

www.piarc.org

2019R37ES

DISEÑO DE PUENTES PARA MEJORAR LA INSPECCIÓN Y EL MANTENIMIENTO

COMITÉ TÉCNICO D.3 *PUENTES DE CARRETERA*



SOBRE LA ASOCIACIÓN MUNDIAL DE LA CARRETERA

La Asociación Mundial de la Carretera (PIARC) es una organización sin fines lucrativos establecida en 1909 para mejorar la cooperación internacional y fomentar el progreso en el ámbito de las carreteras y el transporte por carretera.

El estudio objeto de este informe se definió en el Plan Estratégico de PIARC 2016-2019 y fue aprobado por el Consejo de la Asociación Mundial de la Carretera, cuyos miembros son representantes de los países que forman parte de la asociación. Los miembros del Comité Técnico responsables de este informe fueron propuestos por cada país miembro en base a sus competencias específicas.

Las opiniones, resultados o conclusiones, así como las recomendaciones expuestas en esta publicación, pertenecen a los autores de la misma y no reflejan necesariamente los puntos de vista de sus correspondientes entidades o agencias.

Este informe está disponible en la página web de la Asociación Mundial de la Carretera (PIARC): <http://www.piarc.org>

Copyright World Road Association. Todos los derechos reservados.

*Asociación Mundial de la Carretera (PIARC)
Arche Sud 5° niveau
92055 La Défense Cedex, France*

ISBN: 978-2-84060-576-8

Portada © Comité técnico D.3

DISEÑO DE PUENTES PARA MEJORAR LA INSPECCIÓN Y EL MANTENIMIENTO

COMITÉ TÉCNICO D.3 *PUENTES DE CARRETERA*

AUTORES Y AGRADECIMIENTOS

Este informe ha sido elaborado por el Grupo de Trabajo 1 del Comité Técnico D.3 de la Asociación Mundial de la Carretera (PIARC).

Las personas que han contribuido a la elaboración de este informe son:

- Bernard Pilon (Canadá-Quebec)
- Bo Liu (China)
- Borre Stensvold (Noruega)
- Gonzalo Arias Hofman (España)
- Heungbae Gil (Corea del Sur)
- Hyun Ho Choi (Corea del Sur)
- Luis Rojas Nieto (México)
- Manuel Alvarez (Suiza)
- Mohamed Parak (Sudáfrica)
- Yoichi Sato (Japón)

Los editores de este informe son Mohamed PARAK (Sudáfrica) para la versión inglesa, Bernard Pilon (Canadá-Quebec) para la versión francesa y Gonzalo Arias Hofman (España) para la versión española.

La traducción al español y al francés de la versión original fue realizada por Bernard Pilon (Canadá-Quebec) y Gonzalo Arias Hofman (España) respectivamente.

Manuel Alvarez (Suiza) fue responsable dentro del Comité Técnico de control de calidad para la elaboración de este informe.

El Comité Técnico estuvo presidido por Kiyohiro Imai (Japón) y Pierre Gilles (Bélgica), Scot Becker (EE.UU.) y Luis Rojas Nieto (México), que fueron los secretarios de habla francesa, inglesa y española respectivamente.

La versión final de este informe ha sido revisada y aprobada por el Sr. Oscar Gutiérrez-Bolívar, Coordinador del Tema Estratégico D Infraestructura de la Asociación Mundial de Carreteras.

DISEÑO DE PUENTES PARA MEJORAR LA INSPECCIÓN Y EL MANTENIMIENTO

El principio basado en diseñar puentes teniendo en cuenta las futuras inspecciones y mantenimiento se ha pasado por alto en el pasado de forma habitual. En la fase de diseño, se ponía mayor énfasis en cumplir sólo los «requisitos iniciales» del puente –principalmente la seguridad estructural y la capacidad de servicio–, y seguidamente, en minimizar el coste de capital inicial. Este enfoque, en muchos casos, ha derivado en un costoso mantenimiento futuro que ha superado con creces el ahorro de capital inicial basado en no tener en cuenta los aspectos de inspección y mantenimiento.

Por este motivo, los puentes deben diseñarse de manera que se puedan inspeccionar y mantener adecuadamente y de forma sencilla. Esto requiere que las inspecciones y el mantenimiento sean una consideración integral en el diseño en lugar de tratarse como algo secundario. Todos los elementos de un puente deben diseñarse de tal manera que el propietario pueda inspeccionarlos y mantenerlos, así como tener en cuenta los elementos que será necesario reemplazar a lo largo de la vida útil del puente.

En este informe se presentan los resultados de una investigación sobre las prácticas de diseño y especificación de varios países que están dirigidas especialmente a facilitar la realización de futuras inspecciones, mantenimiento y sustitución de elementos de puentes. Esta investigación fue realizada por el Grupo de Trabajo 1 del Comité Técnico (CT) D.3, Puentes de Carretera, de la Asociación Mundial de Carreteras (PIARC) durante el ciclo 2016 - 2019.

La metodología utilizada en esta investigación consistió en buscar y recoger información de los países miembros del CT D.3 sobre experiencias y prácticas en materia de diseño para mejorar la inspección y el mantenimiento en el futuro. Esto se logró a través de una encuesta basada en un cuestionario y un caso práctico específicamente desarrollado que invitaba a los países miembros a describir sus experiencias y prácticas en este sentido y a compartir ejemplos.

Se recibieron 17 respuestas al cuestionario de 15 países diferentes. A continuación, se compararon y analizaron las respuestas recibidas. El resultado de esta investigación consta de una revisión de las disposiciones y prácticas de cada país y de la elaboración de un conjunto homogéneo de directrices y recomendaciones sobre las mejores prácticas en la materia. La investigación presentada en este informe tiene como objeto sensibilizar y proporcionar algunas directrices sobre el diseño y la construcción de puentes para mejorar las inspecciones, el mantenimiento y la sustitución de los elementos de los puentes en el futuro.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	3
1.1. PROPÓSITO	3
1.2. ÁMBITO DE APLICACIÓN.....	4
1.3. LIMITACIONES.....	4
1.4. METODOLOGÍA	5
2. REQUISITOS DE INSPECCIÓN, MANTENIMIENTO Y SUSTITUCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL PUENTE	6
3. CUESTIONARIO Y CASO PRÁCTICO - DESARROLLO Y REVISIÓN DE LAS RESPUESTAS	8
3.1. DESARROLLO DEL CUESTIONARIO Y PLANTILLA DE CASO PRÁCTICO	8
3.2. RESUMEN DE LAS RESPUESTAS.....	9
3.3. PARTE 1: DISPOSICIONES DEL PROYECTO BÁSICO.....	19
3.4. PARTE 2: DISPOSICIONES DEL PROYECTO DE EJECUCIÓN	23
3.5. PARTE 3: DISPOSICIONES DE ACCESO SEGURO	27
4. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIÓN	33
4.1. PRÁCTICAS RECOMENDADAS	33
4.2. CONCLUSIÓN.....	37
5. REFERENCIAS	39
APÉNDICE A: CUESTIONARIO Y MODELO DE CASO PRÁCTICO	
41	
APÉNDICE B: RESUMEN DE LAS RESPUESTAS.....	60
APÉNDICE C: EJEMPLOS DE DISPOSICIONES DEL PROYECTO BÁSICO	64
APÉNDICE D: EJEMPLOS DE DISPOSICIONES DEL PROYECTO DE EJECUCIÓN	
76	
APÉNDICE E: EJEMPLOS DE DISPOSICIONES DE ACCESO SEGURO	88

1. INTRODUCCIÓN

La AIPCR, también conocida como la Asociación Mundial de la Carretera, fue creada en 1909 como una organización sin ánimo de lucro con el ambicioso objetivo de promover la cooperación internacional en cuestiones relacionadas con las carreteras y el transporte por carretera. Cuenta con más de 100 países miembros, de los cuales alrededor de dos tercios son países en vías de desarrollo. Su visión consiste en ser líder mundial en el intercambio de conocimientos sobre carreteras, política de transporte por carretera y prácticas de transporte por carretera en un contexto de transporte sostenible integrado.

La Asociación Mundial de la Carretera logra este objetivo a través de una serie de comités técnicos establecidos dentro de cinco temas como parte de su Plan Estratégico. Los temas para el ciclo 2016-2019 son:

- A: Gestión y Finanzas
- B: Acceso y movilidad
- C: Seguridad
- D: Infraestructura
- E: Cambio climático, medio ambiente y catástrofes naturales

El objetivo del Tema D es mejorar la calidad de la infraestructura vial mediante la gestión eficaz de los activos de acuerdo con las expectativas de los usuarios y las demandas de los gestores. Aunque las autoridades viales están cada vez más interesadas en las nuevas tecnologías y los desarrollos sociales y medioambientales, la gestión de infraestructuras y activos sigue siendo su actividad principal. La necesidad de un uso más eficiente de los fondos exige una mejora constante de las técnicas de diseño, gestión y mantenimiento de los activos.

El Comité Técnico (CT) D.3, Puentes de Carretera, se ha dividido en tres grupos de trabajo para satisfacer los temas del plan estratégico relacionados con la gestión y el diseño de puentes. En este informe se presenta la contribución del Grupo de Trabajo 1 del CT D.3.

1.1. PROPÓSITO

Un buen diseño de puentes debe cumplir los requisitos de resistencia, durabilidad, funcionalidad, estética y economía a lo largo de su vida útil. Para cumplir con estos requisitos, los puentes también deben diseñarse de manera que puedan inspeccionarse y mantenerse de manera eficiente y efectiva durante su vida útil. Esto requiere que la inspección y el mantenimiento sean una consideración integral en la fase de diseño y no algo secundario. Todos los elementos de un puente deben estar diseñados de tal manera que el propietario pueda inspeccionarlos y mantenerlos, así como considerar los elementos del puente que necesitarán ser reemplazados a lo largo su vida útil. En este contexto, el enfoque de esta investigación se centra en el diseño de puentes para mejorar la inspección y el mantenimiento.

El principio de diseñar puentes teniendo en cuenta las inspecciones y el mantenimiento futuros se ha pasado por alto a menudo en el pasado, cuando el diseño se centraba, en primer lugar, en el cumplimiento de los «requisitos iniciales» del puente (principalmente la seguridad estructural y la capacidad de servicio) y, en segundo lugar, en la minimización del coste de capital inicial. Este enfoque, en muchos casos, ha derivado en un costoso mantenimiento futuro que ha superado con

creces los ahorros de capital iniciales al no tener en cuenta los aspectos de inspección y mantenimiento.

Por este motivo, ahora se hace mayor hincapié en el diseño de prácticas de puentes sostenibles y en el examen de las prestaciones futuras de los puentes en lo que respecta a las inspecciones, el mantenimiento y la sustitución de los elementos de los puentes. Si bien este principio se ha aceptado universalmente, todavía no está muy bien definido o documentado. Los códigos de diseño, que son una parte intrínseca del proceso de diseño, no son contundentes en este tema y tales consideraciones se dejan normalmente en manos de la experiencia individual de los proyectistas. Además, la retroalimentación de los equipos de inspección y mantenimiento de los puentes de carretera es también una fuente inestimable de información sobre este tema que debe tomarse en consideración. Por lo tanto, es necesario documentar las experiencias y prácticas en este sentido con el fin de que las inspecciones y el mantenimiento futuros se conviertan en una consideración regular en el diseño.

