conectividad de la región*



*Figura 4: Puente colgante de Tamkal terminado*

Ambos puentes se completaron en seis semanas y fueron los primeros que se construyeron tras las devastadoras inundaciones y deslizamientos de tierra. Los puentes fueron fundamentales para restablecer el acceso seguro y garantizar el movimiento ininterrumpido de mercancías hacia las comunidades afectadas.

Para muchos residentes, estos puentes restablecieron por primera vez desde las inundaciones el acceso a los mercados, a los centros de salud y a sus familiares (Véase el artículo «*La esperanza renace con dos nuevos puentes peatonales en el oeste de Kenia, devastado por las inundaciones, Bridging the Gap Africa*» en *e-mosty*, diciembre de 2020).

## **CASO PRÁCTICO 2: CONDADO DE NAROK: SOLUCIONES BASADAS EN EL CLIMA Y EL CONTEXTO**

En abril de 2024, la región de Maasai Mara sufrió lluvias inusualmente intensas que provocaron graves inundaciones a lo largo del río Talek y sus afluentes, causando daños generalizados en la infraestructura y trastornos en las comunidades locales.

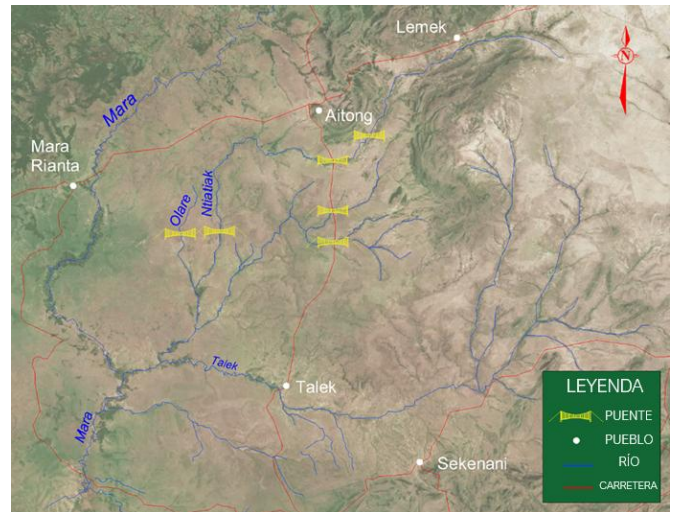


Figura 5: Mapa regional de la cuenca del río Talek con puentes de senderos construidos (OpenStreetMap 2025)

Las fuertes lluvias en toda la cuenca del río Talek provocaron un rápido aumento del nivel del río y dejaron a muchas personas aisladas durante la noche. Muchos buscaron refugio inmediato en árboles o estructuras elevadas mientras esperaban la ayuda.



Figura 6: Motocicleta utilizando el puente durante las inundaciones

Las autoridades evacuaron a más de cuarenta personas de las comunidades afectadas y de campamentos turísticos, mediante helicópteros y rescates terrestres.

Los principales puentes de carretera que conectaban la región quedaron completamente arrasados y, para muchos, la única forma de salir era a pie, cruzando las antiguas pasarelas de BtGA construidas a principios de la década de 2000.

Tras las inundaciones, muchas comunidades locales quedaron aisladas de las cadenas de suministro, ya que los cruces clave fueron destruidos, lo que las aisló aún más, ralentizó las labores de socorro y agravó los efectos de las inundaciones.

Los gobiernos locales y nacionales se apresuraron a reconstruir carreteras y puentes para volver a conectar las comunidades aisladas, y finalmente restablecieron el acceso a la región tras varias semanas.

Las inundaciones fueron provocadas por condiciones climáticas regionales a gran escala: un fuerte fenómeno de El Niño, combinado con un dipolo del océano Índico, que empujó grandes cantidades de humedad hacia África Oriental (Wainright et al. 2020, Nicholson et al. 2022).

Se ha demostrado que ambos factores climáticos aumentan la intensidad y la persistencia de las precipitaciones en África oriental, lo que hace que los picos de inundación sean más extremos y menos predecibles.

Las proyecciones climáticas muestran un aumento de la probabilidad y la intensidad de estos fenómenos climáticos regionales, lo que da lugar a una gran variabilidad de las precipitaciones extremas, con frecuentes períodos de sequía seguidos de fuertes precipitaciones (Rowell et al., 2018).

A la hora de planificar el desarrollo regional y garantizar que no se repitan los fallos de infraestructura de abril de 2024, la BtGA se reunió con los socios del gobierno local para elaborar un plan de resiliencia frente al cambio climático.

Se identificaron los principales fallos:

- Los puentes de carretera tienen un tamaño inadecuado para las precipitaciones actuales y previstas.
- Hay pocos puntos de cruce entre los ríos regionales.
- Falta de financiación para puentes viales grandes y costosos.
- Falta de redundancia en los puntos de cruce clave (solo hay una vía de entrada y salida).

