

Modelo de cálculo de la plataforma-encofrado autodeslizante



Plataforma de encofrado autodeslizante en el interior del silo

La obra se planteó en dos fases. Una primera, en que la plataforma sirvió como elemento de trabajo, carga y elevación, se colocó toda la armadura de refuerzo del silo. En una segunda fase en la que la plataforma actuó como encofrado autodeslizante, se hormigonó el recrecido interior.

En la primera fase de la obra, los movimientos de izado y descenso de la plataforma se realizaron por medio de cables accionados por cabrestantes hidráulicos y manuales colocados en el techo del silo. Se emplearon los cabrestantes hidráulicos como motores de izado y descenso de la plataforma y cabrestantes hidráulicos y manuales para soporte de la plataforma en el punto de trabajo. Se dispusieron varios sistemas de control, el principal formado por cámaras y distanciómetros para el nivelado de la plataforma durante su ascenso. En esta fase surgieron dificultades a analizar como la sincronización del movimiento de los cabrestantes hidráulicos, la rotura de una unidad de izado, la rotura de un cable o incluso el fallo simultáneo de todos los cabrestantes hidráulicos, debiendo quedar soportada la carga en los cabrestantes manuales de acompañamiento que deberían soportar además los efectos dinámicos de la caída.

En la segunda fase, la plataforma se equipó de un sistema hidráulico formado por 48 gatos de trepa que colgaban de barras ancladas en ménsulas instaladas en el techo del silo. En el perímetro de la plataforma circular se colocó el encofrado con inclinación adecuada para permitir el deslizamiento. En esta fase surgieron dificultades como desplazamiento lateral de la plataforma variando el recubrimiento del hierro, el giro de la plataforma o la inclinación de la plataforma.

## S4. GESTIÓN DE ESTRUCTURAS

### 4. REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO CON AGENTES INHIBIDORES DE CORROSIÓN DE APLICACIÓN SUPERFICIAL

#### REPAIR AND MAINTENANCE OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES WITH SURFACE APPLICATION OF CORROSION INHIBITOR AGENTS

Javier Suárez Chaves. BASF Construction Chemicals España S.L.  
Segment Manager Repair & Waterproofing EBE Iberia. Ingeniero  
Técnico de Minas. [javier.suarez@basf.com](mailto:javier.suarez@basf.com)

Agentes inhibidores de corrosión, estructura de hormigón armado, carbonatación, cloruros, acciones preventivas.

*Corrosion inhibitor agents, reinforced concrete structure, carbonation, chlorides, Preventive actions.*

La corrosión es la principal causa de deterioro de las estructuras de hormigón armado, especialmente las que están expuestas a ambientes de alta agresividad, como por ejemplo en ambientes con cloruros. Los desperfectos estructurales provocados por la corrosión requieren reparaciones constantes que interfieren en la utilización habitual de la infraestructura.

El método convencional para la reparación de estructuras de hormigón armado consiste en eliminar la parte de hormigón dañada, sanear la armadura y reponer la sección con morteros de reparación. Este tipo de intervenciones son costosas e inutilizan el área afectada por un largo periodo.

Los inhibidores de corrosión migratorios son productos líquidos que se aplican superficialmente sobre el hormigón y tienen la capacidad de migrar hasta alcanzar la armadura, donde forman una capa protectora que devuelve la armadura a sus condiciones de pasivación.

La reparación de las estructuras afectadas por corrosión con agentes inhibidores migratorios es hasta un 80% más rápida que el método convencional con morteros, permitiendo que la estructura reparada entre en servicio en menos de 24 horas. Esta solución requiere menor número de medios auxiliares y no precisa de un tiempo de curado antes de la entrada en servicio. Su efectividad a largo plazo ha sido contrastada y verificada a partir de la monitorización de estructuras reales tratadas en todo el mundo, incluyendo referencias en España, como el edificio de la Fundación Miró de Barcelona. El seguimiento de estos proyectos ha permitido concluir que la efectividad y durabilidad del tratamiento con agentes inhibidores de corrosión es superior incluso que el método convencional con morteros.

Con el empleo de agentes inhibidores de corrosión migratorios el coste de la vida útil de una estructura sometida a ambientes agresivos puede reducirse hasta un 40%, a partir de la reducción del número de actuaciones de mantenimiento y reparación requeridas en toda la vida útil prevista, gracias a la mayor durabilidad de este tratamiento.

En esta ponencia se explicará la base de funcionamiento de los agentes inhibidores de corrosión basados en organosilanos y cómo actúan paralizando las reacciones de corrosión. Se presentará una comparativa con el método de reparación convencional con morteros a partir de ejemplos reales, considerando diferentes casuísticas, tanto desde el punto de vista técnico como económico. También se presentarán las técnicas de identificación prematura de la corrosión y su interpretación de los resultados para permitir ejecutar actuaciones preventivas antes de que se observen los daños visibles.

## 27. PLAN DE MANTENIMIENTO DE PUENTES DE LA RED FERROVIARIA DE CHILE

### MAINTENANCE PLAN FOR RAILWAY BRIDGES IN CHILE

Gonzalo Arias Hofman. INES Ingenieros. Responsable Departamento Ingeniería Conservación de Puentes. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. gah@inesingenieros.com

José Luis Rodríguez Rodríguez. INES Ingenieros. Departamento Ingeniería Conservación de Puentes. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. jlrr@inesingenieros.com

Mantenimiento, activos, priorización, inspecciones, actuaciones.

*Maintenance, assets, prioritization, inspection, repairs.*

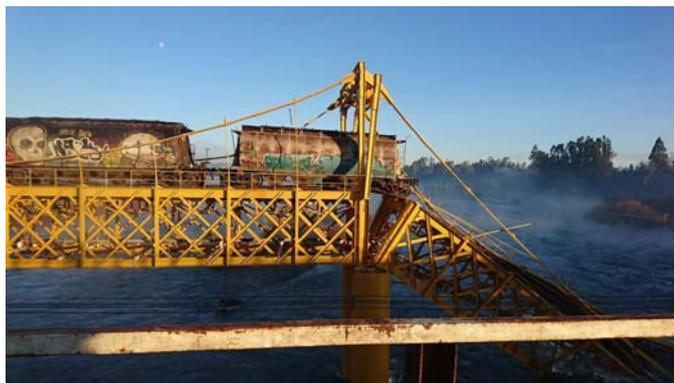
El reciente colapso de un puente ferroviario sobre un cauce en Chile ha coincidido con la puesta en funcionamiento del Plan de Mantenimiento de los puentes mayores de la red de ferrocarriles de dicho país, gestionada por EFE. Este desgraciado suceso ha puesto de manifiesto la necesidad de planificar y aplicar las dos patas sobre las que se asienta un Plan de Mantenimiento:

- Las inspecciones, en sus diferentes niveles ya conocidos y consolidados por la experiencia
- Las actuaciones periódicas

A la hora de planificar las inspecciones, y de cara a optimizar los recursos, en el Plan de Mantenimiento se ha optado por clasificar los puentes en cuatro grupos, según un factor de importancia en una escala de 1 a 4. Este factor de importancia es novedoso y considera 14 parámetros, algunos de los cuáles son aplicables únicamente a los puentes ferroviarios (para los puentes carreteros se consideran otros factores diferentes), de los que el parámetro que refleja el estado de conservación de cada puente asume una parte relevante de este factor de importancia que, por lo tanto, es variable con el tiempo.

El hecho de que un puente tenga asignado un factor implica que las inspecciones se llevarán a cabo con mayor o menor frecuencia y que, por tanto, el puente tendrá una auscultación más o menos intensa (visual, pero también mediante ensayos de control preferiblemente no destructivos, dentro de las inspecciones principales detalladas).

Cuando se aplica un Plan de Mantenimiento para los próximos 15 años para más de 300 puentes, el número de inspecciones se multiplica y se debe ajustar con criterio. Considerando que las inspecciones básicas se plantean con una periodicidad de entre 6 y 20 meses, o que las inspecciones principales generales se planifican entre 18 y 60 meses, el resultado es que hay planteadas más de 1.700 inspecciones básicas, casi 600 inspecciones principales generales y unas 275 inspecciones principales detalladas.



Colapso de puente sobre cauce en agosto de 2016



Puente sobre el río Maule, en la VII Región

A partir de las inspecciones planificadas y de las actuaciones de reparación periódicas, que dependen de las tipologías estructurales y de las cargas y ambientes a los que se ve sometido cada puente, se obtiene una valoración económica que permite aplicar el Plan de Mantenimiento y los recursos necesarios para llevarlo a cabo. En la estimación realizada se han aplicado criterios de uso de recursos internos y externos, mediante un análisis multi-escenario, para obtener la solución más aconsejable desde el punto de vista económico.

## 54. ESTRATEGIAS DE AMPLIACIÓN DE PUENTES Y RECUPERACIÓN DE PATRIMONIO

### DIFFERENT BRIDGE EXTENSION STRATEGIES AND RESTORATION

Manuel Reventós Rovira. Enginyeria Reventós, SL. Presidente. Ingeniero de Caminos. mreventos@ereventos.com

Jaume Guàrdia Tomàs. Enginyeria Reventós, SL. Jefe de Proyectos. Ingeniero de Caminos. jguardia@ereventos.com

Rosa Mora Díaz. Enginyeria Reventós, SL. Jefe de Proyectos. Ingeniera de Obras Públicas. rmora@ereventos.com

David Berdiel Acer. Enginyeria Reventós, SL. Jefe de Proyectos. Ingeniero de Obras Públicas. dberdiel@ereventos.com

Patrimonio, rehabilitación, ampliación, restauración, puente histórico.

*Heritage, restoration, reformation, enlargement, historical bridge.*

Una de las problemáticas cada vez más habitual en la obra civil aparece cuando nos encontramos con una infraestructura existente que ha quedado obsoleta. Si nos centramos en puentes o pasarelas, esta situación se puede dar por diferentes motivos:

- La propia degradación de la infraestructura existente o la falta de mantenimiento pueden poner en peligro la integridad estructural obligando a una intervención global en el puente.
- La saturación de la infraestructura causada por el incremento de uso, ya sea por tráfico viario o por afluencia de peatones.
- La intención de mejorar el servicio y la funcionalidad existente, por ejemplo, añadir un carril bici a un puente estrecho.

- Al cambio de uso por motivos de planificación urbana o viaria. Las infraestructuras antiguas se pueden ver superadas por la evolución urbana y territorial haciendo que su uso original quede obsoleto. En estos casos hay que repensar su uso.

¿Cómo se aborda la problemática? Planteamos diferentes estrategias:

- Ampliación de la plataforma funcional. Normalmente es la opción más económica, siempre y cuando las obras necesarias para la ampliación sean viables.
- Desviación y recuperación. Implica la construcción de una nueva infraestructura por la cual se desvía el tráfico, y la posterior restauración y recuperación del antiguo puente. Esta opción es adecuada para puentes de valor histórico ya que permite recuperar el esplendor original de la obra.
- Demolición y nueva construcción. Cuando la estructura existente está en un proceso avanzado de degradación o cuando esta no tenga interés patrimonial hay que considerar la opción de demoler la infraestructura existente para construir en su lugar un nuevo puente. Se ilustran las diferentes situaciones con sus pros y contras a partir de 6 proyectos y/o obras recientes:
- Nuevo puente de las Cremades en Caldes de Montbui y restauración del puente histórico.
- Ampliación del Puente sobre el Río Ebro en la carretera de Alagón a Remolinos.
- Ampliación de la Pasarela de Montcada i Reixac.
- Ampliación del puente medieval de Manlleu.
- Nuevo puente sobre la Tordera entre Malgrat de Mar y Blanes.
- Estudio de la Ampliación del puente sobre la Riera de Ribes.