El objetivo de la investigación presentada en este informe era reunir y evaluar las prácticas de diseño y especificación de varios países que están especialmente dirigidas a facilitar la realización de futuras inspecciones, mantenimiento y/o sustitución de elementos de puentes. El resultado de esta investigación es la elaboración del presente informe técnico, que revisa las diferentes prácticas y concluye con un conjunto homogéneo de directrices y recomendaciones sobre las mejores prácticas en la materia. Se espera que esto sea de gran valor tanto para los proyectistas como para los propietarios de puentes en aras de señalar la importancia del diseño para futuras inspecciones y trabajos de mantenimiento y, asimismo, servir de ayuda en estos aspectos.

1.2. ÁMBITO DE APLICACIÓN

El diseño del puente para mejorar la inspección y el mantenimiento se aborda a través de consideraciones y disposiciones apropiadas en el proyecto básico y de ejecución y las disposiciones de acceso.

Las disposiciones del proyecto básico se refieren a la elección de la forma estructural, los materiales, las dimensiones de los componentes o elementos u otros aspectos del proyecto básico que mejoran el rendimiento del ciclo de vida del puente, de manera que se reducen las exigencias de inspección y mantenimiento. Las disposiciones de proyecto de ejecución se refieren a los elementos o componentes de un puente, tales como apoyos, juntas de dilatación, drenaje, etc., que, si se consideran e instalan de forma adecuada, facilitarán las inspecciones, el mantenimiento y/o la sustitución de los elementos del puente. Las disposiciones de acceso deben proporcionar a los inspectores y a los equipos de mantenimiento un entorno de trabajo seguro y fácil. La experiencia ha demostrado que cuando el acceso es difícil, la eficiencia del inspector se ve afectada y el mantenimiento es costoso.

El alcance de la investigación presentada en este informe se centra, por tanto, en las consideraciones del proyecto básico y de ejecución y las disposiciones de acceso seguro que están específicamente dirigidas a facilitar la realización de futuras inspecciones, el mantenimiento y/o la sustitución de los elementos del puente.

1.3. LIMITACIONES

Los tipos de inspecciones objeto de esta investigación se definen típicamente como las principales inspecciones de puentes que tienen lugar normalmente cada 4 o 5 años. Esto implica la evaluación visual del estado de cada elemento del puente y, en este contexto, se espera que el inspector esté debidamente cualificado y a poca distancia de cada elemento del puente (o, como mínimo, que tenga una visión visual considerablemente buena de cada elemento del puente).

El régimen de mantenimiento objeto de esta investigación se define típicamente como el mantenimiento estándar, preventivo o proactivo que normalmente se especificaría en un manual de mantenimiento. Este tipo de mantenimiento se realiza normalmente en elementos de puentes cuya vida útil prevista es inferior a la vida útil del puente en su conjunto. Ejemplos de estos elementos de puente son los apoyos, las juntas, la protección contra la corrosión, etc. Se excluye específicamente de esta definición el mantenimiento correctivo, de reparación y rehabilitación, o la renovación del puente (refuerzo, mejora, etc.) que normalmente no se habría previsto en el inicio del diseño.

Los tipos de puentes contemplados en este estudio son puentes convencionales de hormigón, acero o mixtos. Por lo general, no se tienen en cuenta los puentes atirantados, colgantes, con arcos de fábrica y de madera. Sin embargo, algunos de los ejemplos presentados en este informe pertenecen a esta tipología, ya que el principio se puede aplicar de la misma manera a todos los tipos de puentes.

1.4. METODOLOGÍA

La metodología utilizada en esta investigación consistió en buscar y recoger información de los países miembros del CT D.3 sobre experiencias y prácticas en materia de diseño para mejorar las inspecciones y el mantenimiento en el futuro. Esto se logró a través de una encuesta basada en un cuestionario y un modelo de caso práctico específicamente desarrollado que invitaba a los países miembros a describir sus experiencias y prácticas en este sentido y a compartir ejemplos. A continuación, se compararon y analizaron las respuestas recibidas. El resultado de esta investigación es la elaboración del siguiente informe técnico, que contiene un conjunto homogéneo de directrices y recomendaciones sobre las mejores prácticas en la materia.

2. REQUISITOS DE INSPECCIÓN, MANTENIMIENTO Y SUSTITUCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL PUENTE

En el siguiente capítulo se ofrece una visión general del contexto en el que se enmarca la presente investigación. Se presenta una sucinta compilación de los principios básicos, términos e interrelaciones en el amplio campo de la inspección y mantenimiento de puentes. En base a esta visión general, se establecen una serie de requisitos fundamentales relacionados con la inspección, el mantenimiento y la sustitución futuros de los elementos del puente, que se tendrán en cuenta desde el principio en el diseño original del puente.

Los objetivos generales de la inspección y mantenimiento de puentes son:

- la preservación de una seguridad suficiente (que incluya la seguridad estructural, vial, operativa, medioambiental y la de los usuarios de la carretera)
- la garantía de un mantenimiento suficiente
- la conservación de los elementos básicos
- la conservación de los valores culturales y económicos de la construcción
- la gestión de los riesgos durante la vida útil del puente

La inspección de puentes implica actividades relacionadas con:

- la supervisión (incluidas las vigilancias e inspecciones periódicas específicas y, en caso necesario, la comprobación de las mediciones o la supervisión)
- la aplicación de medidas de seguridad urgentes, en caso necesario
- el examen (incluidos los estudios del estado de salud, las evaluaciones del estado de salud y las recomendaciones subsiguientes de las medidas de intervención)
- la planificación y ejecución de las medidas de intervención

El mantenimiento de los puentes implica medidas de intervención que comprenden:

- desde medidas regulares y sencillas, previstas y preventivas que garanticen una capacidad de servicio suficiente (como se indica en el plan de mantenimiento) incluida, por ejemplo, la sustitución de los elementos del puente con una vida útil reducida que puedan extenderse a reparaciones imprevistas de daños menores.
- hasta medidas de rehabilitación más amplias con el fin de volver a instalar la seguridad y la capacidad de servicio suficientes
- o incluso amplias medidas de modificación para adaptar el puente a las nuevas exigencias.

Como premisa para el mantenimiento planificado del puente, en las fases de diseño se debe establecer, como mínimo, el siguiente conjunto de documentos fundamentales, que deben incluirse en los documentos de construcción:

- el acuerdo de utilización entre el propietario y el diseñador (incluidos los objetivos generales para la utilización del puente, la consideración del entorno externo y los requisitos de terceros (si es necesario), los requisitos operacionales y de mantenimiento, los objetivos de seguridad y otros requisitos básicos pertinentes) o, de forma alternativa, un plan de utilización análogo
- el plan de supervisión de la construcción
- un plan de seguimiento que incluya detalles de las disposiciones relativas al acceso a la inspección

- el plan de mantenimiento, incluidos los detalles de las disposiciones relativas al acceso para el mantenimiento y las condiciones del lugar y del entorno, según proceda.

Como se indica en el capítulo 1.3, el presente informe se limita al examen de las actividades de mantenimiento de puentes que pueden preverse en debida forma en el diseño original. Estos son el seguimiento –y en especial las inspecciones principales realizadas cada 4 o 5 años– y las medidas de intervención según el plan de mantenimiento original establecido en la ejecución del diseño.

El siguiente informe trata de ilustrar los medios a través de los cuales el diseño original del puente ya debería aplicar disposiciones de diseño que faciliten las inspecciones futuras, el mantenimiento y/ o la sustitución de los elementos del puente con una vida útil reducida (por ejemplo, apoyos, juntas de dilatación, bordillos, pretilas, barandillas, revestimiento e impermeabilización, drenaje, etc.).

En concreto, se aplicarán los siguientes principios básicos:

- Tanto el proyecto básico del puente (incluida la configuración estructural, la elección de materiales, las dimensiones y distancias, la instrumentación, el equipo, etc.) como el posterior diseño de ejecución, deben incorporar todas las disposiciones adecuadas para facilitar las futuras inspecciones, el mantenimiento y/ o la sustitución de los elementos del puente con una vida útil reducida.
- Con respecto a la calidad y el coste futuros del mantenimiento, es de gran importancia contar con una disposición completa y meditada para la accesibilidad de todos los elementos del puente que deberán inspeccionarse visualmente a poca distancia. Estas consideraciones interactuarán tanto con la configuración geométrica como con el equipo de accesibilidad requerido para los elementos relevantes del puente.

3. CUESTIONARIO Y CASO PRÁCTICO - DESARROLLO Y REVISIÓN DE LAS RESPUESTAS

3.1. DESARROLLO DEL CUESTIONARIO Y PLANTILLA DE CASO PRÁCTICO

Se elaboró un cuestionario y un caso práctico para recopilar las prácticas y ejemplos de los países miembros de la AIPCR del CT D.3. El cuestionario y el caso práctico se dividieron en cuatro partes:

Parte 1: Disposiciones del proyecto básico

En esta parte del cuestionario se preguntaba acerca de las disposiciones del proyecto básico existentes en los países miembros que tenían por objeto mejorar el rendimiento del puente a lo largo de su ciclo de vida, de manera que se se reducen las exigencias de inspección y mantenimiento. Esta parte constaba de 6 preguntas.

Parte 2: Disposiciones del proyecto de ejecución

En esta parte del cuestionario se preguntaba acerca de los elementos o componentes de un puente, tales como apoyos, juntas de dilatación, drenaje, etc., que si se tienen en cuenta y se instalan correctamente, facilitan las inspecciones, el mantenimiento y/ o la sustitución de los elementos del puente. Esta parte constaba de 8 preguntas.

Parte 3: Disposiciones de acceso seguro

Esta parte del cuestionario tenía como objeto evaluar las disposiciones de acceso seguro que se instalan en los puentes para facilitar la realización de inspecciones, el mantenimiento y/o la sustitución de los elementos del puente en los países miembros. Esta parte constaba de 12 preguntas.

Parte 4: Caso práctico

El caso práctico tenía como objeto obtener de los países miembros ejemplos en los que se tuvieron en cuenta y se aplicaron con éxito disposiciones apropiadas de proyecto básico y de ejecución y acceso seguro (como las mencionadas en las partes 1, 2 y 3) para facilitar la realización de las inspecciones, el mantenimiento y/ o la sustitución de los elementos del puente.

Para cada pregunta, se proporcionaron ejemplos de respuestas que ayudaron a la comprensión de la pregunta, teniendo en cuenta las posibles diferencias de interpretación debidas a los diferentes países objeto de la encuesta. También se pidió a los encuestados que proporcionaran referencias para sus respuestas si estas estaban establecidas en códigos de diseño documentados, normas, manuales de procedimiento, directrices y/ o legislación del país. Debido a las limitaciones de tiempo, el cuestionario y el caso práctico se elaboraron únicamente en inglés. Sin embargo, en base a las respuestas recibidas, esto no fue un impedimento a la hora de responder.

Consulte el Apéndice A para ver el cuestionario y el caso práctico desarrollado.

3.2. RESUMEN DE LAS RESPUESTAS

En respuesta a las partes 1, 2 y 3 del cuestionario, se recibieron 17 respuestas de 15 países diferentes (dado que EE. UU. y Rumania han enviado 2 respuestas cada uno), mientras que se recibieron 10 respuestas de 10 países diferentes para el caso práctico (parte 4). En el cuadro 1 que figura a continuación se resumen las organizaciones que respondieron al cuestionario y al caso práctico.

Tabla 1: Resumen de las organizaciones que respondieron al cuestionario.

