

Enfoques en la Supervisión Técnica de Proyectos de Puentes.

Approaches to Technical Reviews in Bridge Designs

Wolfgang Eilzer^a, Michael Müller^b, Francisco Subirá Ruiz^{*c}

^a Dipl. Ing. Leonhardt, Andrä und Partner Beratende Ingenieure VBI AG. Consejero Delegado

^b Dipl. Ing. Leonhardt, Andrä und Partner Beratende Ingenieure VBI AG. Director Dpto. Internacional Puentes

^c ICCP. CEng. MICE. Leonhardt, Andrä und Partner Beratende Ingenieure VBI AG.

*Autor para correspondencia: francisco.subira@lap-consult.com

RESUMEN

Los recientes colapsos de puentes y pasarelas con las consiguientes pérdidas económicas, materiales y, por desgracia, humanas, han provocado un renovado interés sobre los mecanismos contractuales y procedimientos que se emplean para identificar y corregir errores durante la fase de proyecto con el fin de evitar que estas desafortunadas situaciones se produzcan. En este artículo se describen las bases y procedimientos empleados en Reino Unido y Alemania que pretenden garantizar estos objetivos, así como su aplicación a dos proyectos en los que Leonhardt Andrä und Partner ha colaborado.

ABSTRACT

The recent collapses of bridges and footbridges with the resulting economical and material losses and, unfortunately, human casualties, have triggered a renovated interest on the procurement methods and procedures which are used to identify and amend errors made during the design stage with the aim of avoiding this undesirable situations. In this paper, we describe the checking basis and procedures used in United Kingdom and Germany, which aim to guarantee these objectives, as well as two key examples in which Leonhardt Andrä und Partner has collaborated.

PALABRAS CLAVE: puentes, colapso, accidentes, seguridad estructural, supervisión.

KEYWORDS: bridges, collapse, accidents, structural safety, check.

1. Introducción

En los últimos años se han producido desgraciados accidentes en los que varios puentes han colapsado, bien durante su construcción (Puente de Chirajara, Colombia; Pasarela de la Universidad Internacional de Florida, EEUU), bien durante su fase operativa (Viaducto de Polcevera, Génova, Italia; Puente de Nanfang'ao, Taiwan). Por otra parte, la casi omnipresente presencia de cámaras de grabación y seguridad ha permitido observar el desplome de estas estructuras añadiendo, si cabe, más

dramatismo a la tragedia. A raíz de estos desastres, tanto las autoridades como el público en general han manifestado su preocupación por la idoneidad de los procedimientos de diseño de estructuras y, sobre todo, por la adecuación de los mecanismos de comprobación y garantía de la seguridad en las estructuras construidas.

Las investigaciones realizadas posteriormente a algunos de los accidentes antes mencionados [1,2], además de determinar las causas directamente técnicas del colapso, han

llamado la atención sobre la poca importancia que se le dio a los procedimientos de supervisión y garantía de la seguridad de estas estructuras, concluyendo que, con casi toda probabilidad, una revisión adecuada del proyecto realizada por personal suficientemente cualificado, habría evitado estas tragedias.

En los años setenta del pasado siglo se produjeron una serie de accidentes en puentes metálicos en Reino Unido, Australia y Alemania, que llevaron a las autoridades a establecer mecanismos formales de verificación y comprobación del diseño de una nueva estructura, así como de su integridad y seguridad durante su construcción.

Se introducen en este artículo los fundamentos de los métodos de verificación empleados en Reino Unido y Alemania, para luego presentar dos proyectos significativos en los que Leonhardt Andrä und Partner (LAP) ha participado.

2. Reino Unido. Independent Checking

2.1 Antecedentes

A finales de los años sesenta y comienzos de los setenta del pasado siglo se produjeron una serie de accidentes en puentes viga de cajón metálico, que provocaron no sólo una mayor investigación sobre los criterios de proyecto de este tipo de estructuras, sino una revisión de los métodos y procedimientos de control en estructuras complejas [3].

En 1970, el puente de Milford Haven se derrumbó de manera inesperada durante su construcción dejando cuatro trabajadores muertos y cinco heridos.