Antiguo Puente de "Les Cremades" en Caldes de Montbui en su situación inicial (2012)



Antiguo Puente de "Les Cremades" en Caldes de Montbui restaurado y el nuevo puente en segundo plano

## 94. MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN DE SISTEMAS DE ATIRANTAMIENTO: TECNOLOGÍAS, PATOLOGÍAS TIPO, INSPECCIÓN, MONITOREO Y REPARACIONES

### MAINTENANCE AND REHABILITATION OF STAY CABLE SYSTEMS: TECHNOLOGIES, TYPICAL DEFECTS, INSPECTION, MONITORING AND REPAIRS

Nicolás Trotin. Freyssinet España. Ingeniero Departamento Técnico.

Ingeniero Industrial. nicolas\_t@freysinnet-es.com

Jorge Sánchez. Freyssinet España. Director de Mantenimiento

Estructuras Especiales. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

jorge\_s@freysinnet-es.com

Pablo Vílchez. Freysinnet España. Director Técnico. Ingeniero Industrial.

pablo\_v@freysinnet-es.com

Puente atirantado, mantenimiento, rehabilitación, inspección, tecnologías de tirantes.

Cable stayed bridges, maintenance, rehabilitation, inspection, stay cable technologies.

Las tecnologías empleadas en cables de tirantes han ido evolucionando con el tiempo, desde los primigenios cables cerrados (o helicoidales) de los años 50, inspirados en los puentes colgantes, hasta llegar, en la actualidad, al sistema de cordones paralelos. Tecnologías intermedias -cordones de pretensado en vaina global inyectada y cordones de tirantes autoprottegidos sin vaina global- fueron empleados también tanto en España como en el resto del mundo.

Estas tecnologías y sus correspondientes sistemas de protección tienen una vida útil cada vez mayor, pero limitada, lo que resulta en la aparición de patologías cuya propagación por falta de mantenimiento puede tener un impacto importante en el comportamiento del tirante afectado y consecuentemente de la estructura.

Las patologías, más o menos graves, son muy variadas y pueden afectar, entre otros, a las barreras anti-corrosión (vainas de polietileno global e individual, lechadas de protección...), a las zonas de anclaje, al propio elemento tensor (corrosión de hilos o cordones), a sus elementos antivibración. Además de las patologías debidas a la falta de mantenimiento y a las propias limitaciones de las tecnologías y materiales, existen causas accidentales, como choques y fenómenos climáticos excepcionales, que son causas de deterioros no despreciables.



Inspección de cable por equipo magneto-inductivo



*Detección de oquedades mediante inspección con sonda capacitiva*

Aunque la tecnología actual -cordones autoprottegidos e individualmente anclados- facilita la inspección de los componentes del tirante, las anteriores no fueron desarrolladas con este enfoque. El interior de cables cerrados o de vainas globales y anclajes inyectados con materiales adherentes no es inspeccionable visualmente.

Desde principios de siglo, a raíz de los problemas y patologías observadas en distintas estructuras, se han desarrollado técnicas de inspección no destructivas que son cada vez más eficientes y útiles para la determinación del estado de los tirantes en zonas no visibles: inspección por magneto-inducción, sonda capacitiva, ultrasonidos, etc. Se pueden inspeccionar tanto las zonas de anclaje como la longitud libre accesible del tirante y detectar defectos puntuales, generalizados y roturas parciales.

En base a los planes de mantenimiento e inspección y a los resultados de las inspecciones, pueden tener lugar diversas actuaciones: saneado y reparación local, sustitución parcial, mejora del sistema (montaje de una vaina global, p.e.), sustitución completa del tirante.

El objeto de la presente ponencia es el de mostrar la evolución de las diferentes tecnologías, sus patologías y las debidas a otros fenómenos, exponer métodos de inspección y monitoreo con sus correspondientes alcances y limitaciones y, por último, describir actuaciones de mantenimiento.

## **98. CONTROL DE PROYECTO Y EJECUCIÓN DE LA OBRA: REPARACIÓN Y REFUERZO DE LA LOSA DEL PUENTE DE LAS AMÉRICAS, CIUDAD DE PANAMÁ, PANAMÁ**

*MONITORING PROJECT AND EXECUTION CONTROL IN MAJOR REPAIRING WORKS: REPAIR AND REINFORCEMENT CONCRETE SLAB (LAS AMÉRICAS BRIDGE). PANAMA CITY. PANAMA*

Ángel Rozas. Freyssinet España. Ingeniero Departamento Técnico. Ingeniero Industrial. [angel\\_r@freysinet-es.com](mailto:angel_r@freysinet-es.com)

Pablo Vilchez. Freyssinet España. Director Técnico. Ingeniero Industrial. [pablo\\_v@freysinet-es.com](mailto:pablo_v@freysinet-es.com)

César Lasso. Freyssinet Tierra Armada de Panamá. Gerente de Obra. Ingeniero Civil. [lasso@freysinet.com.mx](mailto:lasso@freysinet.com.mx)

Gustavo Sotillo. Freyssinet Tierra Armada de Panamá. Responsable de Calidad. Ingeniero Civil. [gsotillo@freysinet.com.pa](mailto:gsotillo@freysinet.com.pa)

Mauricio Solórzano. Freyssinet México. Jefe de Calidad. Ingeniero Civil. [msolorzano@freysinet.com.mx](mailto:msolorzano@freysinet.com.mx)

Guillermo Medina. Freyssinet Tierra Armada de Panamá. Director General Panamá. Ingeniero Civil. [gmedina@freysinet.com.pa](mailto:gmedina@freysinet.com.pa)

Grandes obras, control de proyecto, control de ejecución, composites, inyección epoxi.

*Major projects, monitoring project, execution control, composites, epoxy injection.*

Este artículo trata del control de proyecto y ejecución de grandes obras, concretamente el Puente de las Américas, que da servicio a la carretera Panamericana a través del Canal de Panamá. Tiene 1.654 m de luz, distribuidos en 11 luces en cercha metálica (accesos), 2 luces de 23 m en alma llena y una luz central en arco de cercha metálica soportada en canto libre de 344 m.

Se trata de una estructura antigua (1962), calculada con una normativa de diseño que no sólo consideraba cargas inferiores a las actuales, sino que también daba como resultado proyectos con menores cuantías de armado por tratar menos profundamente aspectos como la durabilidad. Esto más el efecto del tiempo derivaron en la necesidad de acometer la rehabilitación del tablero.

La importancia de la infraestructura imposibilitaba el corte de tráfico, por lo que era fundamental la planificación de los trabajos para adecuar el alcance de cada etapa a los intervalos de tiempo disponibles, así como para no demorar el plazo total y de este modo afectar a la funcionalidad de la vía lo menos posible.

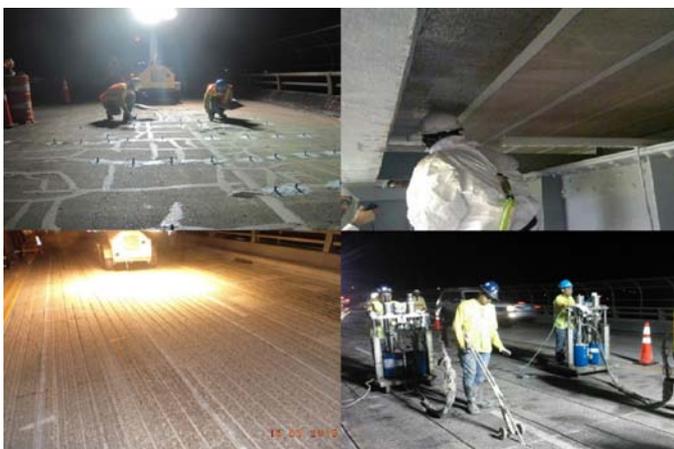
El proyecto abarcó su reparación y refuerzo mediante técnicas de inyección y sellado de fisuras con resinas epoxi, refuerzos superiores e inferiores mediante aplicación de tejidos y barras de materiales compuestos (fibra de carbono), y revestimiento cementoso en aceras. El empleo de materiales compuestos, si bien es cada vez más frecuente, no deja de ser una técnica especializada que requiere de exigentes trabajos previos y controles de calidad durante y tras la ejecución.

Además, los niveles de calidad exigidos por este tipo de trabajos, de por sí altos, constituían una de las premisas fundamentales impuestas por el cliente.

Si bien alguno de los aspectos citados (intervención sobre infraestructuras en servicio, empleo de técnicas de reparación especializadas, imposición de altos estándares de calidad) aparece con frecuencia en muchas grandes obras, la coincidencia de todos ellos en este ejemplo concreto, junto con el hecho de que se trataba de implantar una metodología de trabajo tan pautada en un marco tan especial, con una



*Vista del Puente de las Américas*



Técnicas de reparación y refuerzo en tablero

filosofía de trabajo arraigada tan distinta de la europea, y sobre una infraestructura en el punto de mira de la sociedad, supuso un reto que tuvo que encarar el equipo multidisciplinar y multinacional a cargo de la ejecución.

Fue necesario elaborar múltiple y diversa información, como planes de ensayo, procedimientos de ejecución, planes de control, gestión de planta y almacenamiento, etc.

## 125. GESTIÓN DE DATOS DE SENSORES DE DURABILIDAD

### DATA MANAGEMENT THROUGH DURABILITY SENSORS

Carmen Andrade Perdrix. IETcc-CSIC. Profesora de Investigación.

Dra. Química Industrial. andrade@ietcc.csic.es

Fabiano Tavares Pinto. IETcc-CSIC. Ayudante de Investigación. Doctorado en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos. fabianotavares@yahoo.com.br

Marcello Capacchione. Sensecorr. Ingeniero. Ingeniero.