<u>País</u>	<u>Persona</u>	<u>Organización</u>	<u>Descripción de la organización</u>	<u>Cuestionario</u>	<u>Caso práctico</u>
Austria	Martin Kirchmair	ASFINAG	ASFINAG es responsable de la planificación, construcción, mantenimiento, explotación, financiación y peaje de autopistas y autovías en toda Austria con una red de carreteras en funcionamiento de 2178 km. ASFINAG es un constructor y operador de autopistas y autovías financiado por los usuarios y que opera de forma eficiente. Empleados del grupo: 2700 Instalaciones de explotación y mantenimiento de autopistas: 43 Centros de control: 9 Localizaciones: Viena, Graz, Innsbruck, Salzburgo, Ansfelden Financiación: Vehículos < 3,5 t:	Sí	No

<u>País</u>	<u>Persona</u>	<u>Organización</u>	<u>Descripción de la organización</u>	<u>Cuestionario</u>	<u>Caso práctico</u>
			etiqueta de peaje + peajes especiales, Camiones > 3,5 t: peaje en función del kilometraje		
Bélgica-Valonia	Pierre Gilles	Servicio Público de Valonia	Administración de carreteras	Sí	Sí
Canadá-Quebec	Bernard Pilon	Ministerio de Transportes de Quebec	Responsable de diferentes aspectos relacionados con el transporte en la provincia de Quebec en Canadá.	Sí	Sí
China	Bo Liu	CCCC Highway Consultants Co. Ltd.	Filial de empresas estatales de inversión única. Fundada en 1954, conocida como Highway Planning and Design Institute (HPDI) sujeta al Ministerio de Transporte. Las actividades principales son el diseño de carreteras, túneles y puentes, la planificación del tráfico, etc.	Sí	No
Alemania	Ralph Holst	Instituto Federal de Investigación de Carreteras (BAST)	Instituto de Investigación Técnica perteneciente al Ministerio Federal de Transportes e	Sí	No

<u>País</u>	<u>Persona</u>	<u>Organización</u>	<u>Descripción de la organización</u>	<u>Cuestionario</u>	<u>Caso práctico</u>
			Infraestructura Digital (BMVI).		
Hungría	Istvan Molnar	Hungarian Public Road Non-profit Pte. Ltd Co.	Esta empresa es responsable de la red nacional de carreteras (explotación, mantenimiento y rehabilitación).	Sí	Sí
Japón	Yoichi SATO	Asociación Japonesa de Puentes	Miembro del Comité Nacional de CT D3 en Japón.	Sí	Sí
Noruega	Borre Stensvold	Administración Noruega de Carreteras Públicas	Sede (Dirección de Vías Públicas) y cinco regiones responsables de las inspecciones, mantenimiento y reconstrucciones. En total, la organización cuenta con unos 7600 empleados. La organización es responsable de unos 10 500 km de carreteras nacionales y 44 000 km de carreteras comarcales, incluidos 17 573 puentes.	Sí	Sí
Portugal	Paulo Barros	Brisa	Operador de carreteras y empresa de infraestructuras de transporte.	Sí	Sí

<u>País</u>	<u>Persona</u>	<u>Organización</u>	<u>Descripción de la organización</u>	<u>Cuestionario</u>	<u>Caso práctico</u>
Rumanía-Timisoara	Adrian Bota	Universidad Politécnica de Timisoara	Facultad de Ingeniería Civil, Departamento de Puentes.	Sí	No
Rumanía-Bucarest	Corina Chiotan	Universidad Técnica de Ingeniería Civil de Bucarest	La Universidad Técnica de Ingeniería Civil de Bucarest es una universidad técnica ubicada en Rumania. En su interior se encuentra la Facultad de Ferrocarriles, Carreteras y Puentes, desde donde se forma a los alumnos en esta área.	Sí	No
Sudáfrica	Mohamed Parak	South African National Roads Agency Limited	SANRAL se estableció como una compañía independiente estatutaria registrada en virtud de la Ley de Compañías. El Gobierno de Sudáfrica, representado por el Ministro de Transporte, es el único accionista y propietario de SANRAL. El objetivo de SANRAL es financiar, mejorar, administrar y mantener la red	Sí	Sí

<u>País</u>	<u>Persona</u>	<u>Organización</u>	<u>Descripción de la organización</u>	<u>Cuestionario</u>	<u>Caso práctico</u>
			nacional de carreteras de Sudáfrica.		
Corea del Sur	Heungbae Gil y Hyunho Choi	Korea Expressway Corp.	Corporación Pública del Estado. Fundada en 1969 por la Ley (KEC Act). 6003 Empleados: 1172 Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Presupuesto anual: 9500 millones de USD (año fiscal 2016).	Sí	Sí
España	Gonzalo Arias Hofman	Ministerio de Fomento	El Ministerio de Fomento es responsable de la planificación, construcción, mantenimiento y explotación de la red nacional de carreteras en España, así como de la planificación y supervisión de las autopistas de peaje, gestionadas por contratistas privados. La extensión total de la red de carreteras en explotación, incluidas las carreteras gratuitas y de peaje, es de 24 185 km.	Sí	Sí

<u>País</u>	<u>Persona</u>	<u>Organización</u>	<u>Descripción de la organización</u>	<u>Cuestionario</u>	<u>Caso práctico</u>
Suiza	Manuel Alvarez	Oficina Federal de Carreteras (Fedro)	FEDRO es propietario y operador de la Red Federal de Carreteras de Suiza.	Sí	No
Estados Unidos FHWA	Joseph Hartmann	Administración Federal de Carreteras (FHWA)	FHWA es una agencia de seguridad y regulación a nivel nacional dentro del gobierno federal. FHWA proporciona financiamiento, supervisión, capacitación y asistencia técnica para el diseño, construcción, inspección, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura vial a los socios del gobierno estatal.	Sí	No
Estados Unidos Wisconsin	Scot BECKER	Departamento de Transporte de Wisconsin	El Departamento de Transporte de Wisconsin es una agencia gubernamental del estado de Wisconsin responsable de la planificación, construcción y mantenimiento de las autopistas del Estado.	Sí	Sí

Los cuadros 2 a 4 que figuran a continuación muestran la forma en la que se respondió a las preguntas de las Partes 1, 2 y 3 del cuestionario. En el Apéndice B figura un resumen completo de todas las respuestas. A pesar de las respuestas dadas, la revisión de las respuestas indica que estas pueden ser diferentes en algunos casos debido a una interpretación explícita de las preguntas.

Tabla 2: Resumen de cómo se contestó la Parte 1 del cuestionario con respecto a las disposiciones del proyecto básico.

<u>Indique si su país cuenta con disposiciones del proyecto básico o ejemplos de buenas prácticas para puentes destinados a facilitar la realización de las inspecciones, el mantenimiento y la sustitución de los elementos del puente con respecto a:</u>						
	<u>Configuraciones estructurales</u>	<u>Selección de materiales</u>	<u>Dimensiones / Distancias</u>	<u>Instrumentación</u>	<u>Otros</u>	<u>Referencias</u>
Austria	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí
Bélgica-Valonia	No	No	No	No	No	No
Canadá-Quebec	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí
China	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Alemania	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí
Hungría	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí
Japón	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí
Noruega	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí
Portugal	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Rumanía-Timisoara	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí
Rumanía-Bucarest	Sí	Sí	Sí	No	No	No
Sudáfrica	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí
Corea del Sur	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí

España	No	No	No	No	No	No
Suiza	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí
Estados Unidos-FHWA	No	No	No	No	No	No
Estados Unidos-Wisconsin	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí
<i>Sí</i>	14	14	14	4	5	13
<i>No</i>	3	3	3	13	12	4
<i>Total</i>	17	17	17	17	17	17

Tabla 3: Resumen de cómo se respondió a la Parte 2 del cuestionario en relación con las disposiciones del proyecto de ejecución.

Indique si en su país existen disposiciones del proyecto de ejecución o ejemplos de buenas prácticas para puentes destinados a facilitar la realización de inspecciones, el mantenimiento y la sustitución de los elementos del puente con respecto a:								
	<u>Apoysos</u>	<u>Juntas de dilatación</u>	<u>Bordillos, pretilas, barandillas</u>	<u>Revestimiento, impermeabilización</u>	<u>Drenaje</u>	<u>Espacios huecos/vacios</u>	<u>Pretensado</u>	<u>Otros</u>
Austria	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	No
Bélgica-Valonia	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	No
Canadá-Quebec	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No
China	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	No	Sí
Alemania	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Hungría	Sí	No	No	No	No	Sí	No	No
Japón	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	No

Tabla 4: Resumen de cómo se respondió a la Parte 3 del cuestionario en relación con las Disposiciones de Acceso Seguro.

Indique si su país dispone de disposiciones de acceso seguro o ejemplos de buenas prácticas para los puentes destinados a facilitar la realización de inspecciones, el mantenimiento y la sustitución de los elementos de los puentes.												
	Plataformas, escaleras, conexiones a las plataformas	Conexiones para plataformas	Plataformas de inspección instaladas en pilas, torres, etc.	Subir o bajar	Escaleras, escaleras	Protección contra caídas, barandillas	Tacos, puntos de conexión para inspección	Escotillas, estructuras, bocas	Iluminación	Ventilación	Estacionamiento	Otros
Austria	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Bélgica- Valonia	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Canadá- Quebec	Sí	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No
China	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Alemania	Sí	No	Sí	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí	No	Sí	No
Hungría	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Japón	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
noruego	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No
Portugal	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	No	No	Sí
Rumanía- Timisoara	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Rumanía- Bucarest	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Sudáfrica	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	Sí
Corea del Sur	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	No	Sí	No	Sí	No	No
España	Sí	No	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí	No	No

Indique si su país dispone de disposiciones de acceso seguro o ejemplos de buenas prácticas para los puentes destinados a facilitar la realización de inspecciones, el mantenimiento y la sustitución de los elementos de los puentes.												
	Plataformas, escaleras, escaleras	Conexiones para plataformas	Plataformas escaleras, escaleras	Subir o bajar	Escaleras, escaleras	Protección contra caídas, barandillas	Tacos, puntos de apoyo, etc.	Escotillas, estructuras, bases	Iluminación	Ventilación	Estacionamiento	Otros
Suiza	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Estados Unidos-FHWA	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Estados Unidos-Wisconsin	No	No	No	No	No	Sí	No	No	No	No	Sí	No
Sí	10	5	7	6	10	10	6	10	7	6	5	5
No	6	11	9	10	6	6	10	6	9	10	11	11
Total	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16

En las secciones 3.3 a 3.5 a continuación se analizan con más detalle las respuestas individuales al cuestionario de cada país.

3.3. PARTE 1: DISPOSICIONES DEL PROYECTO BÁSICO

La mayoría de los encuestados (62%) de la Parte 1 del cuestionario han confirmado que su país tiene en cuenta las futuras inspecciones, el mantenimiento y la sustitución de los elementos del puente durante la fase de proyecto básico. Muchas de las prácticas de diseño a este respecto se encuentran en códigos, normas y directrices de diseño; sin embargo, hay una pequeña minoría de países (24%) en los que dichas prácticas se basan en la experiencia individual y en las mejores prácticas comunes. A continuación, se presenta una breve revisión de la práctica de cada país con respecto al proyecto básico para mejorar las inspecciones, el mantenimiento y la sustitución de los elementos de los puentes. Léase el Apéndice C para obtener ejemplos de las prácticas a este respecto.

Austria dispone de un reglamento técnico para la planificación y el diseño de puentes que prevé la inspección y reparación de los mismos en la fase de diseño. Las configuraciones estructurales, la elección del material, las dimensiones y distancias y otros aspectos del proyecto básico se rigen por estas normas.