Figura 1. Puente de Milford-Haven después del colapso. 2 de Junio de 1970, [4]

Pocos meses después en ese mismo año y mientras la investigación de este accidente estaba en proceso, se produjo un desastre todavía mayor cuando un vano metálico completo de 112 metros de luz se precipitó sobre el río Yarra en Melbourne, Australia, durante su construcción dejando 35 muertos. A día de hoy todavía sigue siendo considerado el mayor accidente industrial del país. Inmediatamente después de la tragedia, se creó una Comisión Real para investigar las razones que llevaron a este desastre, cuyas conclusiones se publicaron un año después del accidente en el correspondiente informe [5].



Figura 2. West Gate Bridge, después del colapso. 15 de Octubre de 1970, [6]



Figura 3. West Gate Bridge (situación actual), Melbourne, Australia [6]

A finales de 1970 el Departamento de Medio Ambiente del Reino Unido creó una comisión de investigación a fin de averiguar las razones que desembocaron en el colapso de estos puentes. Un año después se publicó el informe Merrison [7] que supuso un cambio en la forma de diseñar y gestionar la construcción, así como la introducción de procedimientos formales de verificación de la seguridad estructural en obras de nueva construcción. Dentro de sus recomendaciones, el informe Merrison estableció las bases y objetivos de los procedimientos de verificación, inicialmente solo de aplicación para puentes cajón metálicos, pero rápidamente extendidos a cualquier tipología estructural compleja y/o de tamaño significativo. Estas recomendaciones son hoy todavía la base de los métodos de verificación y aprobación de proyectos de estructuras en los países de tradición anglosajona. Sus fundamentos se enumeran a continuación:

- Los “Permanent Works” (estructura permanente) deben de ser comprobados por un “Checker” (supervisor) independiente

- El método de construcción y las estructuras temporales adoptadas durante la construcción, también debe de ser revisado por un Supervisor independiente, en particular su efecto sobre la estructura permanente ya ejecutada.
- Debe de haber un claro reparto de responsabilidades entre el “Engineer” (proyectista) y el “Contractor” (contratista), reflejado en las condiciones contractuales.
- Tanto el contratista como el proyectista deben disponer de un número suficiente de personal cualificado en obra.

Los principios anteriores asumen un enfoque preventivo, en el cual el error de proyecto es detectado antes de que haya sido construido.

Por otra parte, se asume la posibilidad del error en el proyectista. No obstante, si tanto el proyectista como el supervisor son independientes y tienen la experiencia y cualificación adecuadas, se reduce de forma significativa la probabilidad de que el mismo error pase desapercibido a las dos partes.

2.2 Independent Checking. Bases

Desde entonces, se han realizado pequeñas modificaciones en los procedimientos manteniendo los mismos principios y objetivos. La última norma para puentes de carretera que recoge el procedimiento de aprobación técnica de nuevas estructuras o estructuras ampliadas o reparadas es la norma BD2/12 [8]. Los procedimientos de comprobación demandados por otras autoridades son similares a éste con ligeros cambios.

El primer paso en el proceso de supervisión consiste en categorizar la estructura. Dependiendo del tamaño y complejidad de ésta, el grado de independencia y cualificaciones exigidas al supervisor independiente aumenta. Se definen cuatro categorías de comprobación, de 0

a 3. Las estructuras de gran tamaño y complejidad requieren un “Category 3 Check” realizado por personal técnico debidamente cualificado (se exige que el “Checker” sea “Chartered Engineer” o equivalente [8]) e independiente del equipo responsable del proyecto.

El supervisor, basándose en las bases de diseño recogidas en el documento “Approval in Principle” que ya ha sido aprobado por el cliente, junto a los planos proporcionados por el proyectista, debe realizar todos los cálculos y comprobaciones necesarias para demostrar que la solución propuesta cumple con los requisitos exigidos al proyecto.

Es importante destacar la necesidad de independencia del supervisor, tanto técnica como contractual. Tal como se recoge en [4], el supervisor debe de realizar sus modelos estructurales y cálculos basándose en sus conocimientos y experiencia, usando un software de cálculo diferente del empleado por el proyectista. No puede haber intercambio de herramientas como hojas de cálculo, entre el proyectista y el supervisor. Los dos equipos deben llegar a las mismas conclusiones cualitativas y con valores numéricos del mismo orden. No se pretende llegar al exacto valor numérico. Por otra parte, el supervisor, también revisará los planos asociados a los cálculos verificando su coherencia y comprobando que los detalles son los adecuados.