A la hora de desarrollar soluciones para la conectividad regional, la experiencia de BtGA en puentes rurales y en la conexión de comunidades aisladas ayudó a dar forma a un plan maestro que no solo se basaba en costosos puentes de carretera, sino también en una red de puentes de senderos que garantizarían que la región siguiera conectada incluso si los puentes de carretera fallaban.

Una consideración clave del plan fue que la mayor parte del transporte diario, dentro y fuera de la región, se realizaba a pie o en motocicleta.

Esto permitió a los planificadores pensar más allá de las típicas redes de carreteras y puentes, al tiempo que desarrollaban una red de senderos y puentes peatonales que eran sustancialmente menos costosos y podían diseñarse para soportar tormentas más intensas.

El resultado final fue un plan que combinaba redes de carreteras y senderos, aumentaba la resiliencia del sistema de transporte y garantizaba que la región no volviera a quedar completamente aislada.

Como resultado directo de este plan, BtGA construyó cuatro puentes clave en 2024 y 2025. Las construcciones de los puentes de Oltorotua, Enkeju Enkorien, Olemoncho y Olkuroto representan una respuesta específica y resistente al clima frente a esta vulnerabilidad.

Cada puente se diseñó con cubiertas significativamente elevadas y vanos más largos para garantizar que sigan siendo operativos incluso durante las crecidas máximas.

Estos cruces han restablecido una conectividad fiable a través de la cuenca del río Talek, reduciendo el riesgo de que la ciudad de Talek

y los campamentos turísticos circundantes queden aislados durante los episodios de caudales elevados.

Al mantener estos corredores de transporte cruciales, los puentes permitirán el movimiento ininterrumpido de mercancías, personas y servicios de emergencia.

Para las comunidades, garantizarán el acceso a los mercados, las rutas escolares y los servicios de salud.

Para la economía turística de Mara, asegurarán las vías logísticas críticas que permiten el funcionamiento normal de los alojamientos y campamentos, así como su recuperación.

En un sentido más amplio, estos puentes forman parte de una estrategia de adaptación al clima, ya que estabilizan las infraestructuras clave y mejoran la resiliencia tanto de las poblaciones locales como de las operaciones en las zonas de conservación ante la intensificación de los riesgos climáticos.

## VISIÓN DE FUTURO

A medida que la variabilidad climática aumenta la presión sobre las redes de transporte rurales, la resiliencia de las comunidades aisladas dependerá de infraestructuras diseñadas específicamente para las condiciones locales, las realidades de la construcción y el uso a largo plazo.

BtGA ha impulsado constantemente el desarrollo de sistemas de puentes para senderos que respondan a este contexto, dando prioridad a los diseños que pueden fabricarse localmente, construirse con equipos limitados y adaptarse a terrenos y condiciones hidrológicas difíciles.

Al centrarse en soluciones replicables y adaptadas al contexto, el enfoque de BTGA va más allá de la respuesta de emergencia y se orienta hacia una resiliencia planificada y sostenida.

Estos puentes hacen más que cruzar ríos: garantizan la redundancia del acceso y aseguran que las comunidades sigan conectadas a los servicios esenciales, los mercados y las oportunidades, incluso a medida que evolucionan las presiones climáticas.

## ACERCA DE BRIDGING THE GAP AFRICA

Bridging the Gap Africa imagina un mundo en el que todas las comunidades rurales y aisladas estén conectadas por puentes peatonales seguros y accesibles. BTGA cree que las comunidades africanas marginadas no deben sufrir los peligros que plantean los ríos infranqueables. Los puentes peatonales evitan los ahogamientos y garantizan un acceso seguro e ininterrumpido a la educación, la atención sanitaria y las oportunidades económicas. BTGA construye puentes que salvan vidas y conectan

## REFERENCIAS

Climate Hazards Group. (2020). Datos de precipitación de CHIRPS Versión 2.0, *mapas de anomalías mensuales de octubre y noviembre de 2019*. Universidad de California, Santa Bárbara.

Funk, C., Peterson, P., Landsfeld, M., Pedreros, D., Verdin, J., Shukla, S., Husak, G., Rowland, J., Harrison, L., Hoell, A. y Michaelsen, J. (2015). Las precipitaciones infrarrojas de Climate Hazards con estaciones: un nuevo registro medioambiental para la monitorización de fenómenos extremos. *Datos científicos*, 2, 150066.

Departamento Meteorológico de Kenia. 2019. Previsión para enero de 2020, revisión meteorológica de diciembre de 2019 y evolución de las «lluvias cortas» de octubre a diciembre de 2019, publicado el 30 de diciembre de 2019.

Rowell DP, Booth BB, Nicholson SE *et al.* 2015. Reconciliación de las tendencias de precipitaciones pasadas y futuras en África Oriental. *J. Climate* 28(24): 9768-9788.

Sharon E. Nicholson, Andreas H. Fink, Chris Funk, Douglas A Klotter, Athul Rasheeda Satheesh, Causas meteorológicas de las lluvias catastróficas de octubre/noviembre de 2019 en África ecuatorial, *Global and Planetary Change*, volumen 208, 2022.