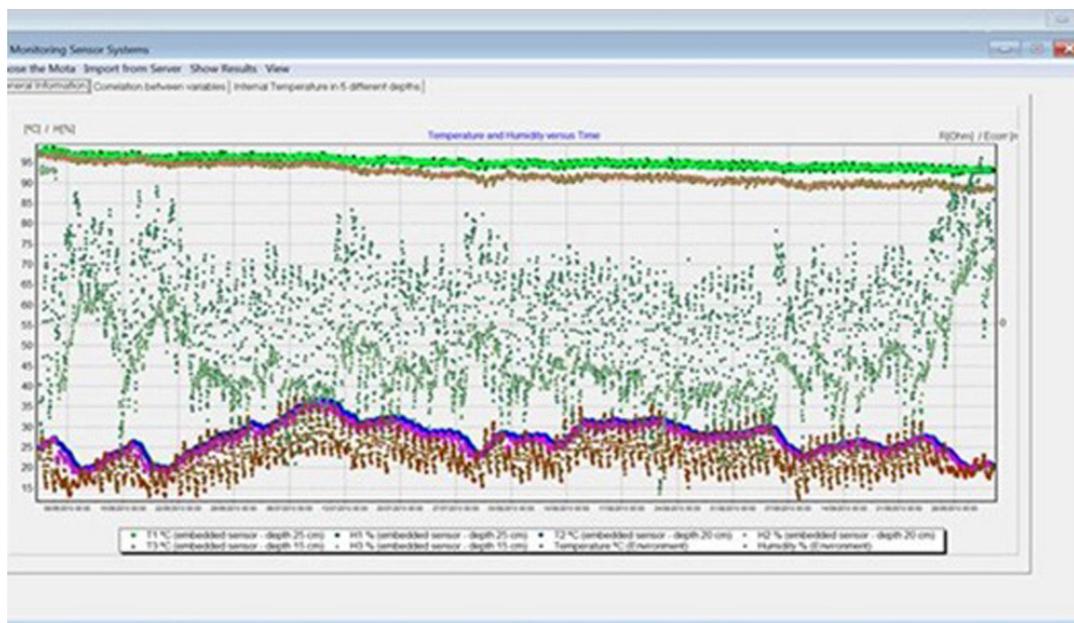
mxc2135@yahoo.com

M.<sup>a</sup> Jesús Fernández González. COPASA. Directora de Calidad y Medio Ambiente. Ingeniera Técnica de Obras Públicas. mjfernandez@copasagroup.com

Mantenimiento, durabilidad, sensores, gestión, modelos.

Maintenance, durability, sensors, management, models.

En la actualidad lo común en el mantenimiento de las infraestructuras es actuar de forma “reactiva” es decir, a través de inspecciones visuales de elementos concretos y solo cuando aparecen signos de deterioro a juicio del inspector, se realiza una inspección más detallada. Solo si el daño se considera importante en ocasiones se plantea instrumentar la estructura y proceder a la observación continua de su comportamiento hasta tomar la decisión de intervenir. Un mantenimiento preventivo consistiría en realizar tomar datos de la estructura y actuar antes de que los daños sean visibles o importantes. Un mantenimiento “predictive” pretende además con los datos almacenados hacer predicciones que permitan optimizar las futuras intervenciones y costos de mantenimiento. En el presente trabajo se presentan ejemplos de instrumentación en continua de estructuras que han permitido ambos tipos de mantenimiento preventivo y predictivo. La experiencia de un almacenamiento de enorme cantidad de datos cuando se obtienen en continuo durante meses y años, ha llevado a abordar sistemas de gestión de estos datos que facilitan la comprensión del usuario no especializado. Además el registro continuo de datos está permitiendo conocer el efecto en tiempo real de parámetros como la temperatura que son desconocidos hasta el momento con suficiente precisión. En la figura se presentan valores de la HR y de la temperatura de sensores embebidos en un tablero de un Puente a distintas distancias de la capa asfáltica. Se ha podido comprobar que el tablero no se seca ni en verano, permaneciendo las humedades relativas dentro del Hormigón por encima del 85-90% lo que indica una presencia de agua en los poros capilares. Los trabajos se realizan dentro del proyecto MODELGES, a cuyos miembros se agradece la colaboración, financiados por el Ministerio de Economía y Competitividad en su convocatoria de RETOS-COLABORACIÓN.



Viaducto a 5 y 10 cm de la capa asfáltica. Parte superior: los dos sensores tienen HR > al 90%

## 260. SUSTITUCIÓN DE CABLES Y REHABILITACIÓN DEL PUENTE COLGANTE DE SAN VICENTE

### SÃO VICENTE SUSPENSION BRIDGE REHABILITATION AND CABLE SUBSTITUTION

Hugo Corres Peiretti. Universidad Politécnica de Madrid. Catedrático de Hormigón Estructural. Dr. Ingeniero de Caminos. [hcp@he-upm.com](mailto:hcp@he-upm.com)  
Francisco Prieto Aguilera. FHECOR Ingenieros Consultores. Jefe Departamento. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. [fpa@fhcor.es](mailto:fpa@fhcor.es)  
Rafael Timerman. ENGETI Engenharia. Director. Ingeniero Civil. [rafael@engeti.eng.br](mailto:rafael@engeti.eng.br)

Colgante, cable, péndola, silla.

*Suspension, cables, hanger, saddle.*

El puente colgante de San Vicente fue construido en 1914 como parte del plan de saneamiento de Santos y de San Vicente, en el estado de São Paulo. El estado del puente en el año 2012 se consideraba crítico, dado que algunos de los elementos de las celosías del tablero habían desaparecido y teniendo en cuenta que los cables principales mostraban claros signos de corrosión con pérdidas de sección importantes.

El puente está formado por un solo vano colgante de 180 m. El tablero está formado por dos celosías de 3,70 m de canto, divididas en treinta módulos de 5,92 m de longitud cada uno. El tablero cuelga de los cables principales mediante unas péndolas rígidas de 42 mm de diámetro dispuestas coincidiendo con la modulación de las cerchas.

Los cables principales están formados por un paquete de 8 cables, dos superiores de 81 mm y seis inferiores de 63 mm de diámetro. Cada cable está formado por seis cordones arrollados helicoidalmente, cada uno de ellos formado a su vez por un conjunto de alambres dispuestos también en espiral.

El proyecto de sustitución de los cables debía tener en cuenta que por condicionantes patrimoniales debían mantenerse la configuración actual de los cables, es decir que el nuevo cable debía estar formado por seis elementos del mismo diámetro que los actuales, dispuestos en dos filas como los originales. Esto, y la configuración de la silla actual, obligaban a desmontar completamente el sistema existente antes de colocar el definitivo, imponiendo pues una etapa intermedia en la que el tablero debía colgarse de un cable provisional.



El puente, con las vigas transversales provisionales, antes de la colocación de los cables provisionales



Cables definitivos colocados y tesados. Cables provisionales destesados

Así, se diseñó un proceso constructivo que se llevó a cabo con pequeñas modificaciones, y que esquemáticamente consistió en:

- Ejecución de cimentaciones de torres provisionales.
- Colocación de torres provisionales.
- Ejecución de anclajes provisionales al terreno a través del macizo de anclaje.
- Retirada del pavimento de madera.
- Colocación de vigas transversales provisionales.
- Colocación de cables provisionales sobre silla provisional.
- Colocación de péndolas provisionales.
- Transferencia de carga al sistema provisional.
- Retirada de cables y péndolas originales.
- Renovación y refuerzo de bloques de anclaje.
- Colocación de cables definitivos.
- Transferencia de cargas a cables definitivos.
- Retirada de cables y torres provisionales.

## 331. REHABILITACIÓN DE ESTRUCTURAS EN LA CALLE 30, MADRID: GESTIÓN, ACTUACIONES Y RESULTADOS

### STRUCTURAL REHABILITATION IN MADRID CALLE 30: MANAGEMENT, WORKS AND RESULTS

Paloma Lampaya Nasarre. LRA Infrastructures Consulting. Ingeniera de Estructuras. Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos. [palomalampaya@lraingenieria.es](mailto:palomalampaya@lraingenieria.es)  
Tomás Ripa Alonso. LRA Infrastructures Consulting. Socio Director. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. [tomasripaalonso@gmail.com](mailto:tomasripaalonso@gmail.com)

Rehabilitación, estructuras, durabilidad, deterioros, inspección.

*Rehabilitation, structures, durability, damages, inspection.*

Este artículo analizará la gestión de estructuras de carretera que se realiza en organismos como Madrid Calle 30, desde la fase de inspección hasta las actuaciones que se llevan a cabo en ellas, incluyendo el estudio de resultados.

Así, el proceso comienza con inspecciones básicas y principales, con las que se asigna a las diferentes estructuras un índice de condición

atendiendo a los deterioros existentes, su gravedad, su extensión y su evolución. Con ello se establece un criterio de selección y priorización de estructuras sobre las que actuar, lo cual mejora considerablemente la gestión de los medios y la conservación de la red.

A continuación se redacta el proyecto de rehabilitación correspondiente, evaluándose el estado estructural y diseñando soluciones a las problemáticas detectadas, teniendo como objetivo la puesta a cero de la estructura.

Generalmente se detectan problemas durables, cuyo origen principal es el agua: funcionamientos ineficientes de los sistemas de drenaje, de la impermeabilización de las estructuras, o falta de estanqueidad en juntas de calzada. En este sentido, se están desarrollando y mejorando sistemas de impermeabilización, como las láminas SBS autoprotectidas, las poliureas o el corcho proyectado.

Además, es frecuente observar deterioros comunes, como desconchones con y sin armadura implicada o fisuración. Sin embargo, se suele encontrar alguna problemática específica añadida y que siempre conlleva una profundización en el estudio de la tipología y comportamiento estructural para diseñar la solución óptima en cada caso.

Como la mayoría de estructuras de la Calle 30 se construyeron entre 1970 y 1990, los deterioros durables anteriormente comentados suelen presentarse en mayor medida en los puentes más antiguos. En estos destaca la existencia de juntas a media madera, cuyo comportamiento en ocasiones afecta al funcionamiento resistente y su solución conlleva operaciones de gran envergadura.

Una vez realizadas las actuaciones proyectadas, el índice de condición queda reducido al mínimo, lo cual implica que en condiciones normales no serán necesarias operaciones importantes sobre la estructura en los próximos años. De este modo, a medida que se va actuando sobre las estructuras de peor condición, el estado en términos globales de la red mejora.

Asimismo, se está evolucionando hacia una mentalidad de tratamiento de la durabilidad mediante sistemas aplicados de forma generalizada como morteros impermeabilizantes o sistemas de nanotecnología de hidrofugación, de modo que una vez rehabilitada una estructura íntegramente, se produzca una optimización de medios facilitando que la estructura tenga una mejor y mayor vida útil.



Reparación de desconchón y refuerzo de armado bajo aparato de apoyo

### 356. ALGUNAS REFLEXIONES SOBRE LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE CONTENCIÓN EN LA REHABILITACIÓN DE Puentes

#### SOME REFLECTIONS ABOUT THE PLACEMENT OF CONTAINMENT SYSTEMS IN THE REHABILITATION'S WORKS OF BRIDGES

Jesús María Rodríguez Romero. INTEMAC. Departamento de Estructuras. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. [jmrodriguez@intemac.es](mailto:jmrodriguez@intemac.es)

Eduardo Díaz-Pavón Cuaresma. INTEMAC. Departamento de Estructuras. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. [ediazpavon@intemac.es](mailto:ediazpavon@intemac.es)

Elena Díaz Heredia. INTEMAC. Departamento de Estructuras. Dra. Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos. [ediaz@intemac.es](mailto:ediaz@intemac.es)

José Ramón Arroyo Arroyo. INTEMAC. Departamento de Estructuras. Ingeniero Industrial. [jrarroyo@intemac.es](mailto:jrarroyo@intemac.es)



Vista general de estructura saneada con chorro de arena y tratamiento de fisuración mediante sellado

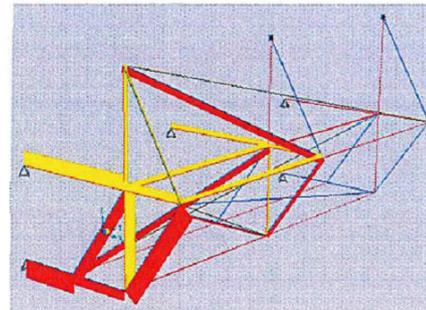
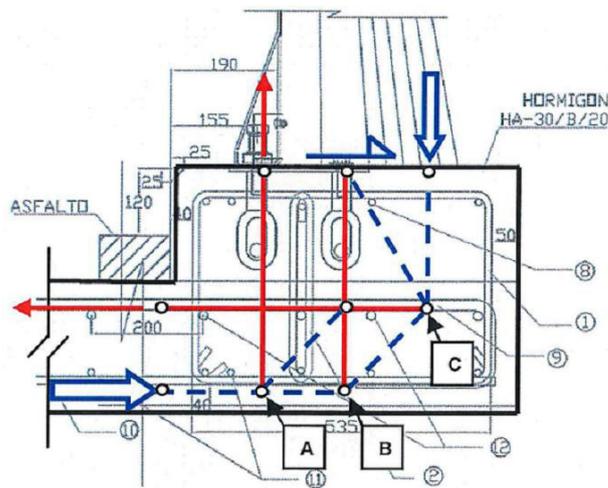
Pretil, sistema de contención de vehículos, rehabilitación de puentes, barrera rígida, barrera flexible.