Bélgica-Valonia indicó que sí tienen en cuenta aspectos relativos a las inspecciones, el mantenimiento y la sustitución de los elementos del puente en la fase de proyecto básico. Sin

embargo, las respuestas fueron negativas, lo que indica que es posible que tales prácticas no estén todavía reguladas en códigos y normas, sino más bien en buenas prácticas de diseño.

Canadá-Quebec indicó que se prefieren las estructuras que minimizan el uso de juntas de dilatación y apoyos. Las estructuras de menos de 20 m de longitud se diseñan como integrales y las losas del tablero se hacen continuas en la medida de lo posible. La elección de los materiales depende de la exposición al medio ambiente y, cuando es necesario, se utiliza acero Corten, que se suele pintar. El refuerzo galvanizado se utiliza en la mayoría de las losas del tablero y las mezclas de hormigón tienen en cuenta la durabilidad. En cuanto a dimensiones y distancias, los huecos deben ser accesibles para su inspección y el diámetro mínimo utilizado es de 800 mm. También hay dimensiones mínimas de las losas de hormigón y espesores de banda de acero. Estos requisitos se basan en el Código de Diseño de Puentes de Carretera de Canadá.

China no dispone de documentación explícita que se ocupe específicamente de las inspecciones, el mantenimiento y la sustitución de los elementos de los puentes. Sin embargo, la guía se encuentra en las normas y códigos generales de diseño de puentes. Estas normas y códigos exigen que se reduzca al mínimo el uso de juntas de dilatación y apoyos, que se utilicen revestimientos de protección, acero Corten y hormigón de ultra alta resistencia (hormigón UHPC) para las condiciones de exposición ambiental de aplicación. Asimismo, dichas normas y códigos establecen que las dimensiones y las distancias en los apoyos permitan la futura inspección y sustitución de los mismos. China también tiene extensos requisitos de instrumentación para la monitorización de la salud estructural de puentes tecnológicamente complejos y de gran escala.

Alemania cuenta con directrices y aspectos frecuentes para el diseño de estructuras de ingeniería y utiliza acero Corten y revestimientos de protección cuando es necesario, así como hormigón UHPC para mejorar la durabilidad. También indicaron que el uso de apoyos elastoméricos es preferible a otros tipos de apoyos, ya que son más fáciles de sustituir. También proporcionan un espacio mínimo de 300 mm entre el hormigón de la superestructura y la parte superior de la subestructura para la colocación de gatos hidráulicos para la sustitución de apoyos.

Hungría tiene un código de diseño de puente común y códigos de diseño detallados, específicos para cada material. Para longitudes de puente inferiores a 20 m, diseñan estructuras integrales y prefieren superestructuras continuas a estructuras de soporte simple. También tienen especificaciones concretas apropiadas para la exposición ambiental y utilizan recubrimientos de protección para estructuras de acero. También se prefieren los apoyos elastoméricos, al igual que en Alemania. En el caso de los puentes de acero, Hungría especifica que la distancia entre la viga diafragma del extremo y el muro frontal del estribo debe ser de 500 mm como mínimo. También tienen espesores mínimos de losas del tablero (200mm) y placas de acero (8mm). En el caso de las grandes estructuras, se aplicará la instrumentación de puente.

Japón dispone de una norma técnica que establece las especificaciones para el diseño de puentes de carretera. Esta norma proporciona principios generales que se deben tener en cuenta a la hora de diseñar un puente, entre los que se encuentran "la idoneidad para el uso, la seguridad de las estructuras, la durabilidad, la garantía de la calidad de la construcción, la fiabilidad y la facilidad de mantenimiento, la compatibilidad con el medio ambiente y la rentabilidad". Los requisitos para la elección del material según estas normas establecen que el acero sea resistente a la corrosión atmosférica, que se utilicen especificaciones de mezclas y aditivos para mejorar la calidad del hormigón, que se especifiquen las resistencias mínimas del hormigón que se refieran a la relación

agua/ cemento, que a su vez se refieran a la durabilidad del hormigón, y que se especifique el acero de pretensado preinyectado para la protección y la unión de los tendones. En cuanto a las dimensiones y distancias, se detallan los espesores mínimos de los elementos de acero teniendo en cuenta el entorno corrosivo, se indican los espesores mínimos de las dimensiones de hormigón en los tableros de los puentes y los espesores mínimos de las placas de acero ortotrópico. La instrumentación de los puentes se instala en grandes estructuras. Sin embargo, se trata más bien de probar nuevas tecnologías que de mejorar las inspecciones y el mantenimiento.

En Noruega, las especificaciones de la administración establecen normas para el diseño de puentes y la inspección de los mismos. Se trata de los requisitos geométricos relativos a la accesibilidad de los puentes de vigas cajón aligeradas, la accesibilidad para la inspección y sustitución de apoyos y juntas de dilatación, así como la accesibilidad de pilas y pilonos. En cuanto a los materiales, el acero Corten se utiliza en determinadas condiciones de exposición ambiental y el hormigón UHPC y/ o el refuerzo de acero inoxidable se utiliza a lo largo del litoral donde el hormigón está expuesto a la penetración de cloruros. El hormigón autocompactante también se utiliza para colocar hormigón bajo el agua. Las especificaciones también prevén la comprobación de los diseños por parte de la Dirección en el caso de estructuras grandes y complejas y de estructuras construidas en el marco de contratos de diseño y construcción.

Portugal tiene directrices internas y favorece el diseño de estructuras integrales y continuas en la medida de lo posible para minimizar el uso de apoyos y juntas de dilatación. Todas las estructuras de acero deben tener revestimientos de protección y se especifican distancias mínimas en los estribos y pilas para la inspección y sustitución de los apoyos. La instrumentación de los puentes se instala en ciertas estructuras y se utiliza para monitorizar las acciones sísmicas, la socavación, la temperatura, la humedad, la fluencia y la contracción, así como la degradación del hormigón y los desplazamientos estructurales.

En Rumanía, existe un manual de procedimiento para la realización de las inspecciones de puentes. Se espera que el proyectista conozca los requisitos del manual y se asegure de que el puente se diseña en consecuencia. También existen normas que orientan el diseño de los puentes en cuanto a materiales y dimensiones y se favorecen las estructuras integrales y continuas.

En Sudáfrica, existen códigos de procedimiento y aspectos frecuentes que guían el diseño de los puentes. Muchos de los requisitos en el diseño también se basan en las normas de salud y seguridad, y el puente debe diseñarse en consecuencia. Esto último se refiere, por ejemplo, a las dimensiones mínimas de las aperturas y los huecos (que no deben ser inferiores a 800 mm) y a la pendiente máxima del terraplén, que debe ser segura para el personal de mantenimiento. En cuanto a las configuraciones estructurales, se prefieren los puentes integrales y las estructuras continuas, y los puentes de menos de 60 m de longitud deben diseñarse de la forma más integral posible. El hormigón es el material más utilizado para la construcción de puentes y en Sudáfrica existen especificaciones de durabilidad para el uso del hormigón en función de la exposición ambiental. Si se utiliza acero, este debe ser galvanizado o pintado, o ambos, en función de la exposición ambiental. La armadura galvanizada también está especificada para su uso en pretilas.

En Corea del Sur, los puentes integrales y semi-integrales se especifican para puentes de menos de 100 m de longitud. Los requisitos para las estructuras de acero y hormigón se basan en los requisitos de vida de diseño de la estructura (100 años para los puentes). Para una estructura de acero, se debe realizar un diseño de fatiga y aplicar especificaciones de durabilidad para estructuras de

hormigón. En algunos casos también se utiliza hormigón UHPC. En Corea del Sur, el espesor mínimo de la losa del tablero es de 220 mm y el espacio mínimo en estribo o pila debe ser de 200 mm para la inspección y sustitución de los apoyos. La instrumentación de puentes es necesaria para puentes de grandes vanos con luces superiores a 200 m.

España indicó que no dispone de códigos y normas regulados que se refieran específicamente al proyecto básico para las inspecciones, el mantenimiento y la sustitución de los elementos de los puentes. No obstante, se especificó que la elección del material utilizado viene determinada por los requisitos de vida útil de la estructura, que es de 100 años para los puentes de acuerdo con el Eurocódigo EN 1990.

Suiza ha enumerado varias normas nacionales aplicables al asunto que nos ocupa. Favorecen el uso de los puentes integrales siempre que sea posible. En su caso, se requieren cámaras de inspección en los estribos si se utilizan juntas de dilatación y apoyos. En cuanto a la elección del material utilizado, tienen especificaciones de durabilidad para el hormigón, y con frecuencia utilizan acero Corten para pasos superiores e inferiores y revestimientos de protección en otros casos. Ocasionalmente, cuando es necesario, se utiliza hormigón UHPC y armadura galvanizada (por ejemplo, en pretilos). Suiza también exige que todos los huecos sean accesibles para su inspección y que la instrumentación del puente sólo se especifique en casos excepcionales.

Para Estados Unidos, la Administración Federal de Carreteras (FHWA) puede promover las mejores prácticas en lo que respecta al diseño, sin embargo, la responsabilidad de las especificaciones de detalle con respecto a la materia que nos ocupa recae en cada uno de los estados. La respuesta del estado de Wisconsin indicó que se prefiere eliminar las juntas y los apoyos mediante estribos integrales. También especifican las losas de transición estructurales para evitar el asentamiento y fisuramiento frecuentes en los accesos de la calzada. Asimismo, se utilizan refuerzos de acero inoxidable o epoxi en tableros y pretilos de puentes y, en algunos casos, hormigón UHPC para tableros de puentes, especialmente cuando hay un mayor volumen de tráfico. Wisconsin también tiene en cuenta las limitaciones de su equipo de inspección, por ejemplo, la altura máxima de un pretil o valla se especifica de acuerdo con la capacidad de la unidad de inspección bajo el puente. También tienen unas dimensiones mínimas para las placas de acero. Las disposiciones anteriores se basan en el manual de diseño de puentes de Wisconsin y las especificaciones del puente de AASHTO LFRD.

La revisión de las respuestas muestra que la mayoría de los países tienen códigos de diseño, normas, regulaciones, especificaciones y/ o directrices que sirven de referencia para el proyecto básico de alguna manera. Estas se refieren, entre otros aspectos, a la tipología, la elección del material y las dimensiones o distancias de los elementos de un puente. No está claro si las disposiciones de estos documentos tienen por objeto mejorar directamente las inspecciones, el mantenimiento y la sustitución de los elementos de los puentes. Sin embargo, es evidente que estas disposiciones se basan en las mejores prácticas y que, sin embargo, tendrán el efecto deseado, ya sea directa o indirectamente. En el caso de los países que indicaron que no contaban con disposiciones del proyecto básico relativas a este tema, es posible que esta respuesta se haya debido a la falta de comprensión de la pregunta y de una deficiencia en la forma en que se planteó la misma. De los ejemplos de estos países se desprende que sí tienen en cuenta el futuro rendimiento de un puente en lo que respecta a las inspecciones, el mantenimiento y la sustitución de los elementos del puente en la fase de proyecto básico, y es posible que hayan aplicado una

interpretación explícita de la palabra «disposiciones», entendiendo estas como códigos y normas específicas para el asunto que los ocupa y, por lo tanto, respondieran de forma negativa.