UNICEF. (24 de noviembre de 2019). *Informe sobre la situación de las inundaciones en Kenia n.º 1*. Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia. <https://www.unicef.org/media/74941/file/Kenya-SitRep-Flood-24-Nov-2019.pdf>

Wainwright, C.M., Finney, D.L., Kilavi, M., Black, E. y Marsham, J.H. (2021), Lluvias extremas en África Oriental, octubre de 2019-enero de 2020 y contexto en el marco del cambio climático futuro. *Weather*, 76: 26-31. <https://doi.org/10.1002/wea.3824>



**BRIDGING  
THE GAP  
AFRICA**  
BUILDING BRIDGES &  
TRANSFORMING LIVES



**LA NECESIDAD  
ES GRANDE.**

**LA NECESIDAD  
ES AHORA.**



**FORMA PARTE DE ESTO. SÉ UN PUENTE.**



TU DESAFÍO ES EL NUESTRO

Equipos para diferentes tipo de puente y métodos constructivos



**+ 25 PREMIOS Y RECORDS MUNDIALES**  
**AÑOS DE EXPERIENCIA**



**EQUIPOS  
PERSONALIZADOS  
PARA PUENTES**

**CARRO INFERIOR**



**EQUIPOS DE ELEVACIÓN DE  
DOVELAS Y SEGMENTOS DE PUENTE**  
PRECISIÓN Y SEGURIDAD EN CADA MONTAJE



**SISTEMAS PARA LA REALIZACIÓN  
DE DOVELAS PREFABRICADAS**  
ADAPTABLES A CUALQUIER GEOMETRÍA



**ARCOS**



**CARRO SUPERIOR**

[www.rubricaingenieria.com](http://www.rubricaingenieria.com)



# Carreteras Puentes Túneles

Puente del valle del Schorgast  
**diseño · planificación · supervisión de obras**

# Building Strong Connections



**Con los cables espirales de FATZER se pueden diseñar las más diversas estructuras construidas con cables de máxima calidad.**

Los clientes se benefician de nuestra vasta experiencia en este tipo de construcciones, de nuestros amplios conocimientos técnicos y de una atención constante a sus necesidades, abarcando desde los propios estudios de viabilidad y producción de soluciones de cable individuales hasta el montaje y monitoreo a largo plazo.



[fatzer.com](https://fatzer.com)

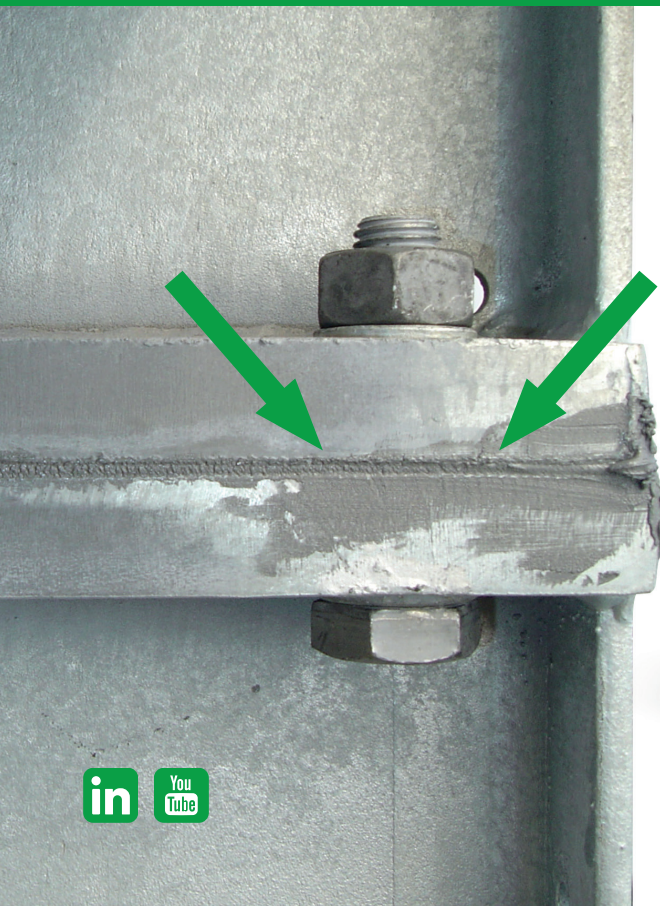
**BRUGG**  
Fatzer 



Para ofrecerle el mejor servicio posible, nuestro equipo está preparado para aplicar nuestros productos directamente in situ. Tal y como hicimos con éxito en proyectos como el puente Chenab (India) y el puente Yavuz-Sultan-Selim (Turquía).

## COMPENSACIÓN DEL 100 % DE LA HOLGURA Y LA TOLERANCIA

### CON MM1018 – EL CALZADO LÍQUIDO



En un solo paso. Sin procesamiento mecánico. Más rápido y menos costoso que las placas de revestimiento o las placas de cuña convencionales.