La independencia comercial y contractual se requiere en la relación que tengan el proyectista y el supervisor. El supervisor es contratado por el contratista o por la Autoridad, por lo que no existe subordinación de aquél con el proyectista. También es conveniente revisar la relación comercial que pueda haber entre el proyectista y el supervisor en otros proyectos, pudiendo aparecer incompatibilidades por eventuales conflictos de interés que eliminan la independencia en el proceso de comprobación y certificación.

En el caso ideal, se produce un intercambio de conocimientos entre el proyectista y el supervisor que enriquece a ambos, añadiendo valor y calidad al proyecto, de tal manera que el primero no tiene por qué colocarse a la defensiva como si estuviese ante un examinador.

En proyectos ejecutados según la fórmula Design & Build en la que contratista y proyectista presentan una propuesta conjunta al cliente, el supervisor puede estar contratado por el contratista, por la Autoridad, como se refleja en los siguientes cuadros organizativos.

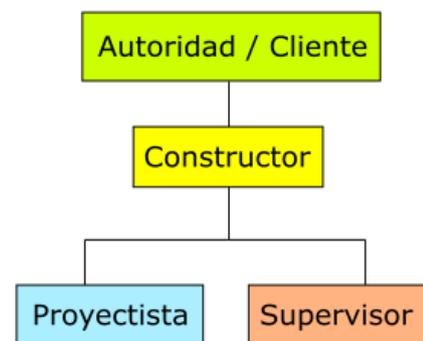


Figura 4. Organización del Proyecto. Supervisor dependiente del Constructor

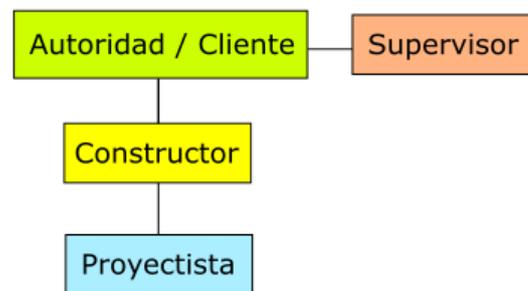


Figura 5. Organización del Proyecto. Supervisor dependiente del Cliente

Es importante tener claro que el supervisor únicamente comprueba el proyecto y no la construcción. Esta condición debe quedar perfectamente clara en los documentos contractuales y entendido por todas las partes que participan en la nueva obra.

Como resultado del proceso de comprobación, y al igual que en el caso del proyectista, el supervisor emite un certificado cuya redacción debe ser especialmente cuidada y verificada por un equipo legal a fin de dejar

perfectamente claros qué elementos han sido comprobados y aprobados, así como qué documentación ha sido revisada en la forma de informes técnicos, planos, especificaciones...

Solo una vez que este certificado ha sido emitido por el supervisor y registrado por la Autoridad correspondiente, el contratista puede comenzar con la ejecución de los trabajos aprobados, por lo que éste suele mostrar cierta impaciencia en finalizar el proceso de comprobación.

Sin embargo, en grandes obras, no es necesario que el proyecto completo haya sido aprobado para empezar la construcción. En este caso, el proyecto se suele dividir en paquetes que se van completando, revisando y aprobando a medida que el diseño progresa. De esta forma, se logran varios beneficios:

- proyectista, supervisor y constructor trabajan en paralelo, agilizando todo el proceso,
- la construcción de cada paquete del proyecto puede comenzar cuando éste haya sido aprobado, sin tener que esperar a que el proyecto haya sido completado,
- los errores se pueden detectar a medida que el diseño se va desarrollando, de tal forma que, si se da el caso, el trabajo a corregir se minimiza,
- el diseño puede tener en cuenta incidencias no previstas que se hayan podido detectar durante la construcción de los paquetes ya aprobados.

La división del proyecto en paquetes requiere sin embargo una muy cuidada planificación, control y registro de las comunicaciones entre las diferentes partes. Hoy en día esta tarea se ha facilitado mucho mediante herramientas informáticas específicas para esta función.

Para que el proceso de comprobación y certificación sea efectivo es imprescindible que además de la independencia y cualificación del supervisor, tanto el contratista como la

Autoridad pongan a disposición del proyectista y del supervisor tanto los recursos económicos como el tiempo necesario para realizar esta tarea. El proyectista también debe de considerar en su planificación el tiempo y los recursos empleados en todo el proceso de supervisión y aprobación.