Las respuestas indican que las disposiciones del proyecto básico más comunes para mejorar las inspecciones, el mantenimiento y la sustitución de los elementos de los puentes es diseñar estructuras que reduzcan al mínimo el uso de apoyos y juntas de dilatación. Se favorece así el diseño de estructuras integrales, semi-integrales y continuas. Otras disposiciones comunes son las especificaciones de durabilidad para el hormigón y la utilización de acero Corten o de revestimientos de protección del acero en función de las condiciones de exposición al medio ambiente. En términos de distancias dimensionales, la mayoría de los países permiten espacios en los estribos y las pilas y entre la subestructura y la superestructura para la inspección, el mantenimiento y la sustitución de los apoyos. La mayoría de los países también tienen espesores mínimos de los elementos de las losas y placas de acero y dimensiones mínimas para los espacios huecos (800 mm).

Algunas de las disposiciones menos comunes son los países que utilizan hormigón UHPC (que reduce la cantidad de armadura necesaria), acero inoxidable o galvanizado para armar y acero Corten sólo para los pasos superiores de las carreteras. Además, uno de los países tampoco permite el uso de encofrados huecos en las losas del tablero, ya que esto ha provocado problemas de mantenimiento a largo plazo. La instrumentación de puentes para la monitorización de la salud estructural también se utiliza con menos frecuencia y se aplica principalmente a estructuras más grandes para la investigación o la monitorización de terremotos y vientos.

En base a las respuestas de la encuesta, en la sección 4 del presente informe se exponen las prácticas recomendadas que deben tenerse en cuenta en el proyecto básico con respecto a las inspecciones, el mantenimiento y la sustitución de los elementos del puente.

3.4. PARTE 2: DISPOSICIONES DEL PROYECTO DE EJECUCIÓN

La mayoría (57%) de las autoridades viales respondieron que tenían disposiciones del proyecto de ejecución para mejorar las inspecciones, el mantenimiento y la sustitución de los elementos de los puentes. A continuación, se presenta una breve revisión de estas disposiciones para cada país. Véase Apéndice D para obtener ejemplos de las prácticas a este respecto.

En Austria, las disposiciones técnicas de diseño, tales como "Conceptos básicos de planificación - Provisión de la inspección y reparación de puentes", se utilizan como referencia para el proyecto de ejecución de la inspección y el mantenimiento. En estas disposiciones se especifican las dimensiones y/ o distancias mínimas para la inspección y sustitución de apoyos y juntas de dilatación en estribos y pilas. También se proporcionan detalles típicos para la superficie de desgaste y el drenaje.

En Bélgica, para facilitar el acceso a los apoyos y a las juntas de dilatación en los estribos, se especifica una galería/ cámara de inspección. El canto de una viga transversal en el estribo es inferior a la mitad del canto de la altura de la viga principal para acceder fácilmente a los apoyos. Los detalles de la cámara de juntas de dilatación también están diseñados para proteger los anclajes de postesado de las filtraciones de la junta. El espacio también es adecuado en ambos extremos de la viga para proporcionar la colocación de gatos hidráulicos para pruebas de fricción y sustitución de tendones. En cuanto a los sistemas de pretensado, Bélgica no utiliza tendones transversales en la losa del tablero.

En Canadá-Quebec, el Ministerio de Transporte tiene disposiciones del proyecto de ejecución para la inspección y el mantenimiento. En los apoyos, las cuñas y camas de nivelación se utilizan para tener apoyos reemplazables. Los diafragmas y los elementos finales del puente están diseñados para poder levantar el puente (únicamente peso permanente). Cuando se instalan juntas de dilatación en los estribos, las cámaras de inspección están diseñadas principalmente para evitar salpicaduras del murete de guarda debido a filtraciones en las juntas. Si no se ha construido una cámara, se utiliza un canalón debajo de la banda de goma. Para obtener una mayor resistencia a la abrasión y a la incrustación, se especifica un hormigón de 50 MPa para bordillos y barreras (frente a los 35 MPa de los tableros de los puentes). Como membrana impermeabilizante para tableros de puentes, se utilizan membranas termofusibles porque son más robustas para soportar las operaciones de pavimentación. Con respecto al drenaje, los tableros requieren un cierto número de drenajes en función de la pendiente y el ancho. Los desagües son huecos cuadrados estándar de 200 x 200 mm de acero galvanizado y tienen orificios de drenaje laterales en la elevación de la parte superior de la superficie de hormigón para drenar la acumulación de agua en la interfase hormigón/asfalto. El interior de las vigas cajón aligeradas de acero también está pintado de blanco, lo que mejora la luz y deja ver mejor las fisuras.

China proporcionó una serie de ejemplos de buenas prácticas para mejorar la inspección y el mantenimiento. En la parte superior de la pila se ha diseñado un lugar reservado para la sustitución de los apoyos. Otros buenos ejemplos son el mastic asfáltico como impermeabilizante superficial que prolonga la vida útil de la impermeabilización de 12 a 20 años, las juntas de dilatación que se instalan en unidades modulares de 1 m, de modo que el mantenimiento y la sustitución no requieren el cierre de toda la calzada y las tuberías de drenaje ocultas dentro de la pila.

En Alemania, la norma alemana DIN 1076 (Ensayos e inspecciones de estructuras de carreteras), la directriz RI-EBW-PRÜF, RIZ-ING (dibujos de detalles para el diseño); RE-ING y RAB-ING" (Directrices para el diseño de estructuras de ingeniería), y ZTV-ING (condiciones técnicas adicionales de los contratos) se utilizan para los diseños detallados de la inspección de puentes.

Hungría no tiene disposiciones específicas de diseño para mejorar la inspección de los miembros de los puentes, pero sigue el Código de diseño de puentes de carretera de Hungría para el diseño de los puentes.

En Japón, las especificaciones para puentes de carretera requieren que los elementos del puente sean diseñados teniendo en cuenta la facilidad de construcción, mantenimiento y reparación. Las especificaciones exigen la instalación de membranas impermeabilizantes para el pavimento asfáltico para evitar que el agua penetre en la losa del tablero, un sistema de drenaje rápido en el tablero del puente y juntas de dilatación con durabilidad y estanqueidad. Las disposiciones detalladas de diseño para los miembros también se proporcionan a través de una serie de manuales y normas. El Manual para apoyos de puentes de carretera especifica una serie de requisitos para los apoyos de los puentes. El espacio debajo de la viga en la parte delantera del apoyo es preferible que sea de al menos 400 mm, teniendo en cuenta la funcionalidad de la instalación y el mantenimiento. Para el mantenimiento, también se debe proporcionar un refuerzo en forma de rigidizador de alma y ala cerca del apoyo. En las juntas de dilatación, el diseño de la galería/ cámara del estribo es tal que la filtración de una junta no entra en contacto con los anclajes de postesado y el espacio es suficiente para la inspección, mantenimiento y sustitución de los cables. Para los diseños de barandillas se utilizan las Normas para la instalación de barandillas. Las normas

especifican que se deben utilizar materiales con suficiente resistencia, durabilidad y mantenimiento. También requiere que se aplique un tratamiento antioxidante y anticorrosivo a las barandillas metálicas. Para los sistemas de pretensado se utilizan las Recomendaciones para la norma de diseño para el método de la estructura externa del cable y el método de dovelas prefabricadas. Se considera que los anclajes y desviadores para cables externos deben diseñarse teniendo en cuenta la sustitución de cables. El diseño de los pernos de anclaje de los pretiles de acero con placas base debe asegurar la fácil sustitución del poste y de los rieles si los pernos de anclaje no se dañan en caso de impacto.

En Noruega, el Manual de inspección de puentes V441 de la NPRA (Administración Noruega de Carreteras Públicas) se utiliza para inspeccionar los miembros de los puentes y evaluar los niveles de daños. Si se requiere la sustitución de los elementos dañados, se utiliza el Manual de diseño N400 de la NPRA para las disposiciones del proyecto de ejecución y las Directrices de trabajo R762 para los trabajos de sustitución.

La mayor concesionaria de gestión de autopistas de Portugal, Brisa—Auto-estradas de Portugal, S.A., suele seguir sus propias directrices de proyecto. La directriz especifica un sistema de drenaje para las juntas de dilatación, el espacio para los gatos hidráulicos teniendo en cuenta la sustitución de los apoyos, el drenaje de la superficie del tablero, los requisitos de accesibilidad para las vigas cajón aligeradas y los requisitos para los conductos adicionales para los sistemas de postesado externos. La directriz también contiene disposiciones sobre amortiguadores sísmicos y sistemas de monitorización. Un buen ejemplo de Portugal fue el suministro de alumbrado público en la reserva central, que permite el uso del vehículo de inspección bajo el puente en los bordes exteriores.

En Rumanía no existen códigos específicos ni especificaciones con disposiciones detalladas de diseño para la inspección y el mantenimiento.

En Sudáfrica, el Código para la Planificación y Diseño de Estructuras de Carreteras en Sudáfrica (C.O.P.) estipula requisitos de diseño detallados para mejorar la inspección y el mantenimiento de los miembros de los puentes. Cuando se utilizan apoyos mecánicos, se requieren cuñas y camas de nivelación superiores e inferiores para facilitar el desmontaje y la sustitución de los apoyos. Los materiales para los apoyos deben seleccionarse cuidadosamente para protegerlos de la corrosión ambiental y evitar el uso de elementos que permitan retener la suciedad y la humedad. Las juntas de dilatación deben terminar en el bordillo o en el pretil con los extremos hacia arriba. Como pretiles, sólo se utilizarán pretiles o barandillas de acero cuando la pérdida por robo sea muy improbable. Las aceras están diseñadas para tener suficiente provisión para servicios futuros. Las aceras llenas de arena cubiertas con losas de pavimentación no están permitidas debido a problemas de mantenimiento asociados a robos, el vandalismo y la falta de cuidado por parte de los instaladores de servicios. Se prefieren las aceras llenas de hormigón con ranuras de inspección espaciadas en intervalos de 30m. Se debe prestar especial atención a los detalles de las juntas de dilatación de las aceras. En lo que respecta al drenaje del tablero del puente, se prefieren las tuberías de descarga directa (bajantes/ imbornales) de los tablos con un tamaño mínimo de 75 mm. Para el drenaje en la parte posterior de los estribos y muros de contención, se instalan mechinales con un diámetro mínimo de 50 mm. Los umbrales de los apoyos y las galerías de los estribos están diseñados para facilitar el drenaje y la limpieza de los escombros en caso de filtraciones en las juntas. Uno de los detalles de diseño únicos se refiere al terraplén bajo los puentes. Estos terraplenes no deben tener un rellano horizontal directamente debajo del intradós

en la parte superior de la orilla para evitar que personas sin hogar duerman bajo el puente y se enciendan fuegos en esta zona.

En Corea del Sur, se dispone de una serie de disposiciones y directrices de diseño para el proyecto de ejecución de los elementos del puente. Para mejorar la inspección y el mantenimiento de los apoyos, se proporcionan unas dimensiones libres mínimas de 200 mm para colocar los gatos hidráulicos entre la viga y el estribo y se instalan los rigidizadores para las vigas de acero. Como superficie de rodadura de hormigón, un sistema de recubrimiento de hormigón modificado con látex (LMC) se utiliza principalmente para puentes de autopistas en Corea, ya que tiene un tiempo de curado más corto. Para minimizar los efectos perjudiciales de la aspersion de agua en las pilas del puente, las tuberías de desagüe cercanas a las mismas llegan hasta el suelo. Para facilitar la inspección del interior de las vigas cajón aligeradas, el tamaño mínimo de los pozos de acceso y de la ventilación se especifica en las directrices de diseño.

En España, no existen códigos específicos ni especificaciones con disposiciones del proyecto de ejecución para la inspección y el mantenimiento. Sin embargo, existen numerosos ejemplos de accesos a vigas cajón aligeradas o a los huecos entre el tablero y la losa.