¡Presentamos nuestra solución **MM1018**, reconocida mundialmente, para la compensación de holguras y tolerancias en la construcción de puentes! Aplicado en innumerables obras de construcción en todo el mundo, nuestro innovador producto garantiza una integridad estructural y una seguridad sin igual para sus puentes. Ahorre tiempo y dinero con nuestra avanzada tecnología, que permite el ajuste y la alineación precisos de los componentes del puente en un solo paso, sin costosos retrasos. Únase a nuestros clientes satisfechos y experimente la eficacia probada de nuestro **MM1018**.



Asesoramiento y ventas:  
[www.diamant-polymer.com/es](http://www.diamant-polymer.com/es)  
[customerservice@diamant-polymer.com](mailto:customerservice@diamant-polymer.com)

**DIAMANT**  
POLYMER SOLUTIONS





Software de análisis estructural para ingenieros estructurales

# ¡Software de análisis estructural que da gusto usar!

Desde 1987, hemos estado desarrollando soluciones de software intuitivas para análisis estructural, dinámica, CFD y diseño estructural. Nuestro objetivo es ser no solo el más conocido, sino también el software de análisis estructural más fácil de usar en el mundo. ¡Queremos que todos puedan decir: Usamos Dlubal porque hace que el análisis estructural sea divertido!

## Productos

### RFEM



- Método de elementos finitos para analizar y diseñar estructuras portantes.
- Permite la creación de modelos 3D complejos.

### RSTAB



- Especializado en el análisis y diseño de estructuras de marcos y vigas.
- Compatible con materiales como acero, hormigón, madera y aluminio

### RWIND



- Software CFD para simular el flujo del viento alrededor de edificios y estructuras.
- Visualización detallada de las cargas del viento y los patrones de flujo.

### RSECTION



- Programa independiente para calcular propiedades de perfiles.
- Realiza análisis de tensiones en distintos tipos de secciones transversales.

## Dlubal en números

35

Años de experiencia en el desarrollo de software de análisis estructural

300

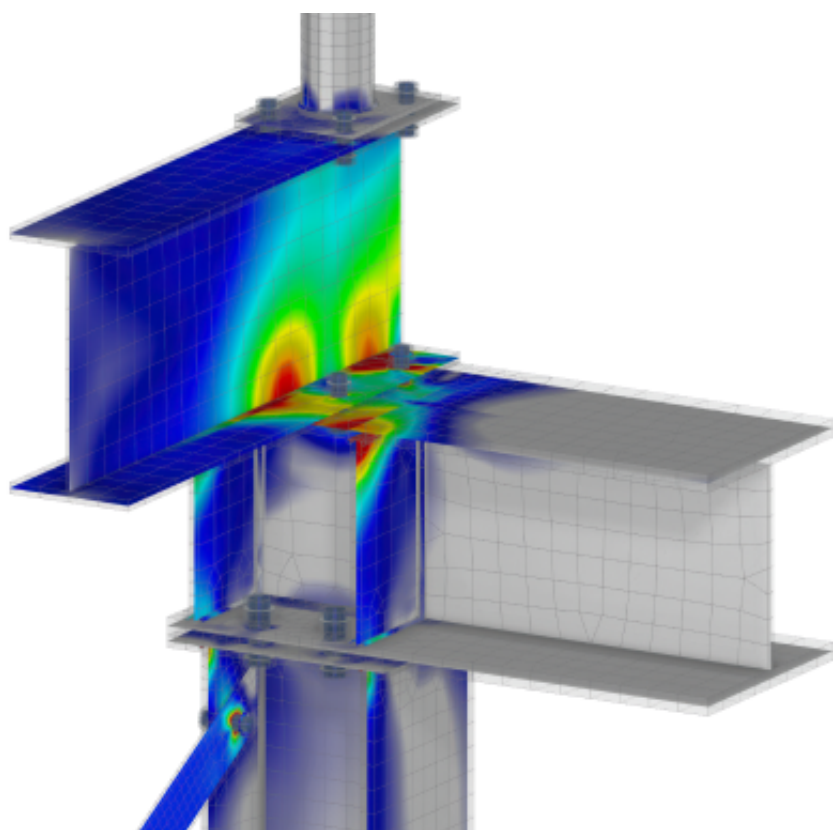
Empleados altamente motivados en todo el mundo

13.000

Empresas que trabajan con productos Dlubal en todo el mundo

130.000

Los usuarios confían en el software de Dlubal



 [www.dlubal.com/en](http://www.dlubal.com/en)

 [dlubal\\_software](https://www.instagram.com/dlubal_software)

 [Dlubal Software](https://www.linkedin.com/company/dlubal-software)