Parapet, vehicle's containment systems, rehabilitation of bridges, rigid barrier, flexible barrier.

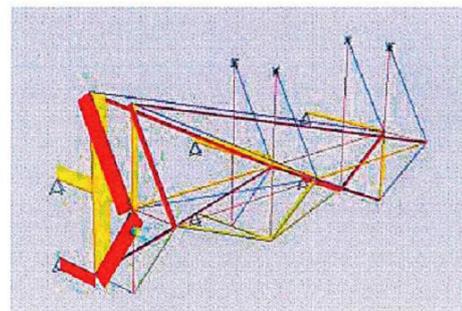
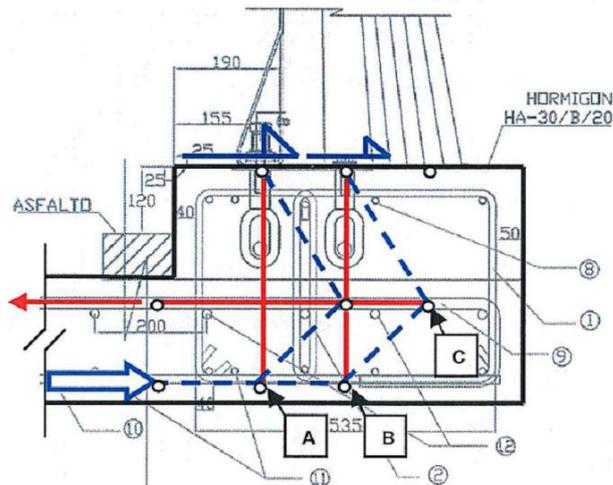
La colocación de nuevos sistemas de contención en tableros de puentes existentes exige un análisis detallado y una reflexión suficiente que permita proyectar y ejecutar una solución adecuada que, de acuerdo con nuestra experiencia en los estudios de patología realizados, no siempre se consigue.

La necesidad de alcanzar este objetivo es clara debido a su trascendencia para la seguridad vial, siendo por tanto un aspecto clave en las obras de rehabilitación de puentes existentes. De hecho, en muchos casos, la sustitución del pretil o la colocación de uno nuevo, es realmente la única intervención a realizar.

En el presente artículo hemos pretendido evidenciar la complejidad que puede suponer a nuestro juicio abordar satisfactoriamente la rehabilitación del sistema de contención de un puente, sustituyéndolo por una solución válida a la luz de los conceptos y criterios actuales, que puede desembocar en muchos casos en una intervención no menor.



a) Hipótesis 1



b) Hipótesis 2

Esquemas de bielas y tirantes para el análisis de la transmisión de esfuerzos

En general, en el planteamiento de este tipo de rehabilitación la falta de espacio libre necesario en el margen para acomodar una barrera flexible, sin que en muchos casos sea posible tampoco estrechar la calzada útil, conduce a la propuesta de un pretil más rígido a cambio de transmitir esfuerzos al tablero de magnitud considerable, de acuerdo con los valores proporcionados por los fabricantes.

Un análisis detallado de esta transmisión, que debe definir la trayectoria de las cargas debidas al impacto y el enlace con el esquema resistente general de la estructura del puente, justificará en muchos casos la necesidad de reforzar o de ampliar el tablero. La necesaria prolongación del trazado del pretil antes y después de la obra de paso también constituye un aspecto crucial para este tipo de intervenciones.

Es precisamente este análisis el que permitiría entonces cuestionar en muchos casos determinadas soluciones de implantación observadas en nuestros estudios de patología que, aún cuando no se hayan revelado manifiestamente inadecuadas como consecuencia de accidentes reales, pueden juzgarse como inseguras.

### 360. GESTIÓN INTEGRAL DE INFRAESTRUCTURAS DEL AYUNTAMIENTO DE MADRID

MADRID CITY COUNCIL INFRAESTRUCTURES INTEGRAL MANAGEMENT

Cristina Cobo Rodríguez. DRAGADOS. Dirección Técnica. Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos. [ccobor@dragados.com](mailto:ccobor@dragados.com)  
 Juan Jesús Álvarez Andrés. DRAGADOS. Dirección Técnica. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. [jjalvareza@dragados.com](mailto:jjalvareza@dragados.com)

Gestión, inspección, conservación, acondicionamiento, Madrid.

Management, inspection, maintenance, "conditioning", Madrid.

A finales de 2013, el Ayuntamiento de Madrid sacó a concurso el Contrato de Gestión Integral de infraestructuras viarias de la ciudad de

Madrid, un ambicioso plan cuyo objetivo es el mantenimiento, conservación, reparación y mejora de los viales, aceras, estructuras y túneles de propiedad municipal. Su duración es de 8 años prorrogable a 10. El Contrato global está subdividido en 3 contratos o lotes, correspondientes a sendas áreas geográficas: Lote 1 (Centro), Lote 2 (Norte) y Lote 3 (Sur). Dragados fue la empresa adjudicataria de los 3 contratos, iniciando la actividad en enero de 2014.

El contrato comprende 319 estructuras (puentes, pasarelas, túneles, pasos inferiores) y las siguientes labores:

1. Inspección. De menor a mayor complejidad:

- Vigilancia. Inspección rápida semanal, sólo para detectar anomalías graves.
- Inspección rutinaria. Realizada mensualmente para detectar tempranamente roturas de elementos o deficiencias en el sistema de drenaje.
- Inspección básica. Desarrollada por personal técnico cada 9 meses.
- Inspección principal. Completa y minuciosa, realizada por personal especializado cada 4 años. Sirve como base para el proyecto de acondicionamiento.
- Inspección especial. Realizada cuando el resultado de una inspección principal o las consecuencias de un accidente aconsejan ampliar el estudio de la patología o daño registrado. Se centra en aspectos concretos y puede requerir ensayos de caracterización y mediciones complementarias.

2. Conservación ordinaria. Actuaciones menores para mantener las condiciones de servicio y funcionalidad de las estructuras.

3. Acondicionamiento o "puesta a cero". Actuación que permite devolver la estructura a su estado inicial. No incluye posibles mejoras funcionales o refuerzos estructurales destinados a aumentar su capacidad o prestaciones. Para su realización, es necesaria la redacción de un proyecto de acondicionamiento.

4. Actuaciones no incluidas en los acondicionamientos: rehabilitación, refuerzo, mejora, adaptación a normativa actual.

5. Atención a incidencias y emergencias. Reparación urgente de desperfectos que puedan afectar a la seguridad de los usuarios o a la integridad de la estructura.

6. Actualización del inventario y mantenimiento de sistemas informáticos de gestión de la información de estructuras.

En la ponencia se desarrollará el modo en el que se implementa la gestión técnica de todas las actividades incluidas en el Contrato, te-



Puente de los 15 Ojos durante el desarrollo de los trabajos de acondicionamiento

niendo en cuenta el número tan elevado de estructuras que éste comprende.

En otras ponencias se exponen tres destacadas actuaciones de acondicionamiento de los dos primeros años del contrato: Viaducto de Madrid, Puente sobre la calle Marqués de Corbera y Paso Inferior de Cardenal Cisneros.

### 367. REHABILITACIÓN DE LOS TIRANTES DEL PUENTE FERNÁNDEZ CASADO

#### CARLOS FERNÁNDEZ CASADO BRIDGE STAY CABLES REPARATION

Sierra Ruiz Rabadán. DYWIDAG. Departamento Técnico. Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos. [ruiz@dywidag-sistemas.com](mailto:ruiz@dywidag-sistemas.com)  
 Fernando Martínez Pérez-Beato. DYWIDAG. Director Técnico. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. [martinez@dywidag-sistemas.com](mailto:martinez@dywidag-sistemas.com)

Puente atirantado, encintado de vainas, medios de acceso, rehabilitación.

Stay cable, wrapping, refurbishment, rope access.



Puente de Eduardo Dato sobre el Paseo de la Castellana tras las obras de acondicionamiento

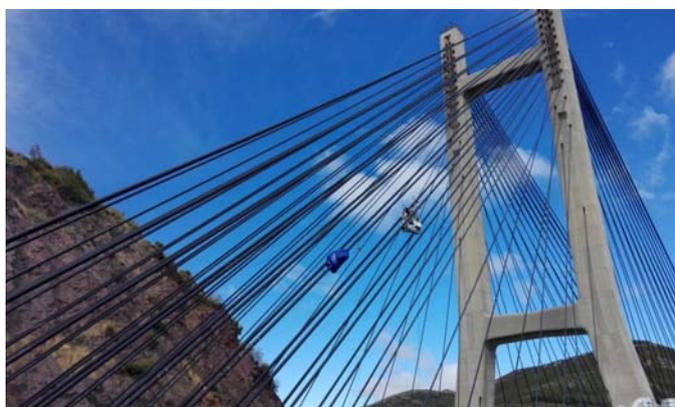
El Puente Ingeniero Fernández Casado en León, construido entre 1979 y 1983 es una de las estructuras atirantadas más singulares de España. Se trata de un puente configurado con 220 tirantes cuyo vano central alcanza los 440 metros y récord del mundo en el momento de su construcción. En la actualidad se ha planteado una campaña de reparación de los tirantes para aumentar su vida útil y evitar al máximo realizar operaciones de sustitución en el futuro. Cada tirante está configurado por entre 24 y 80 cordones de acero de 0,60" protegidos mediante la inyección de lechada de cemento con vaina de PE exterior. Puesto que los cordones no disponen de otra barrera de protección que la vaina y la lechada y debido al deterioro de la vaina negra por acciones mecánicas (presión de la lechada en el momento de su inyección) y ambientales (diferencias térmicas y radiación UV) a lo largo del tiempo, fue necesario el plantear una campaña de rehabilitación integral de los tirantes.