En Suiza, las disposiciones de diseño de la norma de la Oficina Federal de Carreteras (FEDRO): ASTRA 12004 "Détails de construction de ponts (2011)" se utilizan principalmente para los proyectos de ejecución de los elementos del puente. En los estribos con juntas de dilatación y/o apoyos se instala una cámara de inspección. Las dimensiones mínimas de la cámara de inspección son de 1 m de ancho y 2 m de alto. Se requiere el drenaje de las juntas de dilatación y el drenaje separado de la cámara de inspección. Los requisitos para la dimensión libre mínima entre el tablero y el estribo son de 200 mm. Suiza exige que se presente un plan de apoyos que tenga en cuenta el diseño, la instalación, el mantenimiento y la sustitución de los apoyos durante su vida útil. Las barandillas deben instalarse en placas de suelo «levitantes», que se anclan en el hormigón subyacente. El uso de recubrimientos hidrofóbicos para bordillos y pretilas no está prescrito, pero es cada vez más frecuente, especialmente en la rehabilitación de puentes existentes. Los huecos dentro de los elementos generalmente necesitan ventilarse y drenarse, y ser accesibles a través de bocas de inspección con un diámetro mínimo de 800 mm. Las tuberías de desagüe deben ser de polietileno o de acero inoxidable y deben ser externas y no fundidas en el hormigón. También se considera una buena práctica prohibir el empleo de huecos no accesibles así como de huecos accesibles de pequeñas dimensiones inferiores a 800 mm.

Para los EE.UU., la Administración Federal de Carreteras (FHWA) puede promover las mejores prácticas en lo que respecta al diseño, sin embargo, la responsabilidad de las especificaciones de detalle con respecto a la materia que nos ocupa recae en cada uno de los estados. El Departamento de Transporte de Wisconsin (WISDOT) utiliza "WISDOT Bridge Design Manual and Standard" y "AASHTO LRFD Bridge Design Specifications" para proyectos de ejecución. Se proporciona un mínimo de 4 pulgadas (101,6 mm) desde el borde de la cara del estribo/pila hasta la placa de fábrica o neopreno. En su caso, se utilizan apoyos de neopreno zunchado en lugar de apoyos de acero. WISDOT intenta reducir el número de juntas de dilatación en los puentes. Cuando el movimiento térmico es superior a 4 pulgadas (101,6 mm), se recomiendan sistemas de juntas de dilatación modulares. Las capas de polímero se colocan en el tablero para sellarlo y proporcionar así una mejor conducción resistencia al deslizamiento. Para evitar salpicaduras de las superestructuras, las

bajantes se extienden un mínimo de 152,4 mm (6 pulgadas) por debajo de la parte inferior de una viga de acero pretensado adyacente y un mínimo de 304,8 mm (1 pie) para las vigas de acero.

La revisión de las respuestas muestra que la mayoría de las agencias de carreteras tienen disposiciones específicas del proyecto de ejecución para facilitar las inspecciones, el mantenimiento y la sustitución de los elementos del puente en formatos documentados. La revisión también muestra que existen disposiciones de diseño comunes y particulares.

La mayoría de las agencias de carreteras tienen un espacio mínimo entre la parte inferior de las vigas y la parte superior de los pilares/estribos para reemplazar e inspeccionar los rodamientos. Algunas de las agencias, especialmente las europeas, disponen de una galería de inspección o cámara que también está diseñada en el pilar para facilitar la inspección y el mantenimiento del rodamiento.

También se ha comprobado que las agencias de carreteras tienen disposiciones de diseño únicas para tratar cuestiones específicas de inspección y mantenimiento. Para mejorar la durabilidad del tablero, China emplea mastic asfáltico como impermeabilización de la superficie. Corea utiliza un sistema de recubrimiento de hormigón modificado con látex (LMC) por la misma razón. Para mejorar la resistencia a la abrasión y a la incrustación en bordillos y barreras, Canadá-Quebec utiliza un hormigón de 50 MPa. En Sudáfrica, los pretilos y barandillas de acero sólo se utilizan cuando la pérdida por robo es muy improbable. Además, se prefieren aceras llenas de hormigón con ranuras de inspección espaciadas en intervalos de 30m. En Suiza, el uso de recubrimientos hidrofóbicos para bordillos y pretilos es cada vez más frecuente, especialmente en la rehabilitación de los puentes existentes.

En base a las respuestas a la encuesta, en la sección 4 del presente informe se exponen las prácticas recomendadas para examinar en detalle el diseño de las inspecciones, el mantenimiento y la sustitución de los elementos del puente.

3.5. PARTE 3: DISPOSICIONES DE ACCESO SEGURO

Las respuestas a la Parte 3 del cuestionario: Disposiciones de acceso seguro para mejorar las inspecciones, el mantenimiento y la sustitución de los elementos de los puentes variaron de forma considerable. Además, esta parte del cuestionario recibió una respuesta deficiente. En muchas de las respuestas, el espacio asignado para la respuesta se dejó en blanco sin que el encuestado indicara ni un "sí" ni un "no". En estos casos, la respuesta inferida fue "no" y aunque el resultado muestra que la mayoría de los países (55%) no cuentan con disposiciones de acceso seguro, se asume que los países tienen más prácticas y regulaciones que las que se mencionan a continuación. La base de este supuesto es la creciente necesidad de hacer que la construcción sea segura desde el punto de vista de la salud y la seguridad, lo que hace necesario establecer estas disposiciones.

En base a las respuestas, también se intentó determinar si las disposiciones y prácticas se basaban en los reglamentos/ normas existentes, las mejores prácticas y/ o los criterios técnicos. El cuadro 5 que figura a continuación es un intento de determinar la base de las respuestas a esta parte del cuestionario, que también resultó difícil.

Tabla 5: Determinación de la base de las respuestas a la Parte 3 del cuestionario.

<u>Determinar si el diseño y prácticas de detalle y se basaron en reglamentos/normas, mejores prácticas, criterio técnico o ninguna de las anteriores.</u>		<u>Número de disposiciones de acceso seguro fundadas en:</u>		
		<u>Reglamentos / Normas</u>	<u>Mejores Prácticas / Juicio de Ingeniería</u>	<u>Ninguno</u>
a)	Plataformas, rellanos, pasarelas, etc.	3	7	6
b)	Conexiones para plataformas de inspección	3	7	6
c)	Plataformas móviles instaladas de forma permanente	3	7	6
d)	Instalaciones en terraplenes o elementos inclinados del puente (como arcos) para ayudar a subir o bajar.	3	7	6
e)	Escaleras, polipastos, ascensores, pates, etc.	3	7	6
f)	Sistemas anticaídas, barandillas, etc.	3	7	6
g)	Tirantes para trabajos verticales en cuerda, conexiones de arneses	3	7	6
h)	Escotillas, aperturas, portillas, bocas de inspección, etc.	3	7	6
i)	Iluminación en espacios cerrados	3	7	6
j)	Ventilación en espacios cerrados	3	7	6
k)	Aparcamiento para el inspector de puentes	2	7	7
l)	Otras disposiciones de acceso seguro	2	7	7

A pesar de lo anterior, en las respuestas se proporcionan algunos buenos ejemplos que deberían tenerse en cuenta para la revisión de las normas de cada país con el fin de lograr las mejores prácticas. A continuación, se hace un breve repaso de algunas de las prácticas con respecto a esto y se remite asimismo al Apéndice E para obtener ejemplos de dichas prácticas.

Austria tiene una disposición sobre las inspecciones y reparaciones de puentes. Aunque no se proporcionaron detalles, se entiende que los requisitos para la provisión de instalaciones de acceso seguro están recogidos en este documento.

Bélgica-Valonia ha instalado anteriormente plataformas móviles permanentes en sus puentes largos (de 300 m a 500 m). Sin embargo, el mantenimiento de esta plataforma resultó ser

demasiado costoso y ahora se prefiere utilizar plataformas móviles temporales para acceder al intradós de la superestructura.

Canadá-Quebec cuenta con plataformas y pasarelas debajo de ciertos puentes de gran envergadura, de gran altura o longitud, y con barras de sujeción para sujetar los arneses. También proporcionan escaleras y escalones dentro de pilas huecas de gran altura. Todas las escotillas y aperturas deben estar equipadas con cerraduras para evitar el vandalismo y no permitir la entrada de aves y murciélagos dentro del puente.

China proporcionó una lista bastante extensa de instalaciones de acceso seguro instaladas en algunos de sus puentes. Aunque los ejemplos dados se refieren a los puentes colgantes y a los puentes atirantados de gran luz, la mayoría de las disposiciones enumeradas serían igualmente aplicables a los puentes convencionales de hormigón o de acero. Una práctica única en China es la provisión de una escalera en el terraplén del estribo para ayudar al inspector a subir o bajar las pendientes.

En Alemania, las disposiciones de acceso seguro se proporcionan cuando es necesario. Suelen estar dirigidas a puentes grandes y altos y son típicamente plataformas, escaleras y escaleras con barandillas. Los puntos de elevación se encuentran en la parte superior de las torres altas para la elevación de los equipos. Una práctica única es la provisión de una pasarela fuera de la barrera principal de tráfico para la inspección y de personal de servicio en grandes puentes con un volumen de tráfico elevado.

Japón especificó que en la fase de diseño estructural estaban obligados a considerar lo siguiente (es posible que otros países tengan obligaciones similares).

"El diseño estructural debe llevarse a cabo teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Si el daño a un miembro puede resultar en colapso u otra situación fatal para el puente, se deben instalar medidas de reparación para evitar dicha situación.
- Se debe instalar el equipo de mantenimiento necesario para realizar inspecciones en servicio, trabajos de mantenimiento, etc.
- El mantenimiento de los elementos que probablemente serán reemplazados durante el periodo de servicio del puente debe planearse de manera minuciosa y con antelación para que dichos elementos puedan ser reemplazados de forma sencilla y fiable".

Aunque no se proporcionaron detalles, este documento [33] contiene los principales requisitos para la provisión de instalaciones de acceso seguro.

Noruega proporciona disposiciones de acceso seguro cuando es necesario. Estas suelen estar dirigidas a puentes de celosía grandes, puentes viga-cajón en voladizo libre, puentes colgantes y atirantados. No se proporciona ninguna instalación en los terraplenes para ayudar al inspector a subir y bajar o estacionar. La ventilación también se realiza únicamente en el interior de las vigas-cajón de acero.

Portugal tiene directrices que comprenden las disposiciones de acceso seguro en forma de "directrices de proyecto propias de Brisa". Aunque no se proporcionaron detalles, se entiende que estos están recogidos en estas directrices.

Sudáfrica proporciona disposiciones de acceso seguro cuando es necesario. Estas suelen estar dirigidas a puentes de gran envergadura y altos donde el acceso convencional desde el suelo no es

posible. Una práctica singular de Sudáfrica es el suministro de personal de seguridad para acompañar al inspector del puente. Aunque no se trata de una disposición estándar, a veces se utiliza en áreas donde existe riesgo de peligro físico para el inspector.

España tiene disposiciones específicas para cada uno de los puentes en función de la necesidad. Si es necesario, estas disposiciones se elaboran caso por caso.

Estados Unidos-Wisconsin tampoco tiene disposiciones específicas y estas se proporcionan cuando es necesario. La iluminación y la ventilación se instalan en algunas de sus vigas cajón de acero. Las argollas de anclaje también se instalan en la cara frontal de los estribos sobre muros de tierra reforzada como puntos de conexión del arnés para el inspector.

Algunos países especificaron que algunas de las preguntas de esta parte del cuestionario se consideran en la fase de diseño (por ejemplo, bocas de inspección, iluminación, portillas/ esclusas, cerraduras, etc.) y, por lo tanto, no se incluyen aquí.