***Pipenbahr Consulting Engineers***

PIPENBAHER INŽENIRJI d.o.o., Slovenia  
www.pipenbahr-consulting.com





Puente de Helgeland, Noruega

Foto : Jules van den Doel



# American Icon

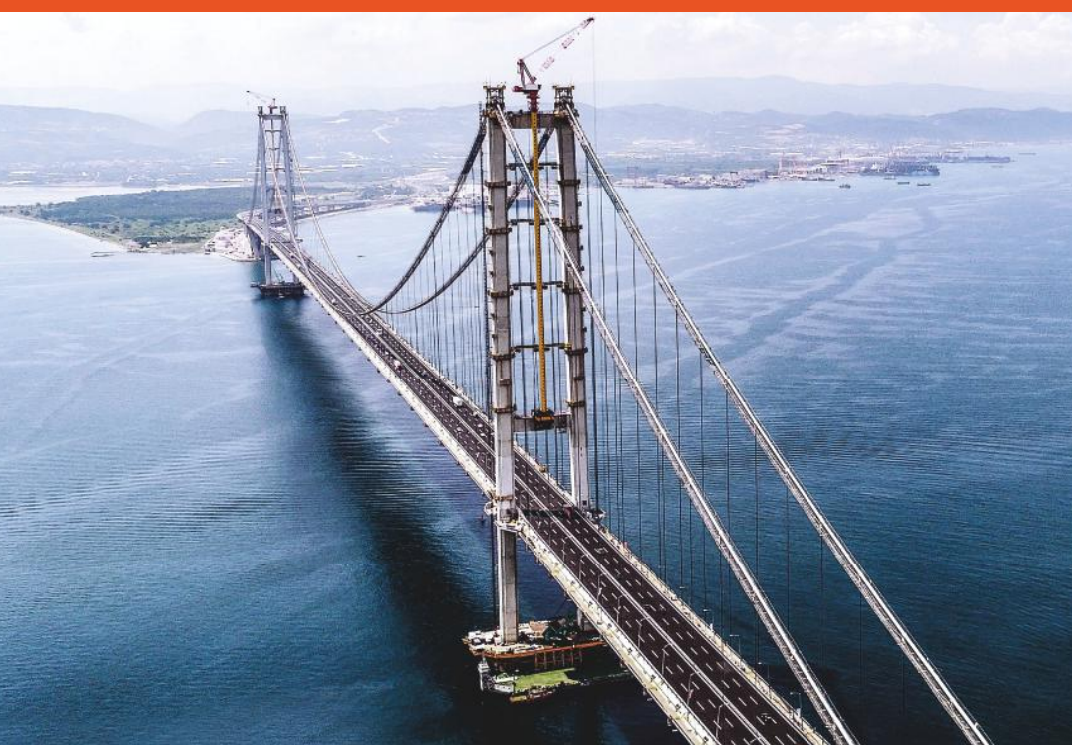
San Francisco-Oakland Bay Bridge East Span

TYLin

Photo Credit: Thomas Heinser

# MAURER MSM<sup>®</sup> Swivel Joist Expansion Joint

PUENTE OSMAN GAZI, IZMIT, TURQUÍA | CUARTO PUENTE COLGANTE DEL MUNDO CON ALTA CARGA SÍSMICA



## Ámbito de aplicación:

La instalación de la junta de dilatación MAURER Swivel Joist permite el acceso al tablero del puente y lo protege de sobrecargas horizontales durante un evento sísmico.

## Características:

- Absorción sin restricciones de movimientos específicos y transmisión simultánea de cargas de tráfico
- Funcionalidad de la estructura después del sismo
- Protección del tablero del puente frente a sobrecargas horizontales causadas por movimientos de cierre extremos durante el sismo
- Alta expectativa de vida útil gracias al uso de componentes de alto rendimiento
- Desplazamiento sísmico longitudinal de aprox. 4 m
- Velocidad de servicio de hasta 20 mm/seg (10 veces superior a la de un puente normal)
- Estanqueidad en todo el ancho del puente
- Libre de mantenimiento

## Referencias:

- Bahía de Cádiz, España
- Hochmoselübergang, Alemania
- Puente Osman Gazi, Izmit, Turquía
- Mainbrücke Randersacker, Alemania
- Viaducto de Millau, Francia
- Rheinbrücke Schierstein, Alemania
- Puente de Río-Antirio, Grecia
- Puente de la isla Russki, Rusia
- Puente Tsing Ma, China



# BRIDGE DRAINAGE

Suitable for  
75 and 150 mm  
Kerb height and  
all heights in  
between

## BRIDGE DRAINAGE UNIT

The bridge drainage channel Type M is designed to collect and discharge surface and structural water from bridges and elevated roads, used by all types of road vehicles.

### AVAILABLE HEIGHT OPTIONS

The height of the inlet openings is milled to project-specific dimensions.