Las reparaciones ejecutadas garantizan la estanqueidad de la vaina y de este modo se evita a futuro que los cordones puedan llegar a



Robot para soldadura radial de vaina

corroerse por filtraciones de agua en el interior de cada tirante. El procedimiento seguido consiste en primer lugar en la reparación de fisuras y grietas en la vaina con la última tecnología disponible y la sustitución de los tramos más dañados mediante extrusionado y soldado de nuevos tramos de vaina. A continuación se realiza un encintado completo con el sistema Cableskin® que garantiza la estanqueidad del tirante, su protección frente a la radiación UV y aumenta la robustez de la vaina instalada. Se trata de un sistema homologado que garantiza la resistencia al deterioro más restrictiva. Tanto para la realización de las reparaciones, como para el encintado es necesario realizar trabajos en altura y disponer de la última tecnología en robots y accesos con los que se consiga el resultado óptimo en condiciones de seguridad adecuadas.



Trabajos de reparación en altura

### 380. AUTOPSIA DEL PUENTE DEL GUADARRAMA

#### AUTOPSY OF THE BRIDGE OVER GUADARRAMA RIVER

Javier León González. Grupo de Hormigón Estructural. ETSICCP-UPM. Profesor Titular. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. [jl@he-upm.com](mailto:jl@he-upm.com)

Pedro Berruezo Martínez-Illescas. Dirección General de Construcción, Conservación y Explotación de Carreteras de la Comunidad de Madrid. Subdirección General de Construcción, Conservación y Explotación de Carreteras. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. [pedro.berruezo@madrid.org](mailto:pedro.berruezo@madrid.org)

Belén Peña Sanz. Dirección General de Construcción, Conservación y Explotación de Carreteras de la Comunidad de Madrid. Jefa de Área de Conservación y Explotación de Carreteras. Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos. [belen.pena@madrid.org](mailto:belen.pena@madrid.org)

Puentes históricos, corrosión, colapso, mantenimiento, autopsia.

*Historical bridges, corrosion, collapse, maintenance, autopsy.*

El 29 de mayo de 2015 se hundió el puente que, en 1957, proyectara el insigne ingeniero Alfredo Páez. Una sencilla estructura de vigas, de apenas 18 m de luz, pero singular en sus formas y en su proceso constructivo. Una estructura de gran valor patrimonial por los valores técnicos que encerraba y que prestó servicio durante 57 años sin incidencia alguna. Su colapso fue noble, dúctil, advirtiendo de su final (fig. 1).

Hay que destacar que la configuración del tablero (fig. 2) ha sido obtenida en la página web del CEHOPU (<http://www.cephu.cedex.es/etm/expt/ETM-406-001.htm>), situación que debe entenderse como extraordinariamente afortunada por infrecuente. Eso fue debido al hecho de que Alfredo Páez trabajó en la oficina de Eduardo Torroja, cuyos fondos antiguos están depositados en el CEHOPU.

En esta ponencia se presentan, tras describir la ubicación y la configuración de la estructura, los resultados más significativos de la autopsia realizada con la finalidad de tomar nota de la experiencia y trasladarla a la comunidad técnica, muy en particular a los ingenieros responsables del mantenimiento. Así lo entendió la Dirección General de Carreteras de la Comunidad de Madrid, que convino encargar a los laboratorios de Química y de Física de Materiales de la ETS de Ing. de Caminos, Canales y Puertos de la UPM la realización



Figura 1. Vista del puente colapsado el 29 de mayo de 2015

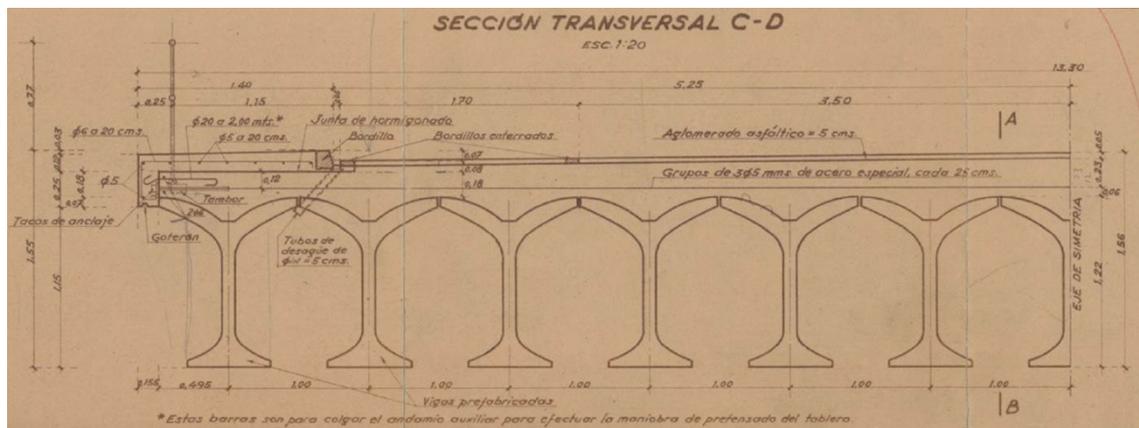


Figura 2. Sección transversal de la morfología del tablero

de unos ensayos de caracterización de los materiales, con el fin de identificar las causas del colapso y extrapolar las conclusiones a otras estructuras españolas. Sus conclusiones se presentan también en esta ponencia.

Hay que añadir que el puente había sido objeto de una correcta inspección principal en 2007 y que no pareció exhibir entonces síntoma alarmante alguno. Aunque hay que señalar (ya se ve en la figura 1) que el espesor del paquete de firmes era excesivo, con la consiguiente pérdida de margen para la sobrecarga, el problema fundamental fue el de un déficit de protección contra la corrosión en una estructura que, en la práctica, era pretensada no adherente. No puede decirse que se tratase de un defecto de proyecto. Se trató de un problema técnico del momento en que se construyó, cuando la durabilidad de las estructuras no se ponía aún en tela de juicio.

## 382. EXPERIENCIAS EN LA GESTIÓN DE PUENTES EN GALICIA

### EXPERIENCE GATHERED AFTER MANAGEMENT OF BRIDGES IN GALICIA

José Enrique Pardo Landrove. Xunta de Galicia. Dirección Xeral de Estradas. Jefe del Servicio de Conservación. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. jose.enrique.pardo.landrove@xunta.es  
 Javier León González. Grupo de Hormigón Estructural. ETSICCP-UPM. Profesor Titular. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. jlg@he-upm.com  
 Jorge Ley Urzáiz. INTEMAC. CEO. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. jley@intemac.es  
 Antonio González Meijide. TEMHA. Ingeniero. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. meijide@temha.com

Sistemas de gestión de puentes, inventario, inspecciones.

Bridge Management Systems, Inventory, Inspections.

A finales de 2008 comenzó a implantarse en la Xunta de Galicia un sistema de gestión de puentes que, como es sabido, consta de un inventario, para saber qué patrimonio se administra, y unas inspecciones periódicas para saber cómo están los puentes que engrosan ese patrimonio (1.300 obras de paso de más de 3 m de luz). Luego hay que digerir toda esa información para saber por dónde empezar a la hora de actuar.

En esta ponencia se presentan algunas conclusiones acerca de la experiencia vivida y se hacen algunas consideraciones sobre la utilidad de los sistemas de gestión en el contexto general de la conservación. Quizás sirva para iluminar las tendencias futuras.

Sin ánimo de ser exhaustivos en este resumen, se plantean cuestiones como las siguientes, ordenadas de mayor a menor calado:

- Cómo ir configurando en una Administración (la experiencia de la Xunta de Galicia es sólo un ejemplo, pero pionero y completo, de las españolas) y en la sociedad a la que sirve, un corpus que dé a la Conservación la importancia que debe tener, como ya la tiene el mantenimiento de los aviones, los vehículos, los electrodomésticos, etc.
- Cómo cerrar en la propia Administración el círculo de comunicación que integra el conjunto del proyecto, la obra y la conservación.
- Cómo instruir a los técnicos de la Administración y a los consultores o aspirantes a serlo para que se doten de los conocimientos necesarios para ejercer esta labor, de gran responsabilidad, que toca toda suerte de especialidades (estructuras existentes, geotecnia, firmes, etiología de daños y deterioros, química, auscultación, seguridad vial, etc.), con muchos ámbitos fronterizos y no siempre abordados con criterios ingenieriles o normativos (juntas, aparatos de apoyo, sistemas de contención, drenaje, etc.).
- Qué datos son los necesarios para caracterizar adecuadamente una estructura y si es necesario contar con todos ellos desde el principio.



Ménsula corta en un puente en Galicia



*Inspección especial del puente de la Isla de Arosa*

- Qué alcance tienen los distintos tipos de inspección que, convencional pero casi universalmente, se han ido implantando ya: básicas o rutinarias, principales sin o con medios especiales de acceso y especiales.
- Cómo deben valorarse las estructuras tras las inspecciones principales y qué elementos de juicio deben incluir (aspectos estructurales, funcionales, de durabilidad, de seguridad de los usuarios, etc.).
- Hasta qué punto encorsetan a las Administraciones y concesionarios las valoraciones de las inspecciones y con qué frecuencia hay que hacer los diferentes tipos de inspección.

### 384. ENSEÑANZAS, HOY, DE LOS PUENTES DE PIEDRA O LADRILLO

#### LESSONS GIVEN TODAY BY MASONRY VAULTED BRIDGES

Javier León González. Grupo de Hormigón Estructural-ETSICCP-UPM.  
Profesor Titular. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.  
jlg@he-upm.com

Puentes históricos, fábrica, valor patrimonial.

*Historical bridges, masonry, heritage value.*

Quizás sorprenda que el autor presente otra propuesta de ponencia sobre estos puentes, pero es que el autor sigue aprendiendo cosas de su funcionamiento, y sigue asombrándose de su longevidad y del ingenio y arrojo de sus proyectistas y constructores. Estos puentes siguen ocupando un puesto muy importante en las redes de carreteras y ferrocarriles, pero han sido ignorados o incluso tratados con displicencia por muchos ingenieros, y queda aún mucho que hacer.

En esta ponencia se presentan algunas de las lecciones que siguen dando estos puentes a los de tipologías y materiales modernos, bien entendido que la comparación, algo odiosa, debe restringirse a la de puentes de envergadura parecida (luzes, alturas o longitudes) a la de los puentes modernos. Cabe citar su enorme capacidad portante que, de facto, los hace insensibles prácticamente a la magnitud de las sobrecargas, crecientes a lo largo del tiempo en valor y frecuencia, o la durabilidad incomparablemente mayor, a igualdad de mantenimiento. Tienen el serio inconveniente de tener cimentaciones más débiles

y ser más sensibles a la socavación, porque ni había conocimientos ni medios para la construcción en cauce.

Los puentes de piedra o ladrillo tienen también mucho de telúricos, más apegados al terreno y a los habitantes del mismo que los más fríos e industrializados puentes modernos, siempre salvo excepciones. Son, quizás por eso, los que más cariño han recibido, si bien algunos desaprensivos compañeros los han demolido sin contemplaciones o los han revestido de gunita, sin haberse detenido a valorar alternativas, o los han ensanchado con un par de vigas (fig. 1), si bien debe admitirse que, en algunas ocasiones, la falta de medios y la pura necesidad han podido justificar esas actuaciones. Un poco de análisis y de sentido común llevará a los ingenieros de la Administración y a los Consultores a pensar que, casi siempre, es mejor utilizar los puentes actuales, aunque con reparaciones, que sustituirlos. Pasa, como en todo, que cuanto más se les conoce, más partido se les saca y, como a las personas, más se les ama.