En trabajos en el Reino Unido el coste de un trabajo de comprobación en grandes proyectos es del orden de un 0.3% del coste de construcción [4], una cantidad que puede ser, a nuestro juicio, asumible teniendo en cuenta la seguridad y garantías que aporta

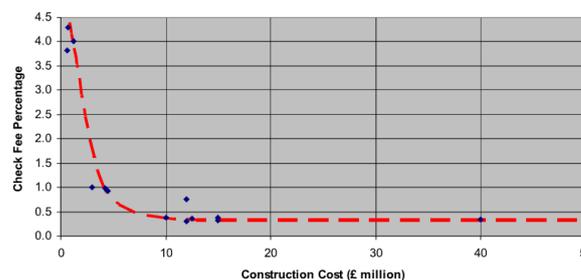


Figura 6. Relación costes de supervisión y construcción [4].

Como complemento, el trabajo de supervisión se puede ampliar a un “economical design review” del diseño original. Si la supervisión técnica se encargaba de buscar las deficiencias o carencias del proyecto, la optimización tiene como objetivo fundamental encontrar los elementos que a juicio del supervisor están sobredimensionados con el consiguiente gasto innecesario en material, tiempo y dinero. El proyectista, si está de acuerdo, realizará las modificaciones convenientes logrando un diseño más eficiente y sostenible. No obstante, conviene resaltar que el supervisor no tiene el poder para obligar al proyectista a llevar a cabo sus modificaciones.

3. Alemania

3.1 Procedimiento de Aprobación

Del mismo modo que en el caso británico, solo personas con la suficiente cualificación y experiencia pueden supervisar y aprobar el proyecto de una estructura. En el caso alemán,

esta tarea solo puede ser realizada por profesionales con el título de “Prüfingenieur” (Ingeniero “Examinador”, “Revisor”). Esta supervisión y aprobación es obligatoria en edificación y en principio no debería de aplicar al resto de infraestructuras. No obstante, la regla es que la Autoridad exija procedimientos de supervisión y aprobación similares en obras civiles singulares.

El sistema alemán de supervisión parte del mismo principio de que la probabilidad de que dos profesionales competentes e independientes cometan el mismo error es muy reducida.

Sin embargo, en el sistema de aprobación alemán, el Proyectista debe de suministrar toda la información al supervisor en la forma de cálculos, memorias justificativas, planos, etcétera. El “Prüfingenieur”, no sólo debe realizar cálculos paralelos para verificar que la solución propuesta por el proyectista cumple con los requisitos de seguridad y servicio, también debe revisar la documentación presentada y, si está conforme, aprobar y certificar con su sello cada uno de los documentos presentados.

3.2 Regulación del “Prüfingenieur”

La regulación de los procedimientos y requisitos para la supervisión y aprobación del proyecto de estructuras depende de cada Estado Federal sometido a las directrices definidas por el Gobierno Federal. La primera autoridad en definir y adoptar la figura del “Prüfingenieur” fue el antiguo Estado de Prusia en 1926. En los años siguientes, esta figura se extendió a los demás Estados Federales y sigue usándose hoy en día. Para la preparación de este artículo se ha tomado como referencia las regulaciones del Estado Federal de Baden Württemberg [9] y la información proporcionada por la sociedad de “Prüfingenieure” de Baden-Württemberg [10].

Sólo se puede ser “Prüfingenieur” pasando una serie de exámenes muy rigurosos en

los cuales se evalúa tanto la experiencia como los conocimientos del solicitante.

Los requisitos para poder presentar la solicitud son los siguientes:

- 35 años de edad mínima
- haber completado estudios de Ingeniería Civil, o equivalente
- independencia profesional
- mínimo de diez años de experiencia profesional como ingeniero
- demostración de haber realizado verificaciones de sistemas estructurales y procedimientos de construcción complejos.

Para la demostración de los conocimientos y experiencia requeridos, el solicitante propone diez proyectos de edificación significativos y de especial complejidad en los que ha tenido responsabilidad en el proceso de verificación. El Departamento de Construcción Estatal selecciona los más adecuados para que sean evaluados por un tribunal examinador.

Posteriormente, el solicitante debe superar un examen en el que debe demostrar que dispone de los conocimientos suficientes en técnica y construcción en hormigón, acero, madera, física de la construcción, legislación y normas constructivas.