#### BD350x150 = 150mm high element

Top slope 4%  
(according to BAST guideline Kap12)

#### BD350x200 = 200mm high element

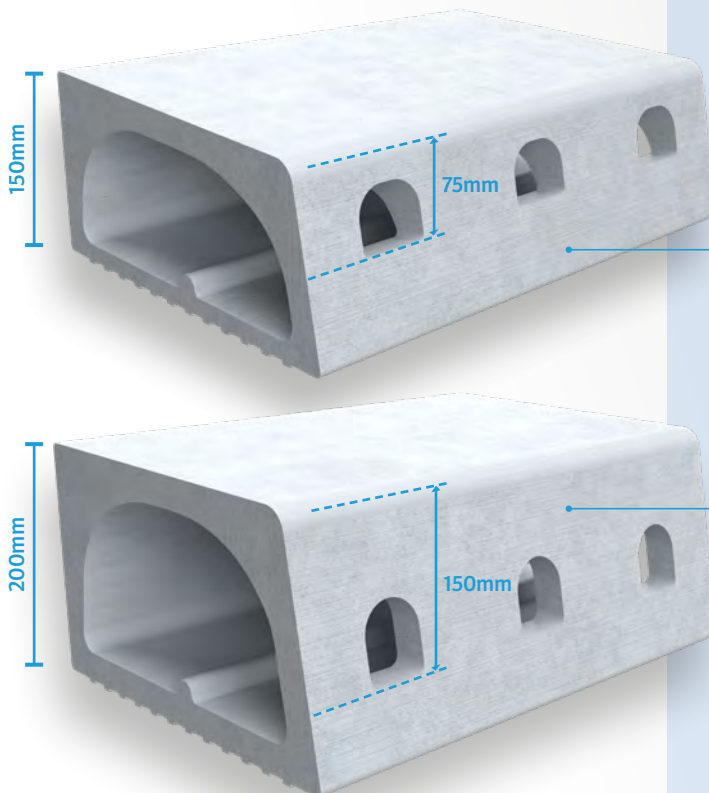
Top slope 2%  
(according to BAST guideline Kap12)

### TECHNICAL FEATURES AND ADVANTAGES

The bridge drain elements are made of one material and are moulded monolithically. In other words, they are manufactured in one piece, which ensures a stable structure with high impact resistance.

### CUSTOM SOLUTIONS

We specialize in customization. Depending on your requirements, we determine which element best fits your project. We can utilize various production locations, material types, and manufacturing methods to meet your schedule and needs.