El autor quiere reivindicar también la incorporación de los puentes (no sólo los de piedra o ladrillo) a los circuitos turísticos. Admiten explicaciones tan atractivas, si no más, que muchos edificios e incluso algunas administraciones hasta tienen museos en los que se da cuenta de la historia de sus puentes y de sus elementos constructivos (fig. 2).



**Figura 1.** Pareja de vigas dispuestas para ensanchar la plataforma de un puente de ladrillo



**Figura 2.** Martinete y puntaza de un pilote de puente en Basilea

### 391. METODOLOGÍA PARA LA PRIORIZACIÓN DE ESTRUCTURAS DEGRADADAS

#### PRIORITIZATION METHODOLOGY IN DAMAGED STRUCTURES

Ignacio Piñero Santiago. TECNALIA Research & Innovation.  
 Investigador. Dr. Ingeniero. [ignacio.pinero@tecnalia.com](mailto:ignacio.pinero@tecnalia.com)  
 Leire Garmendia Arrieta. Universidad del País Vasco. Profesora Adjunta.  
 Dra. Ingeniera. [leire.garmendia@ehu.es](mailto:leire.garmendia@ehu.es)  
 José Tomás San José Lombera. Universidad del País Vasco. Profesor Titular. Dr. Ingeniero. [josejose@ehu.es](mailto:josejose@ehu.es)  
 María Zalbide Saenz de Buruaga. TECNALIA Research & Innovation.  
 Gestora de Tecnología. MSc DIC, Engineering Geology. [maria.zalbide@tecnalia.com](mailto:maria.zalbide@tecnalia.com)

MIVES, priorización de estructuras, rehabilitación, índice de condición.

MIVES, prioritization of damaged structures, rehabilitation, condition index.

En el marco de un Sistema de Gestión de Activos, entendido como una metodología de trabajo para gestionar la conservación de un conjunto de estructuras, se desarrollan campañas que permiten obtener valores numéricos capaces de cuantificar el estado de conservación de una estructura, a partir de las inspecciones técnicas edificios o las inspecciones principales de puentes.

La División de Construcción Sostenible de Tecnalia, ha desarrollado una metodología basada en la experiencia en el campo de las inspecciones de edificaciones e inspecciones principales en puentes y rehabilitación en un amplio abanico de estructuras degradadas. Esta metodología ha supuesto una adaptación de esta filosofía debido a la objetividad, transparencia y flexibilidad de la herramienta.

Además, se ha conseguido lograr cerrar el ciclo, en el cual se detectan los problemas, se resuelven y se alimenta la base de datos para mantener en todo momento una fotografía de lo que se tiene y el estado en que se conserva.

Los objetivos del Sistema de Gestión Integral de Conservación son los siguientes:

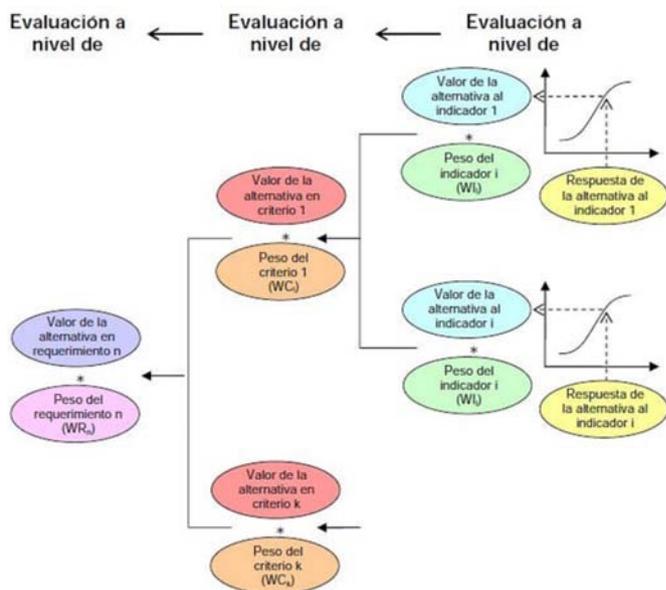
- Poseer información operativa, congruente y fácilmente accesible sobre las características y el estado de deterioro de las estructuras.
- Evaluar la seguridad y el estado de conservación de las estructuras de forma ágil y con un método objetivo.
- Optimizar la utilización de presupuestos limitados.

Los objetivos anteriormente mencionados se consiguen a través de la ejecución de una serie de actividades, que se relacionan a continuación:

1. Inventario de todas las estructuras y datos generales de los mismos
2. Sistematización de las tareas de Inspección



Número de edificaciones en función de la acción constructiva requerida



Evaluación de las alternativas a nivel de indicadores, criterios y requerimientos

3. Evaluación del índice de condición de las estructuras
4. Priorización estratégica para la intervención
5. Estimación del coste de los trabajos de reparación
6. Optimización de la utilización de los presupuestos disponibles

En la herramienta para la obtención del índice de evaluación y priorización de estructuras degradadas y ayuda a la toma de decisión se ha desarrollado e implementado la metodología MIVES (metodología creada por TECNALIA conjuntamente con la Universidad del País Vasco, la Universidad Politécnica de Cataluña y la Universidad de La Coruña). MIVES es una metodología de toma de decisión multicriterio que evalúa cada una de las alternativas que pueden resolver un problema genérico definido, a través de un índice de valor.

- Tras explicar la metodología se verá dos casos prácticos:
- Metodología para la asignación del índice de condición en puentes
  - Priorización de edificios degradados en el Centro Histórico de La Habana

### 421. REHABILITACIÓN DEL PUENTE DEL MILENIO, OURENSE

#### MILLENNIUM BRIDGE (OURENSE) REHABILITATION

Sergio Couto Wörner. k2 Estudio de Ingeniería SL. ICCP. ICCP. [scouto@k2ingenieria.es](mailto:scouto@k2ingenieria.es)  
 Javier Lendoiro Santos. k2 Estudio de Ingeniería SL. ITOP. ITOP. [jlendoiro@k2ingenieria.es](mailto:jlendoiro@k2ingenieria.es)  
 Jorge Cascales Fernández. k2 Estudio de Ingeniería SL. ICCP. ICCP. [jcascales@k2ingenieria.es](mailto:jcascales@k2ingenieria.es)  
 Ricardo Rico Rubio. k2 Estudio de Ingeniería SL. ICCP. ICCP. [rrico@k2ingenieria.es](mailto:rrico@k2ingenieria.es)

Rehabilitación, reacción álcali-árido, pintura, estructura metálica, inyección de fisuras.

Rehabilitation, alkali silica reactivity, painting, steel structure, crack injection.

El puente del Milenio sobre el Río Miño en Ourense fue construido entre 2000 y 2001 con objeto de cerrar al tráfico rodado el puente romano, que soportaba un volumen de tráfico que ponía en peligro su conservación.

El viaducto es un puente atirantado de 275 metros de longitud con un reparto de luces 60 + 110 + 60 + 45 metros. Además de los cables de atirantamiento cuenta con un pretensado extradorsal inferior en la zona central del vano mayor. Una singularidad del puente radica en una pasarela peatonal de formas curvas que rodea la parte superior de los pilonos y desciende hasta unos 6 metros por debajo de la rasante.

En el año 2015 la Xunta de Galicia encarga la redacción de un Proyecto de Rehabilitación de este puente para recuperar el nivel de servicio de algunas de sus partes.

Después de realizar una inspección exhaustiva del viaducto, se diseñan diversas actuaciones, que pueden dividirse en varias categorías:

- Actuaciones estructurales:
  - Inyección de las fisuras encontradas en pilonos e interior de tablero.
  - Protección anticorrosiva de barandillas y cinta peatonal.
  - Protección de los pilonos por presencia de reacción álcali-árido.
  - Eliminación de humedades y filtraciones al interior del tablero.
  - Impermeabilización de la cara superior del tablero.
- Actuaciones de conservación:
  - Actuaciones menores: eliminación de pintadas, vegetación, etc.
- Actuaciones futuras.

Al tratarse de un puente urbano, fue necesario estudiar soluciones al tráfico para evitar congestionar la zona.



Vista general de los trabajos



Trabajos en altura

## 519. LA IMPORTANCIA DEL “REVISOR INDEPENDIENTE” EN EL DISEÑO Y USO DE LOS MEDIOS AUXILIARES EN OBRA

### THE IMPORTANCE OF THE “INDEPENDENT CHECKER” IN THE DESIGN AND USE OF TEMPORARY WORKS

Manuel Ángel Díaz García. Louis Berger-APIA XXI. Bridges Department. Ingeniero Industrial. mdiaz@louisberger.com

Juan Peña Lasso. Louis Berger-APIA XXI Bridges Department. Ingeniero Industrial. jupena@louisberger.com

Óscar Ramón Ramos Gutiérrez. Louis Berger-APIA XXI-Universidad de Cantabria. Head of Bridges Division. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. oramos@louisberger.com

Marcos Jesús Pantaleón Prieto. Louis Berger-APIA XXI-Universidad de Cantabria. Director Técnico. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. mjpanta@louisberger.com

Medios auxiliares, revisor independiente, prueba de carga, instrumentación estructural, seguridad en la obra.

Temporary works, Independent checker, load test, structural monitoring, site safety.

La obra de construcción de puentes y en general la gran obra en ingeniería civil requiere el diseño de medios auxiliares que permitan llevar a cabo su proceso constructivo.

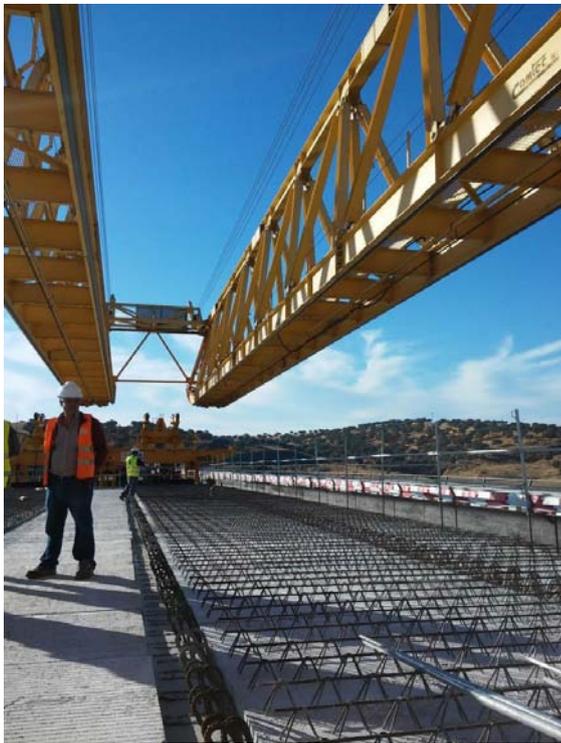
La complejidad de las obras y los plazos cada vez más ajustados que se manejan exigen el diseño de medios auxiliares cada vez más sofisticados que responden a estrategias constructivas más optimizadas. Los medios auxiliares están directamente relacionados con la planificación de la obra y se les exige funcionalidades cada vez mayores para cumplir los plazos previstos.