En el cuadro 6 que figura a continuación se resumen algunas de las respuestas más comunes, es decir, más de dos países presentaron la misma práctica.

Tabla 6: Respuestas comunes a las disposiciones de acceso seguro.

Prácticas de:	
Pasarela por debajo del tablero del puente	Alemania, China y Canadá hicieron referencia a una pasarela debajo del tablero para el personal de inspección y algunas actividades de mantenimiento. Se aplica sólo para puentes atirantados y calzadas fiables sobre puentes colgantes.
Apoyos	Portugal y EE. UU. hicieron referencia a un camino para la inspección del altar de apoyo, incluidos los apoyos a lo largo de los estribos, y Sudáfrica y Corea citaron lo propio para las pilas. Sudáfrica nombró una cámara de acceso en la parte superior de las pilas para la comprobación y reparación de los apoyos.
Escaleras y ascensor	Canadá, China, Noruega, Corea y España mencionaron escaleras o un ascensor en pilonos/ torres para el equipo de inspección.
Plataformas móviles	Alemania, Bélgica, Canadá, China, Noruega y España nombraron plataformas móviles debajo del puente. Sin embargo, Bélgica indicó que se han dejado de utilizar plataformas móviles instaladas de forma permanente porque ya no son rentables. Noruega ha reducido el número de plataformas móviles por las mismas razones.
Sistemas anticaídas	Portugal, China, Noruega, Corea, Canadá y España citaron la disposición general sobre sistemas anticaídas y barandillas, especialmente en escaleras. Sólo se instala en puentes grandes.
Barra de agarre y argolla de anclaje	Canadá indicó que se instalan barras de agarre a lo largo de las bandas de las vigas (para fijar los arneses) y Sudáfrica, China y Noruega explicaron que usan argollas de anclaje para el mismo propósito.
Bocas de inspección	Alemania, China, Noruega y Japón mencionaron bocas de inspección en vigas cajón en otros lugares. Existen disposiciones generales para las escotillas a las que el público no tendrá acceso.
Iluminación	Alemania, Bélgica, Portugal, China, Noruega, Corea y España mencionaron que hay iluminación en las vigas cajón aligeradas o en los espacios cerrados.

La Tabla 7 es un resumen de algunas de las respuestas más singulares, es decir, sólo uno o dos países presentaron estas prácticas.

Tabla 7: Respuestas únicas para provisiones de acceso seguro.

<u>Prácticas de:</u>	
Pasarela sobre los cables	China y Noruega indicaron que se utilizan con frecuencia pasarelas en los cables de los puentes colgantes.
Pasarela al lado de la vía de circulación	Alemania y China indicaron una pasarela fuera de la barrera principal de tráfico, el pretil, como camino de rescate y para el personal de inspección. Esto se aplica sólo para puentes de grandes dimensiones, de gran volumen de tráfico y de alta velocidad, es decir, para puentes de autopistas con varios carriles.
Cerraduras en escotillas y aperturas	Canadá indicó que las escotillas y aperturas deben estar equipadas con cerraduras para evitar el vandalismo y la entrada de aves.
Plazas de aparcamiento	Alemania y China indicaron que hay espacio de estacionamiento para los inspectores de puentes y espacio para los dispositivos de inspección.
Pasos en el terraplén	China y Corea indicaron que tienen pasos en los terraplenes para ayudar a los inspectores.

En base a las respuestas de esta parte del estudio, en la sección 4 del presente informe se exponen las prácticas recomendadas que deben tenerse en cuenta para proporcionar un acceso seguro en relación con las inspecciones, el mantenimiento y la sustitución de los elementos de los puentes.

4. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIÓN

4.1. PRÁCTICAS RECOMENDADAS

Esta sección presenta un conjunto consolidado de directrices de mejores prácticas con respecto al diseño de puentes para mejorar la inspección y el mantenimiento. Las recomendaciones que aquí se presentan son de carácter general y pueden no ser aplicables en todos y cada uno de los casos. Los proyectistas deben utilizar su criterio técnico antes de adoptar cualquiera de las prácticas que se recomiendan a continuación.

Las prácticas recomendadas se resumen en los cuadros 8, 9 y 10 en términos de prácticas de proyecto básico, proyecto de ejecución y acceso seguro respectivamente.

Tabla 8: Prácticas recomendadas para el proyecto básico con el fin de mejorar la inspección y el mantenimiento.

Configuraciones estructurales	<ul style="list-style-type: none"> Se recomienda el uso de losas de tableros integrales, semi-integrales o continuas para minimizar el uso de apoyos y juntas de dilatación. Algunos países especifican estructuras totalmente integrales para longitudes de puente inferiores a 20 m, algunas de hasta 60 m y otras de hasta 100 m. Las limitaciones dependen de condiciones específicas. Se advierte el uso de encofrados para huecos permanentes inaccesibles en las losas del tablero. Esto ha dado lugar a problemas durante la construcción y el mantenimiento a largo plazo. Se recomienda el uso de losas de transición estructurales para evitar el asentamiento de los rellenos bajo la losa de transición.
Elección del material	<ul style="list-style-type: none"> Se utilizarán especificaciones de durabilidad para el hormigón en función de las condiciones ambientales de exposición. Se debe usar acero Corten en función de las condiciones de exposición ambiental, y se debe pintar en las juntas de dilatación. En algunos casos, cuando las condiciones de exposición no lo exigen, también se puede utilizar acero Corten si se restringe el acceso en el futuro (por ejemplo, en autopistas con mucho tráfico). Se utilizarán revestimientos de protección para los elementos de acero expuestos cuando sea necesario. El uso de hormigón UHPC con refuerzo de acero reducido es ventajoso para ciertas condiciones. Se recomienda el uso de armaduras galvanizadas o de acero inoxidable en los tableros de los puentes donde se utilizan sales de deshielo. El uso de armadura galvanizada o de acero inoxidable en los pretiles de hormigón puede ser adecuado para condiciones de exposición al medio ambiente.
Dimensiones o distancias mínimas	<ul style="list-style-type: none"> Generalmente, se debe permitir un mínimo de 150 mm entre el altar de apoyo y la parte inferior del tablero del puente para las inspecciones, el mantenimiento y la sustitución de los apoyos. Esto es típico de los apoyos de neopreno. Para otros tipos de apoyos, algunos países utilizan de 300 mm a 400 mm. El tamaño mínimo recomendable de los huecos internos/ espacios huecos es de 800 mm de diámetro u 800 mm de altura.

	<ul style="list-style-type: none"> • La dimensión mínima de una galería/ cámara de acceso en un estribo o junta de expansión debe ser de al menos 500 mm de ancho cuando se requiera el acceso a anclajes de postesado para pruebas de fricción o sustitución de tendones. Esto puede reducirse a 200 mm cuando no se espera una sustitución del tendón. • El espesor mínimo de las losas de hormigón del tablero, generalmente, no debe ser inferior a 200 mm. • El espesor mínimo de las placas de acero debe determinarse de acuerdo con las condiciones de exposición ambiental entre otros factores. • Las dimensiones mínimas de los bocas de inspección, aperturas y vacíos deben tener en cuenta las normas de salud y seguridad. • La altura máxima de las barandillas y pretilas de los puentes debe tener en cuenta las limitaciones de los vehículos de inspección bajo el puente. La altura mínima debe estar determinada por el nivel de contención requerido. Las barreras contra el viento o el ruido están excluidas de estas recomendaciones y se deben tener en cuenta accesos alternativos.
Instrumentación de puentes	<ul style="list-style-type: none"> • Se observó un uso limitado de la instrumentación para complementar la información de inspección; sin embargo, las posibilidades de una aplicación más amplia son cada vez mayores. • La instrumentación se utiliza más ampliamente en estructuras más grandes para monitorizar los efectos de terremotos o vientos y para fines de investigación.
Otros	<ul style="list-style-type: none"> • Los servicios fijados a los puentes no deben obstaculizar la realización de las inspecciones y el mantenimiento.

Tabla 9: Prácticas recomendadas de proyecto de ejecución para mejorar la inspección y el mantenimiento.

Apoyos	<ul style="list-style-type: none"> • Cuando se utilicen apoyos de acero, se instalarán cuñas y camas de nivelación superiores e inferiores para facilitar la sustitución. • Se deben hacer ajustes en el altar de apoyo para la colocación de los gatos hidráulicos. • La viga transversal/ diafragma debe ser menor que la altura de la viga longitudinal para permitir el acceso a los apoyos. Estas vigas deben diseñarse de manera que permitan la elevación del puente. • En las vigas principales de acero y en las vigas transversales se instalarán rigidizadores y refuerzos para permitir la elevación del puente. • Se presentará un plan de apoyos y un informe con cada diseño. El plan cubrirá el diseño, la instalación, el mantenimiento y la sustitución de los apoyos durante su vida útil.
Juntas de dilatación	<ul style="list-style-type: none"> • Las galerías/ cámaras de acceso se recomiendan para inspecciones y mantenimiento de juntas, especialmente para puentes grandes donde se utilizan juntas de elementos múltiples. • Las galerías/ cámaras de acceso deben permitir el drenaje de las filtraciones en las juntas y el diseño de la cámara debe proteger los anclajes de pretensado de las filtraciones en las juntas y de las salpicaduras en el muro posterior (muro frontal del estribo). • La colocación de juntas de dilatación se reducirá al mínimo en la medida de lo posible.

	<ul style="list-style-type: none"> Las juntas de dilatación se instalarán en longitudes de unidades modulares para que la sustitución de la junta no requiera el cierre de toda la calzada. Los extremos de las juntas deben terminar con los extremos hacia arriba en bordillos o pretiles. Se instalará un canalón de drenaje debajo de la junta.
Bordillos, pretiles y barandillas	<ul style="list-style-type: none"> El diseño de los pernos de anclaje de los pretiles y barandillas de acero garantizará que el tablero no se dañe en caso de impacto. Se recomienda utilizar pernos de sacrificio (siempre que no se comprometa el nivel de contención) y placas de base elevadas (que no estén en contacto con el tablero). Se debe usar hormigón de alta resistencia (>50MPa) para los bordillos y pretiles de hormigón para resistir la abrasión y despegue debido a impactos. Se utilizarán pretiles de hormigón cuando exista riesgo de vandalismo y robo. No se deben usar adoquines en las aceras y pasarelas de los puentes en áreas con alto riesgo de vandalismo. Estos deben estar recubiertos con hormigón/ asfalto para prevenir vandalismo y robo. Se pueden utilizar revestimientos hidrofóbicos en los bordillos de hormigón para protegerlos contra la corrosión de las sales de deshielo.
Revestimiento e impermeabilización	<ul style="list-style-type: none"> Se pueden utilizar membranas impermeabilizantes apropiadas o recubrimientos de polímeros para evitar que el agua penetre en el tablero en el que se utilizan las sales de deshielo. La elección de la impermeabilización no debe perjudicar la adherencia con la capa de rodadura ni afectar negativamente a la calidad de la conducción. Se recomienda el mastic asfático o el hormigón modificado con látex para el revestimiento de puentes. Esto ha aumentado la vida útil y reducido el tiempo de curado, respectivamente. Se usarán adoquines de hormigón para disponer la superficie de la plataforma, lo cual proporciona una mejor capa de rodadura y reduce hundimientos que puedan propiciar el estancamiento de agua.
Drenaje	<ul style="list-style-type: none"> Los imbornales del tablero deberán tener un diámetro mínimo de 75 mm. Los imbornales del tablero deben sobresalir más de 150 mm por encima de la losa del tablero o de la viga, lo que sea más bajo. El drenaje del tablero deberá tener en cuenta el agua que fluye en la interfaz entre el revestimiento de la capa de rodadura y la parte superior de la misma. Los imbornales del tablero tendrán un vertido directo siempre que sea posible y se deben tener en cuenta las restricciones medioambientales cuando proceda. Asimismo, se deben evitar los sistemas de tuberías y todos los conductos de drenaje deben ser externos (no internos). Para minimizar los efectos perjudiciales de la aspersion de agua en las pilas del puente desde los imbornales, las tuberías de desagüe cercanas a la pila se extenderán hasta el suelo. Deben utilizarse goterones.