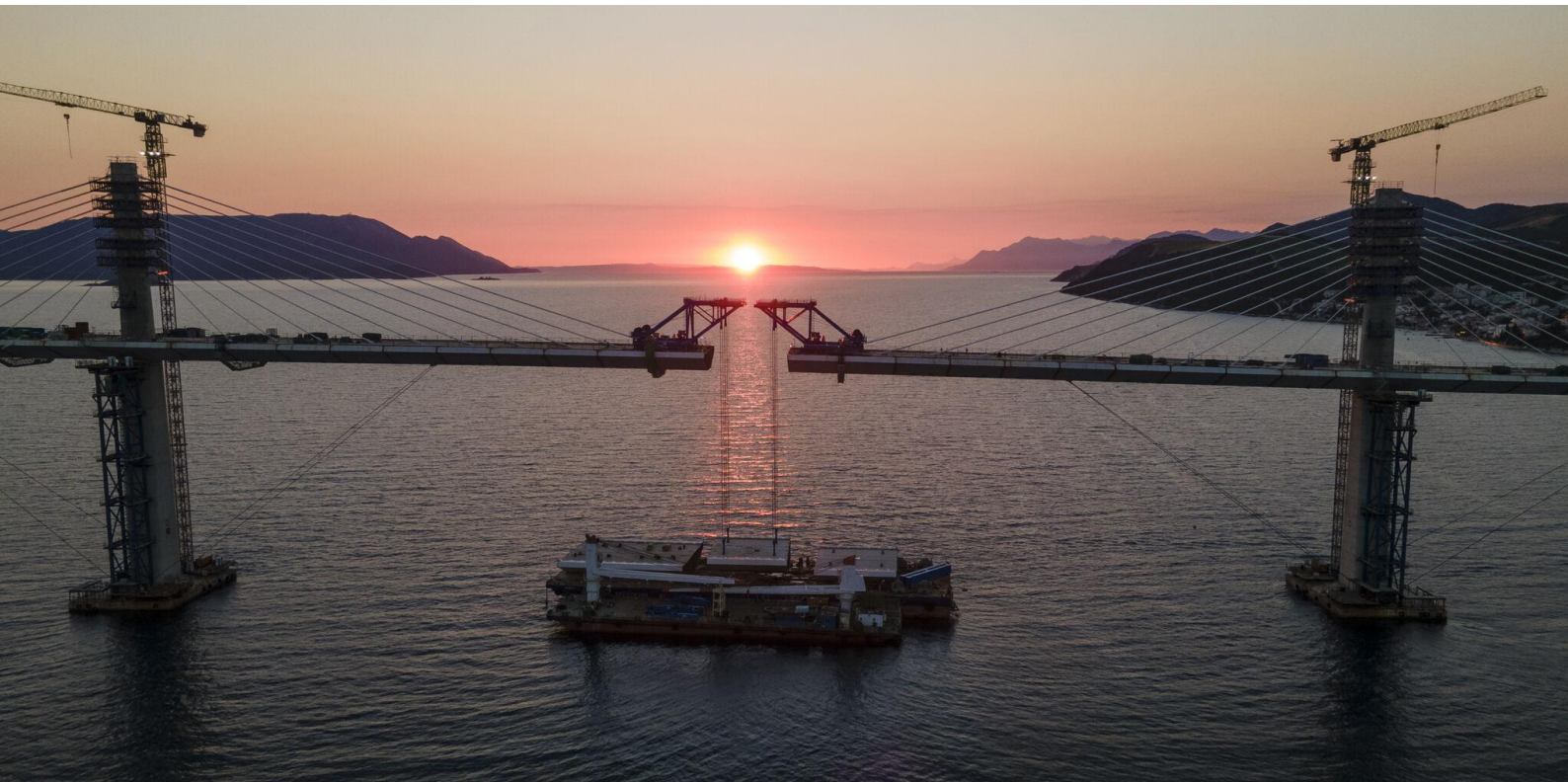


**CLICK HERE**

For more features, advantages and examples.

We design bridges

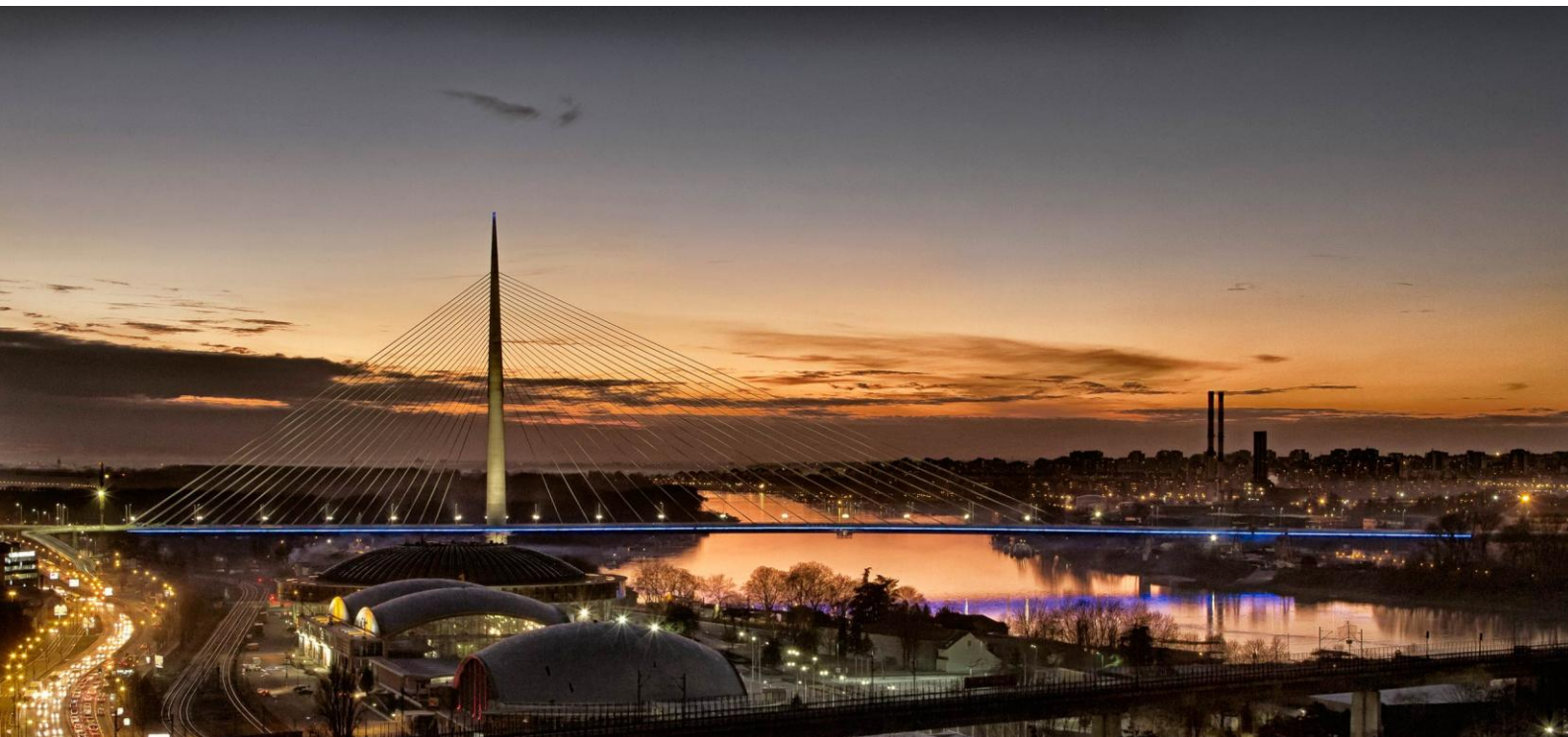
**ponting**  
bridges



Puente de Pelješac, Croacia

Diseño conceptual/preliminar/final

Empresa conjunta: Facultad de Ingeniería Civil, Universidad de Zagreb; Ponting; Pipenbaher Consulting Engineers



Puente Ada sobre el río Sava en Belgrado, Serbia

Diseño ganador del concurso/Preliminar/ICE para el diseño final y detallado

Ponting inženirski biro d.o.o., Strossmayerjeva 28, 2000 Maribor, Eslovenia





Engineers  
in Action

## *Conectando* **COMUNIDADES**

Conectamos estudiantes, profesionales, empresas y comunidades a través de proyectos colaborativos de **construcción de puentes peatonales** y **soluciones de agua, saneamiento e higiene (WASH)**.