Desde el punto de vista de la obra son deseables medios auxiliares versátiles y fiables, a pesar de que son, en no pocos casos, equipos únicos, no fabricados anteriormente y que deben trabajar en condiciones excepcionales y a veces con múltiples condicionantes.

Ante este escenario se considera fundamental que el diseño de cualquier medio auxiliar sea comprobado y certificado por un equipo de ingenieros independiente del contratista y del diseñador. El revisor independiente se encarga de examinar el diseño en detalle del medio auxiliar incluyendo su instalación, servicio, desmontaje y retirada de la obra. Es importante tener en cuenta que la revisión del proyecto



Carro de izado de dovelas en el puente de Cádiz



Carro lanzador en Castilblanco

debe hacerse con tiempo suficiente para analizar los detalles de diseño, montaje, uso y retirada del medio auxiliar, identificando los puntos fuertes y débiles y con margen para proponer las mejoras que se estimen oportunas.

La revisión por un agente independiente permite detectar defectos, carencias o errores en el proyecto y sirve como contraste a la información suministrada por el proyectista a fin de conseguir el nivel de fiabilidad deseado para estos equipos.

La prueba de carga y la asistencia en las principales maniobras es esencial. La instrumentación de los medios auxiliares se considera necesaria en aquellos elementos fabricados ad-hoc para la obra, no probados ni contrastados anteriormente y que están afectados de múltiples condicionantes que, algunos de ellos, pueden no haber sido considerados en fase de proyecto. La información proporcionada por la instrumentación representa la realidad de lo que está ocurriendo en la obra, debiendo actuarse ante los eventos observados.

La supervisión independiente de los medios auxiliares va de la mano de la planificación y optimización de las obras y está dirigida además a la mejora continua de la seguridad en las mismas.

El artículo se ilustra finalmente con la supervisión de varios medios auxiliares incluida su instalación, instrumentación y puesta en servicio.

### 308. DIFERENCIAS ENTRE EL COMPORTAMIENTO DE LOS RELLENOS EN BÓVEDAS HISTÓRICAS DE FÁBRICA DE PUENTES Y EDIFICIOS

#### DIFFERENCES BETWEEN THE BEHAVIOUR OF BACKFILL IN HISTORICAL MASONRY VAULTS OF BRIDGES AND BUILDINGS

Alejandro Ramos Casquero. Tyspa. Ingeniero del Departamento de Estructuras. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. aramos@tyspa.es

Javier León González. Grupo de Hormigón Estructural ETSICCP UPM. Profesor Titular. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. jl@he-upm.es

Fábrica, bóveda, rellenos, puente, edificio.

Masonry, vault, backfill, bridge, building.

El papel de la conservación del patrimonio es una materia cada vez más asumida en la sociedad actual y en el ámbito de las estructuras. Así tanto ingenieros como arquitectos han tomado en consideración la importancia de estas labores y se dedican profesionalmente a ellas. Pero es verdad que en las escuelas de formación no se aborda de manera adecuada esta doctrina, ni se han realizado muchos trabajos de investigación que asienten las bases para el estudio estructural de las obras históricas de fábrica. Es más, los pocos que se han llevado a cabo se han centrado casi de manera exclusiva en el estudio de los puentes de fábrica quedando relegados los estudios específicos acerca de las edificaciones.

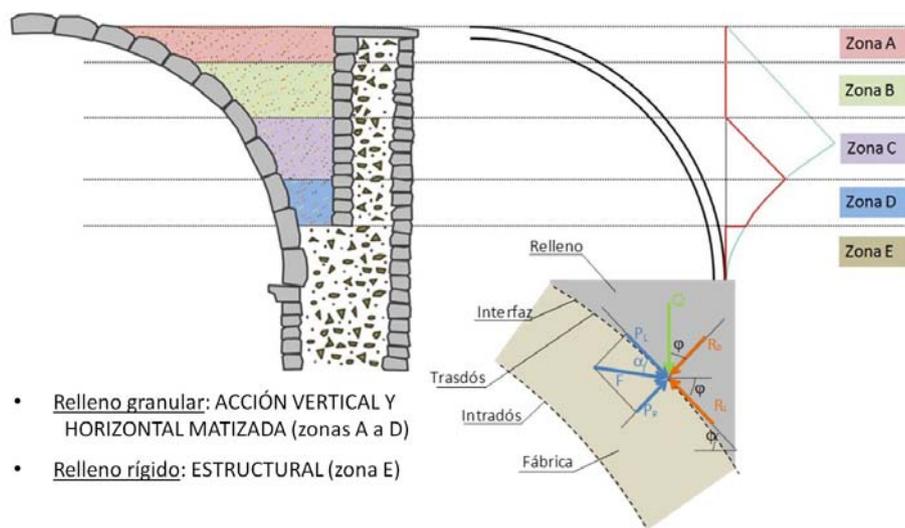
Así en los puentes se ha explicado y asumido la importancia de los rellenos existentes en el trasdós de las bóvedas de fábrica. Sin su adecuada consideración no puede explicarse la capacidad de carga y de asumir desplazamientos impuestos que estas estructuras son capaces de resistir.

Las bases teóricas para el análisis de los elementos existentes en este tipo de construcciones así como las herramientas para su análisis han sido expuestas en la literatura técnica y diversos estudios. En la presente comunicación los autores presentan el comportamiento de los rellenos y hacen hincapié en explicar las diferencias entre el comportamiento de los mismos en estructuras tan diferentes como son los puentes de fábrica, ya conocidos, y los rellenos dispuestos en las bóvedas de edificios históricos, tema casi inédito en la literatura técnica.

Además de una presentación teórica que sirva como base para tener en cuenta los efectos de estos rellenos en el cálculo estructural, se presentan sendos ejemplos de cálculo, de un puente y de un edificio, de manera que de forma práctica se explican y se cuantifican las diferencias. El cálculo de estas estructuras se basa en la aplicación de los teoremas de la plasticidad a los elementos de fábrica, esto es, el análisis límite. Herramienta que, con pocos datos, tiene la capacidad de hacer entender la forma de trabajo de estructuras complejas como las tratadas. Esta sencilla y práctica metodología de cálculo ha sido sancionada por la práctica estructural para este tipo de estructuras.



Rellenos rígidos situados en el trasdós de las bóvedas de la iglesia del Monasterio de Piedra



Zonas en las que se puede dividir el relleno de una bóveda para explicar su comportamiento

## 568. ESTRUCTURAS SINGULARES FRENTE A SU FASE DE EXPLOTACIÓN. EL CASO DEL PUENTE DE LA CONSTITUCIÓN DE 1812

EXPLOTATION PHASE OF SINGULAR STRUCTURES. THE CASE OF THE "CONSTITUCIÓN DE 1812 BRIDGE OVER THE CÁDIZ BAY" (CÁDIZ)

Fernando Pedraza Majárrez. Ministerio de Fomento. Director de Obra. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. fpedraza@fomento.es  
 Óscar Ramón Ramos Gutiérrez. Louis Berger-APIA XXI. Universidad de Cantabria. Head of Bridges Department. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. oramos@louisberger.com  
 Manuel Ángel Díaz García. Louis Berger-APIA XXI. Bridges Department. Ingeniero Industrial. mdiaz@louisberger.com  
 Marta Sacaluga Cornejo. Ginprosa Ingeniería, S.L. Asistencia Técnica. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. m.sacaluga@ginprosa.es

Inspección, mantenimiento, conservación, explotación.

Inspection, maintenance, conservation, exploitation.

Desde la fase de proyecto de puentes y viaductos carreteros se está considerando la necesidad de planificar todas las medidas necesarias para facilitar su explotación. Para ello se están definiendo tres documentos básicos que recogen de forma ordenada las tareas a realizar para garantizar la completa funcionalidad de la estructura durante su vida en servicio. Estos documentos son el plan de inspección, el manual de conservación y mantenimiento y el manual de explotación.



Panorámica general del Puente de la Constitución de 1812

Todo surge por propia coherencia con los propios manuales de diseño que exigen periodos de vida útil para las estructuras de hasta 100 años.

En el plan de inspección se definen índices de deterioro para el seguimiento de las distintas patologías y se establecen umbrales de actuación. En el plan de conservación y mantenimiento se incluyen tareas no programadas de reparación o sustitución de los elementos y componentes deteriorados por diversas acciones sobrevenidas (accidentes, fallos, etc.); y la sustitución de los que ya han alcanzado el final de su vida útil. El mantenimiento se refiere a los trabajos programados necesarios para garantizar que se alcance la vida útil nominal, proporcionando en todo momento un adecuado servicio (limpieza, reajustes o recalibraciones, sustituciones parciales, etc.). En consecuencia, deben recopilarse pues las especificaciones técnicas de los fabricantes de todos los componentes integrados en la estructura.

El manual de explotación puede ser el más complejo de elaboración de todos y debe estar sujeto a una revisión permanente. Resulta evidente que la estructura no es un fin en sí mismo; su objetivo es mantener la vialidad en condiciones ordinarias y extraordinarias de operación. Conseguir el objetivo no está exento de riesgos que deben gestionarse. El manual debe cubrir pues la gestión de los riesgos asociados a la operación ordinaria y los sobrevenidos que resulten previsibles, además de la definición de las condiciones de operación extraordinaria. Entre los riesgos asociados a las operaciones ordinarias se encuentran todos los asociados al mantenimiento de la vialidad: accidentes de tráfico, incendios de vehículos, vertidos, congestión, niebla, etc. Entre los riesgos sobrevenidos se pueden enunciar los asociados a las condiciones meteorológicas extremas, a patologías estructurales, sismo, sabotaje, impactos, socavación, etc. Por otro lado, existen operaciones extraordina-

| Nivel de alerta | Velocidad del viento real ( $V_{m10}$ )                 |
|-----------------|---|
| Nivel 1         | $45,00 \text{ km/h} \leq V_{m10} < 70,00 \text{ km/h}$  |
| Nivel 2         | $70,00 \text{ km/h} \leq V_{m10} < 90,00 \text{ km/h}$  |
| Nivel 3         | $90,00 \text{ km/h} \leq V_{m10} < 110,00 \text{ km/h}$ |
| Nivel 4         | $V_{m10} \geq 110,00 \text{ km/h}$                      |

Niveles de alerta establecidos conforme a la velocidad del viento

rias de vialidad, como el paso de transportes especiales muy diversos, pruebas deportivas, etc. que requieren de estudio.

Cada uno de estos documentos se trata a lo largo del artículo tomando finalmente como ejemplo práctico el Puente de la Constitución de 1812.