Finalmente, si el solicitante ha aprobado el examen, es invitado a un examen oral en el que se discute en profundidad sobre sus conocimientos técnicos y experiencia profesional.

El porcentaje de solicitantes que finalmente obtienen el título de “Prüfingenieur” es muy reducido, del orden de un 10-15%, lo que garantiza que sólo los profesionales más competentes puedan revisar y certificar proyectos.

Por otra parte, hay que destacar que sólo se es “Prüfingenieur” en aquellas disciplinas para las que se ha superado todo el proceso anterior. En el caso del Estado de Baden-Württemberg existen tres posibles disciplinas: metal, hormigón y fábrica, y madera.

3.3 Independencia y costes

La normativa que define y regula la independencia del “Prüfingenieur” es muy estricta. Pese a no ser funcionarios, los requisitos de independencia e imparcialidad exigidos a los empleados públicos son de aplicación a los “Prüfingenieur”.

Por otra parte, el coste de sus servicios de revisión y certificación está fijado por la autoridad estatal, con lo que no existe una competencia en relación con los honorarios entre los diferentes “Prüfingenieur”.

Como valor orientativo, se estima que los costes de supervisión y aprobación de un proyecto por un “Prüfingenieur” pueden ser de hasta un 2% del coste de construcción.

Del mismo modo que en el caso británico, es común que, en grandes obras, el proyecto se divida en paquetes que son revisados y aprobados a medida que se van produciendo.

Al igual que en el caso británico, en Alemania es común que el “Prüfingenieur” realice complementariamente una revisión económica de la propuesta con el objetivo de evitar costes económicos excesivos debidos a diseños excesivamente conservadores.

4. Caso Práctico. Mersey Gateway Bridge

LAP actuó como “Checker”, de este proyecto emblemático en las cercanías de Liverpool en Reino Unido.

Partiendo del diseño preliminar elaborado en 2012, se convocó una licitación siguiendo la fórmula contractual de Diseño-Construcción (D&B). Se presentaron tres propuestas siendo la ganadora la elaborada por el consorcio internacional MerseyLink formada por las compañías constructoras Samsung C&T Corporation, FCC Construcción y Kier Infrastructure & Overseas Ltd. El proyecto constructivo corrió a cargo de un grupo

internacional de empresas formado por Flint & Neill (COWI), Aecom, Fhecor y Eptisa.



Figura 7. Mersey Gateway Bridge [11].

LAP fue elegido por el contratista como supervisor independiente. La coordinación entre el proyectista y el supervisor corrió a cargo del contratista. De esta forma el cliente transmite toda la responsabilidad en la organización y cumplimiento de las fechas de entrega al contratista (figura 8).

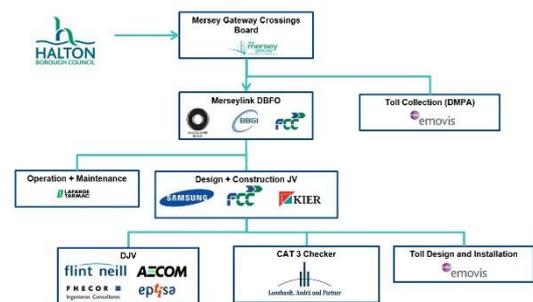


Figura 8. Cuadro Organizativo

El tramo principal de Mersey Gateway Bridge consiste en un puente atirantado continuo de cuatro vanos con relación de luces 181+294+318+205 metros con torres de 127 metros de altura máxima. Los tramos de aproximación consisten en tramos continuos de luces entre 64 y 70 metros. La longitud total del puente es de 2130 metros.

La construcción del tablero se realizó por voladizos sucesivos mediante carro de avance. Dado que el carro de avance no podía ser transportado desde los extremos del tablero, sus componentes tuvieron que ser izados desde una de las torres principales y montados en la zona superior. La sección principal del carro tiene forma de U de forma que no interfiere con el plano central de cables. De esta forma, una vez

el tablero ha sido ejecutado, el carro puede volver a la torre desde la que fue izada, para ser desmontado.



Figura 9. Carros de avance durante la construcción del tablero [11]

Este método de construcción ya fue empleado por LAP en el proyecto y construcción del Segundo Puente sobre el Canal de Panamá [12], con el mismo tipo de tablero, cumpliendo con los requisitos de experiencia en proyectos similares exigidos en [8].