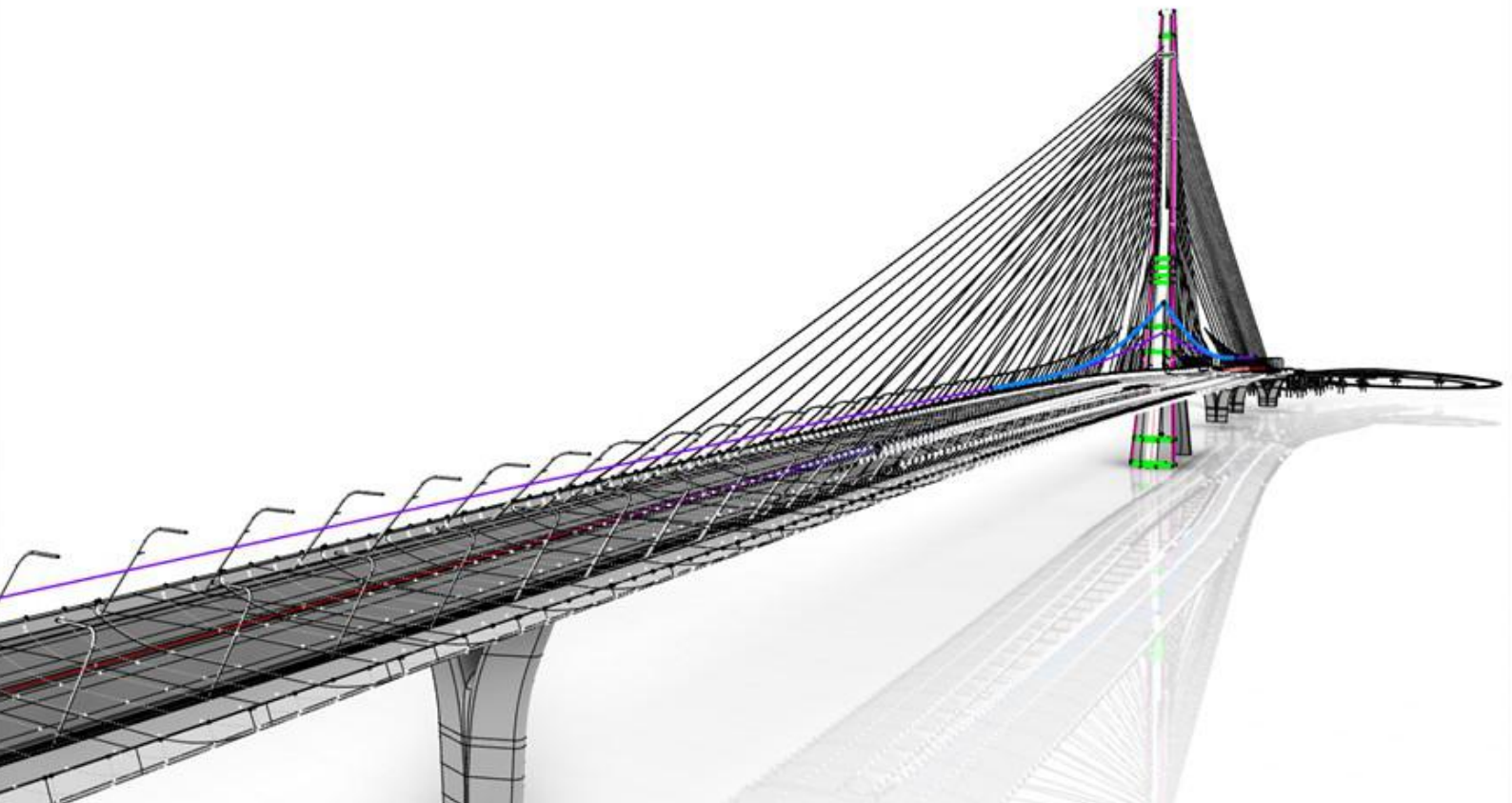
El aislamiento causado por ríos intransitables es una de las principales fuentes de pobreza en todo el mundo. Impulsados por la pasión de los estudiantes universitarios, nuestros socios de la industria y la sabiduría de nuestros aliados locales, construimos puentes peatonales para comunidades aisladas, asegurando que tengan acceso seguro durante todo el año a recursos esenciales como educación, atención médica y mercados.



[EngineersInAction.org](https://EngineersInAction.org)



@EngineersInAction



# e-BrIM

FEBRERO 2026