## 148. NORMATIVA PARA LA EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES. PASADO, PRESENTE Y FUTURO

### REGULATIONS FOR THE EVALUATION OF THE COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE IN EXISTING STRUCTURES. PAST, PRESENT, AND FUTURE

Jorge Ley Urzaiz. INTEMAC. Director General. Dr. Ingeniero de Caminos. [jley@intemac.es](mailto:jley@intemac.es)

José Juan Rozas Hernando. INTEMAC. Jefe de la Sección de Ensayos Estructurales. Ingeniero Técnico de Obras Públicas. [jjrozas@intemac.es](mailto:jjrozas@intemac.es)

Jesús María Rodríguez Romero. INTEMAC. Jefe de la Sección de Control de Proyecto. Ingeniero de Caminos. [jmrodriguez@intemac.es](mailto:jmrodriguez@intemac.es)

Raúl Rodríguez Escribano. INTEMAC. Director de la División de Estudios. Dr. Ingeniero de Caminos. [rrodriguez@intemac.es](mailto:rrodriguez@intemac.es)

Elena Díaz Heredia. INTEMAC. Jefa de la Sección de Estructuras. Dra. Ingeniera de Caminos. [ediaz@intemac](mailto:ediaz@intemac)



Probeta Testigo nº 2

Estructuras existentes, resistencia del hormigón, gestión de estructuras.

*Existing structures, management structures, concrete strength.*

La aparición de la norma europea EN 13791 en 2007 para evaluar la resistencia del hormigón de estructuras existentes, supuso un esfuer-

zo normativo para aclarar la forma de evaluar una característica esencial del hormigón de una estructura ya construida. No obstante al haber transcurrido más de 9 años desde su publicación parece necesario realizar una serie de precisiones respecto a su empleo. En esta ponencia se recogen y cuestionan los resultados obtenidos en un caso real utilizando dicha norma y se comparan los resultados obtenidos con la aplicación del eurocódigo EN1990, la normativa ACI sobre el particular e incluso los criterios recogidos en las instrucciones españolas de hormigón armado; ya que aunque estos códigos fueron redactados para el proyecto y ejecución de estructuras de nueva planta y no para la evaluación de estructuras ha sido habitual la interpretación de alguno de sus artículos para evaluar esta característica del hormigón. La norma armonizada EN 13791, está en periodo de desarrollo y revisión, volviendo de nuevo a recoger alguno de los parámetros que esta norma actualmente no contempla (como es el factor de corrección por esbeltez) y también a explicitar entre otras cuestiones el tamaño del lote representativo de la muestra. Por todo ello, si se confirma que efectivamente la revisión de la norma toma en cuenta el criterio de los expertos consultados, inducirá menores errores que la norma actualmente en vigor.



Extracción de probeta testigo de la cimentación de un aerogenerador

## 197. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE ESTRUCTURAS EXISTENTES: CENTRO INTERNACIONAL TEQUENDAMA EN BOGOTÁ

### SEISMIC VULNERABILITY ANALYSIS REGARDING THE EXISTING STRUCTURES: INTERNATIONAL CENTER OF TENQUEDAMA IN BOGOTA

Carlos Castañón Jiménez. IDOM Ingeniería y Consultoría. Director de Estructuras. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. [ccastanon@idom.com](mailto:ccastanon@idom.com)

David García Menéndez. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Projectista. Ing. Técnico de Obras Públicas/Ingeniero de Materiales. [dgm@idom.com](mailto:dgm@idom.com)

Jorge de Prado Romero. IDOM Ingeniería y Consultoría. Proyectista. Ingeniero Técnico Industrial. jdeprado@idom.com

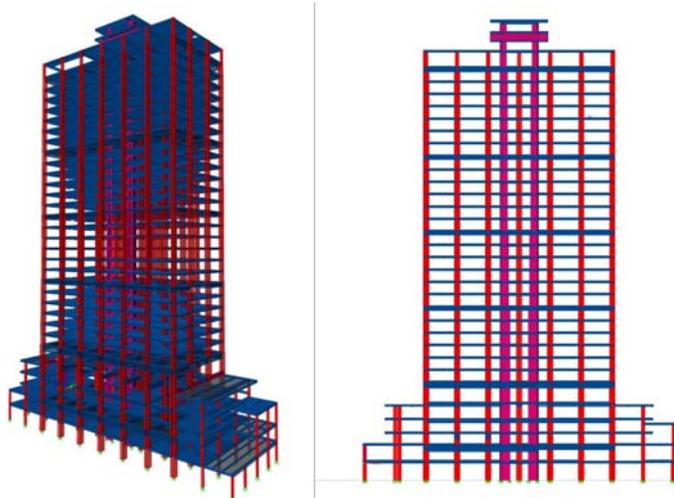
Vulnerabilidad sísmica, análisis dinámico, refuerzo estructural.

*Seismic vulnerability, dynamic analysis, structural reinforcement.*

En este artículo se presenta el estudio realizado para la verificación y posterior adecuación de las estructuras correspondientes a un con-



Vista general grupo de edificaciones



Vistas modelo estructural

junto de cinco edificios diseñados y construidos entre los años sesenta y setenta del siglo pasado, frente a acciones sísmicas de acuerdo a los requisitos recogidos en la nueva normativa vigente en Colombia.

Para ello, se llevó a cabo un estudio para la diagnosis del estado de conservación de las estructuras junto con una campaña de verificación geométrica de los elementos estructurales y ensayos para la caracterización de los materiales. Posteriormente, se realizó un análisis dinámico mediante modelos de elementos finitos de todos los edificios, evaluando por un lado el comportamiento global de las estructuras, verificando desplazamientos máximos y capacidades de los elementos principales, y por otro lado identificando las necesidades de refuerzo. En último lugar, se propusieron tres alternativas de refuerzo, comparándolas entre sí atendiendo a parámetros económicos, constructivos y funcionales.

### 230. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS INDUSTRIALES EN BANGLADESH

#### STRUCTURAL SURVEY OF FACTORY BUILDINGS IN BANGLADESH

José Antonio del Rosario Tomás. Arup. Asociado. Ingeniero de Obras Públicas. jose.delrosario@arup.com

Javier Sanz. Arup. Ingeniero Senior. Ingeniero Industrial. javier.sanz@arup.com

George Faller. Arup. Asociado. Ingeniero Estructural. george.faller@arup.com

Patricio García Hernández. Arup. Asociado. Ingeniero de Caminos. patricio.garcia@arup.com

Colapso, evaluación, reconocimiento, estructural.

*Collapse, assessment, survey, structural.*

Bangladesh es uno de los países de mayor producción textil y se estima que cuenta con un total de más de 5.000 edificios dedicados a este tipo de producción.

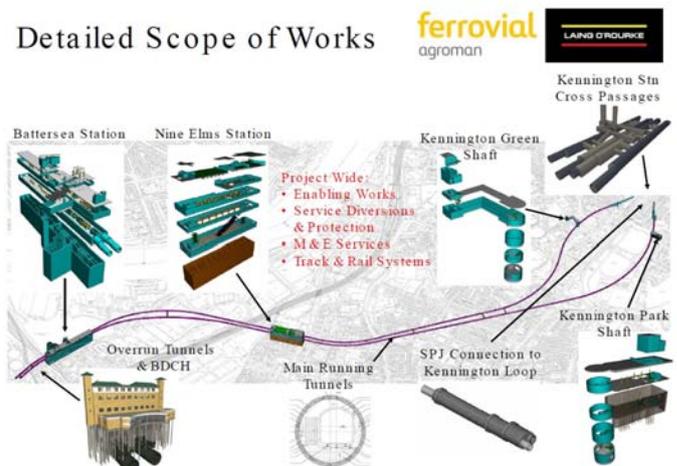
En abril de 2013 se produjo el colapso de uno de estos edificios, en Daka, capital de Bangladesh. El edificio contaba con 8 plantas y en el colapso, debido a causas estructurales, fallecieron más de 1.100 personas quedando heridas más de 2.000. Si bien se había producido incidentes anteriores relacionados con fallos estructurales, éste supuso un punto de inflexión, y este contexto, Inditex, comenzó un diálogo con Arup para tratar de evitar futuros colapsos.

Tras unas primeras conversaciones, se planteó una campaña de inspecciones de edificios bajo el abrigo de un grupo de unas 150 empresas del sector, encabezadas por Inditex. Debido al importante número de edificios a inspeccionar, 750, y el plazo breve en que debía realizarse, 7 meses, Arup desarrolló una metodología que permitiera realizar inspecciones rápidas que definieran las acciones necesarias a llevar a cabo para que los edificios pudiera seguir operando de manera segura o en caso extremo para indicar la evacuación inmediata del edificio.

La evaluación de los edificios era especialmente complicada pues rápidamente se pudo observar que normalmente no se contaba con una documentación de proyecto adecuada y que además en muchos casos, los edificios se habían ampliado de manera poco controlada, aumentando su número de plantas original. Por otro lado, se comprobó que la calidad de los materiales no era especialmente alta y que además en muchas zonas del país no se contaba con áridos para la elaboración del hormigón, empleándose en su lugar ladrillo troceado, lo que se



Colapso estructural del Edificio Rana Plaza en Dacca, Bangladesh



Alcance del proyecto



Cata estructural mostrando el hormigón con árido a base de trozos de ladrillo



Detalle de conexión de prefabricado con nudo in situ

traduce en resistencias significativamente bajas, muchas veces por debajo de los 10 MPa.

La metodología combinaba una serie de ensayos in situ (martillo y escaneo de armaduras) con cálculos simplificados. Como resultado, se establecían una serie de acciones a realizar a corto, medio y largo plazo para asegurar la seguridad estructural de los edificios. Esta metodología resultó satisfactoria y se ha empleado de manera extensiva en todo el país.

Arup realizó las 750 inspecciones mencionadas, empleando para ello personal de un gran número de países, lo que supuso una movilización total de más de 100 ingenieros.

Adicionalmente, en los edificios en que se hicieron necesarios estudios adicionales, Arup ha continuado con una labor de supervisión de los estudios llevados a cabo por las empresas locales.

## 279. ESTRUCTURA PREFABRICADA E IN SITU EN ESTACIONES: NORTHERN LINE EXTENSIÓN, LONDRES

### PRECAST & IN SITU BOX STATIONS STRUCTURE - NORTHERN LINE EXTENSIÓN - LONDON

Pedro Gómez Pérez. Ferrovial-Agroman JV Laing O'Rourke. DfMA Manager. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. pedro.gomez@team-flo.com

Metro, Londres, estación, prefabricados de hormigón, conectores.

Metro, London, box station, pre-cast concrete, couplers.

La Northern Line Extensión (NLE) es un proyecto de ampliación del metro de Londres. El plan extiende la rama existente de Charing Cross de NLE desde el lazo Kennington hasta el sur de la estación eléctrica de Battersea.

El proyecto incluye, entre otros elementos:

- Dos nuevas estaciones: una en Nine Elms y otra en Battersea.
- Dos pozos de ventilación/acceso: Kennington Park y Kennington Green.

La concepción de la estructura de las dos nuevas estaciones, es realizar una construcción de arriba abajo, ejecutando las pilas pilote desde la parte superior, para según se va profundizando en la excavación ir ejecutando los apuntalamientos entre pantallas y una vez alcanzado el nivel inferior construir los forjados desde abajo hacia arriba, una vez estabilizada la excavación.

La singularidad de la construcción es que se decidió diseñar por necesidades de espacio toda la estructura principal (vigas de arriostamiento, vigas secundarias, vigas de pared y losas de piso) mediante elementos prefabricados. Dichos elementos tendrán una unión con los elementos de hormigón in situ (columnas) bastante compleja, mediante conectores.