Durante el proceso de verificación y aprobación, LAP fue recibiendo paquetes del proyecto a medida que estos iban siendo elaborados. Una vez realizados los cálculos necesarios, se verificó su coherencia con los resultados del proyectista y se confirmó su correspondencia con los planos, así como la corrección de los detalles propuestos. En el caso que se encontrase alguna deficiencia o que la información recibida no fuese demasiado clara, se realizaba una consulta formal a través del portal informático preparado expresamente para este proyecto, que distribuía la información a todos los agentes afectados. Si toda la información recibida era conforme se emitía un certificado donde se detallaba el contenido del paquete que había sido aprobado, para su registro. Modelos de certificados para diferentes tipos de estructuras pueden encontrarse en los anexos de [8], con una redacción acorde con las leyes y usos británicos.

Annex C1	
Model form of certificate for the design/assessment ¹ and/or check ¹ of highway structures, including road and service tunnels	Name of Project _____ Name of Structure _____ Structure Ref No _____
1. We certify that reasonable professional skill and care has been used in the preparation of the design/assessment ¹ and/or check ¹ of (name of structure) with a view to securing that:	
i. It has been designed/assessed ¹ and/or checked ¹ in accordance with	
The following Standards; or	
The Approval in Principle dated (date) including the following:	
ii. It has been checked for compliance with the relevant standards in i; or	
The assessed capacity of the structure is as follows:	
iii. It has been accurately translated into construction drawings and bar bending schedules (all of which have been checked) ² . The unique numbers of these drawings and schedules are:	
Signed _____	
Name _____ Design/Assessment Check ³ Team Leader	

Figura 10. Certificado Modelo [8]

Este proyecto es un ejemplo de cómo la colaboración entre proyectista y supervisor no solo aumenta las garantías de un proyecto seguro y operativo, sino que supone una mejora respecto al diseño ganador original. Con el objeto de lograr una propuesta competitiva, los espesores de losas y almas del tablero eran muy reducidos, con la consecuencia de que la losa superior habría requerido armadura transversal para cumplir con los requisitos de resistencia a cortante exigidos por las normas de proyecto. Sin embargo, se optó por emplear la figura de “Departure from Standard” (excepción a la norma) que permite emplear criterios de diseño alternativos, debidamente justificados, a través de un proceso de revisión y aprobación en el que participan tanto el proyectista como el supervisor.

5. Caso Práctico. Puente Arco de Tamina

En este proyecto el enfoque adoptado en el proceso de supervisión y aprobación fue algo diferente. A diferencia del procedimiento británico, donde se va revisando y aprobando cada uno de los paquetes del proyecto con sus correspondientes certificados y así proceder con la construcción, en este caso se realizó la revisión y aprobación durante la fase preliminar de proyecto. Sus principales objetivos fueron garantizar tanto la adecuación del sistema estructural como de las dimensiones de sus

elementos principales. Sin embargo, no hubo ningún supervisor del proyecto constructivo.

El puente de Tamina consiste en un arco asimétrico de hormigón armado de 260 metros de luz principal, con una longitud total de 416 metros, que cruza sobre el cañón de Tamina, de 200 metros de profundidad, en una zona de especial belleza y riqueza paisajística en el cantón de San Galo, Suiza.



Figura 11. Puento de Tamina (fotografía: B. Kratzke)

El tablero, de hormigón pretensado se apoya en el arco mediante pilas inclinadas con una separación entre 45 y 60 metros. El tablero y el arco se unen en los 57 metros alrededor de la clave del arco.

En este caso, la propuesta presentada LAP fue ganadora del concurso internacional. Tal como se ha mencionado, la comprobación y aprobación técnica del diseño se hizo sobre el proyecto preliminar teniendo como supervisores a los ingenieros Prof. Thomas Vogel (ETH Zürich) y Pascal Klein (Dipl-Ing ETH, SIA, USC, Zürich).

Durante las discusiones que se desarrollaron en el proceso de supervisión y aprobación, se adoptó un enfoque colaborativo entre el proyectista y el supervisor, donde este último tuvo un papel muy proactivo.

Como resultado de este proceso, se adoptó un diseño más optimizado gracias a la propuesta alternativa del supervisor de emplear rótulas de hormigón en las conexiones de las pilas con el arco y el tablero, en vez de la solución integral inicial.



Figura 12. Detalle de rótula superior en pila

Esta obra fue inaugurada en 2017 y ganó el Supreme Award for Structural Engineering Excellence otorgado por la Institution of Structural Engineers.

6. Conclusiones

Se han mostrado en este artículo las bases y métodos empleados en la supervisión, control y aprobación de proyectos de estructuras empleados en Reino Unido y Alemania. Los dos sistemas adoptan un sistema de certificación de proyectos realizado por personal cualificado e independiente, con el objetivo de verificar la idoneidad del proyecto antes de que este se haya construido, basándose en la baja probabilidad de que el mismo error se produzca o pase desapercibido a dos profesionales competentes e independientes como el proyectista y el supervisor.

Para que esta labor sea efectiva es fundamental que tanto el cliente como el contratista sean conscientes de la importancia del proceso y destinen tanto los recursos financieros como el tiempo necesario para su realización. Sin embargo, el requisito básico en esta labor de supervisión es que sea realizada por personal cualificado y competente

Teniendo en cuenta la cada vez mayor variedad en la formación de los profesionales, producto de la internacionalización del sector, así como la disparidad de contenidos y profundidad de los planes de estudio, tanto en las universidades nacionales como extranjeras, se invita a una reflexión sobre la conveniencia de implantar sistemas de supervisión análogos por parte de autoridades que no los tengan ya definidos en sus procedimientos de contratación y aprobación.

Por otra parte, se ha mencionado dos proyectos en los que LAP ha participado bien como supervisor (Mersey Gateway), bien como proyectista principal (Tamina), en los que una colaboración constructiva entre proyectista y supervisor resultó en una mejora sustancial de la obra finalmente construida.

Concluimos este artículo llamando la atención sobre la creciente complejidad en la gestión de proyectos organizados en la forma de “Joint Ventures”. En estos proyectos, debido al número de empresas implicadas, existe una gran cantidad de interfaces entre las diferentes partes responsables, por lo que es fundamental una cuidadosa coordinación y comunicación. La inclusión de un supervisor supone contar con un observador externo a la organización del proyecto capaz de detectar posibles fallos de comunicación, coordinación y gestión que podrían comprometer la integridad estructural de la obra.

Referencias

[1] C. Georgakis, Y. Fujino, S. Hopf, K. H. Ostenfeld, S. E. Svensson, Investigation of the Chirajara Bridge Collapse, 2018

[2] National Transportation Safety Board, Highway accident Report Pedestrian Bridge Collapse over SW 8th Street Miami, Florida, March 15, 2018

[3] L. Fernández Troyano. Tierra sobre el Agua Visión Histórica Universal de los Puentes. Tomo I, 1999

[4] I. Firth, Adding confidence and reducing risk – the role of independent design checking in major projects, IABSE Symposium, Weimar, 2007

[5] V.V.A.A., Report of Royal Comission into the failure of West Gate Bridge, 1971

[6] M. Müller. Prüfung von Auslandprojekten (Verificación de Proyectos Internacionales). 17. Symposium Brückenbau (17 Simposio de Puentes). Leipzig, 2017

[7] Department of the Environment - Merrison Committee. Inquiry into the Basis of Design and Method of Erection of Steel Box Girders, 1973

[8] The Highways Agency, BD2/12 Technical Approval of Highway Structures, 2012

[9] Umweltministeriums. Verordnung über die Bautechnische Prüfung baulicher Anlagen (Bauprüfungsverordnung – BauPrüfVO). (Ordenanza del Ministerio de Medio ambiente sobre la Inspección y Certificación de Estructuras. 10 Mayo 2010

[10] Vereinigung der Prüfengeure für Bautechnik in Baden Württemberg (VPI Baden-Württemberg). www.vpi-bw.com

[11] The Mersey Gateway, a bridge to prosperity. www.merseygateway.co.uk

[12] R. Saul, K. Humpf, S. Hopf, A. Patsch: Die zweite Brücke über den Panamakanal – Schrägkabelbrücke mit 420m Mittelöffnung und Rekordbauzeit (El Segundo Puente sobre el Canal de Panamá – un puente atirantado de 420m de luz principal y tiempo record de construcción). Beton und Stahlbetonbau 100, 2005