Vigas cajón aligeradas, huecos de la losa del tablero, pilas/estribos huecos	<ul style="list-style-type: none"> • Los huecos en tableros de puentes, vigas cajón y pilas aligeradas deben ser accesibles para la inspección. El tamaño mínimo recomendado es de 800 mm de diámetro u 800 mm de altura. • Todos los huecos deben drenarse. Se debe prestar especial atención al drenaje de los huecos en las vigas cajón mixtas. • El interior de las vigas aligeradas de acero debe estar ventilado e iluminado. Las áreas internas pueden pintarse de blanco, lo que refleja mejor la luz y mejora la identificación de las fisuras.
Sistemas de pretensado	<ul style="list-style-type: none"> • No debe haber anclajes en la parte superior de las losas del tablero. • Se permiten conductos adicionales para el postesado exterior. • Para postesado interno no inyectado, se debe considerar la sustitución gradual de los cables.
Otros	<ul style="list-style-type: none"> • Debe utilizarse encachado en los terraplenes situados delante de los estribos y no se permitirá un rellano horizontal delante del estribo para evitar que se produzcan incendios debajo de los puentes y actos vandálicos. • Se recomienda instalar alumbrado público en la mediana para facilitar el uso de vehículos de inspección bajo el puente en los bordes exteriores.

El suministro de equipos de acceso seguro se basa en consideraciones prácticas y prácticas de trabajo seguras. Como tal, muchas de las disposiciones son una práctica común y directa y no se vuelven a mencionar aquí. Por lo tanto, las recomendaciones enumeradas en el cuadro 10 que figura a continuación no citan disposiciones obvias que deberían ser evidentes. En todos los casos en los que existan instalaciones fijadas a puentes (por ejemplo, plataformas, puntos de conexión, etc.), el diseño y mantenimiento de estos elementos debe ser diseñado e instalado de acuerdo con la normativa vigente.

Tabla 10: Disposiciones recomendadas para un acceso seguro para mejorar la inspección y el mantenimiento.

Plataformas, rellanos y pasarelas	<ul style="list-style-type: none"> En algunos puentes se utiliza una pasarela exterior al pretil principal. Esto responde a una doble función. Por un lado, para facilitar el trabajo del equipo de inspección y por otro, como área de rescate para los usuarios de la carretera. Sólo puede justificarse para puentes largos, tráfico de alta velocidad y tráfico pesado en los puentes. Para puentes de celosía largos y otros puentes grandes con celosía bajo el tablero, una pasarela peatonal en la celosía es una gran ventaja para el equipo de inspección. Se estima que la relación coste-beneficio es relativamente baja para una pasarela colocada en la celosía. Deben evaluarse las plataformas permanentes para la inspección y sustitución de apoyos en puentes grandes donde estos son inaccesibles.
Plataformas móviles instaladas de forma permanente	<ul style="list-style-type: none"> Es posible que las plataformas móviles permanentemente instaladas bajo el tablero para el personal de inspección ya no sean rentables. Esto debería evaluarse antes de incluir costosas plataformas móviles. Podría evaluarse la utilización de ascensores bajo el puente o de vehículos de inspección en lugar de plataformas móviles instaladas de forma permanente.
Instalaciones sobre elementos inclinados como terraplenes	<ul style="list-style-type: none"> Instalación de escaleras, peldaños o tablas en los taludes para ayudar al inspector a subir o bajar taludes en los puentes.
Escaleras, polipastos, elevadores y pates.	<ul style="list-style-type: none"> En torres/ pilas, siempre se debe evaluar el uso de escaleras/ elevadores.
Sistemas anticaídas y barandillas	<ul style="list-style-type: none"> Debe instalarse cuando existe el riesgo de caídas en altura.
Escotillas, aperturas, portillas y bocas de inspección	<ul style="list-style-type: none"> El uso de placas de polímero reforzado con fibra es beneficioso, ya que reduce el peso de las puertas y aperturas de las escotillas. Las puertas de las escotillas estarán provistas de cerraduras para evitar el vandalismo y no permitirán la entrada de aves y murciélagos.
Iluminación en espacios cerrados	<ul style="list-style-type: none"> Debe instalarse donde sea necesario. Se informó de que el mantenimiento de la iluminación interna puede resultar costoso y, en un caso, se abandonó la iluminación para utilizar linternas portátiles o lámparas frontales.
Ventilación en espacios cerrados	<ul style="list-style-type: none"> Debe instalarse en vigas cajón aligeradas.
Aparcamiento para el inspector de puentes	<ul style="list-style-type: none"> Debe evaluarse una solución para el aparcamiento en la carretera o en el cruce de la carretera bajo el puente.
Otros	<ul style="list-style-type: none"> Para la inspección de los puentes, el personal de seguridad debe acompañar al inspector en zonas con altos índices de delincuencia.

4.2. CONCLUSIÓN

El objetivo de esta investigación fue buscar y reunir disposiciones y prácticas con respecto al diseño de puentes a partir de los países miembros de la TC D.3 para mejorar la inspección, el mantenimiento y la sustitución de los elementos de los puentes en el futuro. Esto se logró a través de una encuesta basada en un cuestionario y un modelo de caso práctico específico que invitaba a

los países miembros a describir sus experiencias y prácticas en este sentido y a compartir ejemplos. Se recibieron 17 respuestas al cuestionario de 15 países diferentes. A continuación, se compararon y analizaron las respuestas recibidas y el resultado de esta investigación es un examen de las disposiciones y prácticas de cada país y la elaboración de un conjunto homogéneo de directrices y recomendaciones sobre las mejores prácticas en la materia.

La aplicación de las prácticas presentadas en este informe puede aumentar el coste de capital inicial del puente en algunos casos. Este incremento del coste puede ser significativo o no en términos del coste total del puente o del proyecto en función del tamaño del puente o del proyecto. Sin embargo, en muchos casos, el hecho de no tener en cuenta las inspecciones y el mantenimiento futuros en el diseño y la construcción de los puentes ha dado lugar a grandes costes futuros que superan con creces el ahorro de capital inicial que supone no tener en cuenta estos aspectos. Además del coste real de la inspección y el mantenimiento, los retrasos debidos a la provisión de un acceso seguro para las reparaciones, por ejemplo, también suponen un coste social. Por lo tanto, se espera que la investigación presentada en este informe sirva para concienciar y proporcionar algunas directrices sobre el diseño y la construcción de puentes para mejorar las inspecciones, el mantenimiento y la sustitución de los elementos de los puentes en el futuro.

A modo de nota final, es importante añadir que las técnicas y tecnologías de inspección y mantenimiento cambiarán con el tiempo. Por ejemplo, en los últimos 15-20 años, han habido elevadores bajo el puente mejores y más funcionales, donde el personal de inspección y mantenimiento se pueden colocar para inspeccionar, tomar muestras e incluso realizar algunos trabajos de mantenimiento de forma adecuada. El avance en la tecnología de materiales también proporciona elementos más duraderos que requieren menos intervenciones de mantenimiento durante su vida útil. Esto puede evitar la necesidad de acceso de mantenimiento a algunos elementos del puente en el futuro. Además, el uso de instrumentos para la vigilancia de la salud estructural puede sustituir la necesidad de algunas inspecciones.

Sin embargo, el desarrollo más reciente es el uso de vehículos aéreos no tripulados (drones), que pueden llegar a lugares casi inaccesibles sin necesidad de una plataforma de acceso. El uso de aviones no tripulados para las inspecciones está ganando popularidad en muchos países. No reemplaza al inspector de puentes, pero proporciona imágenes de alta calidad de áreas inaccesibles para que el inspector las interprete. Su uso está sujeto a amplios requisitos regulatorios (diferentes en cada país) y el encargado del mismo debe ser un operario experimentado y certificado. El uso de aviones no tripulados para las inspecciones también requiere un trabajo de tratamiento previo y posterior, por lo que en la actualidad el único tiempo que se ahorra es el tiempo que se pasa in situ. No obstante, en el futuro, su uso puede ampliarse y puede que también sea posible realizar algunos tipos de mediciones con esta tecnología, pero no para trabajos de mantenimiento. En los próximos años, es posible que tampoco sea necesaria la presencia del inspector in situ. La tecnología dron se ha utilizado en países como Noruega y en el futuro podría sustituir a muchas de las facilidades de acceso citadas en este informe.

5. REFERENCIAS

- [1] ""Bridges – Planning and Design – Planning Basics – Providing for Bridge Inspection and Repair. RVS 15.02.11", Austria, Agosto de 2017
- [2] "Highway Bridge and Culvert General Design Standard" (JTG D60-2015)", China
- [3] "Highway Bridge Structural Health Monitoring System Technical Specification" (JTT 1037-2016), China
- [4] Norma alemana "DIN 1076", Guideline "RI-EBW-PRÜF", "RIZ-ING" (Planos de detalles para el diseño); „RE-ING“ y "RAB-ING" (Pautas para el diseño de estructuras de ingeniería) "ZTV-ING" (condiciones técnicas adicionales de los contratos), Alemania
- [5] FEDRO Standard: ASTRA 12002 "Surveillance et entretien des ouvrages d'art des routes nationales (2005)" (en francés y alemán). Suiza
- [6] FEDRO Standard: ASTRA 12004 "Détails de construction de ponts (2011)" (en francés y alemán). Suiza
- [7] FEDRO Standard: ASTRA 12010 "Dispositions pour garantir la durabilité des câbles de précontrainte dans les ouvrages d'art (2007)" (en francés y alemán). Suiza
- [8] FEDRO Guideline: ASTRA 22001 "Manuel technique Ouvrages d'art" (en francés y alemán). Suiza
- [9] SWISS Code SIA 262:2013 "Construction en béton" (en francés y alemán). Suiza
- [10] SWISS Code SN 640450:2009 "Systèmes d'étanchéité et couches bitumineuses sur ponts en béton; systèmes, exigences et exécution" (en francés y alemán). Suiza
- [11] SWISS Code SIA 262:2013 "Construction en béton" (en francés y alemán). Suiza
- [12] European Standard EN 1337 "Structural Bearings", Europa
- [13] EUROPEAN Organization for Technical Approvals ETAG 013 "Guideline for European Technical Approval of Post-Tensioning Kits for Prestressing of Structures" (Edición de junio de 2002).
- [14] Design Code of Highway Bridges, Hungría.
- [15] Korean Highway Bridge Design Code, Corea del sur
- [16] N400 – Design codes, Norway
- [17] V441 – Inspection Manual for Bridges, Norway
- [18] Brisa's own project guidelines, Portugal
- [19] Canadian highway bridge design code, Canada – Quebec
- [20] Manuel de conception des structures (our ministry's design manual) , Canada – Quebec
- [21] PD165/2012 Norm regarding the composition and calculation of street bridges and culverts with cast in place or pre-casted superstructures, Romania
- [22] Occupational Health and Safety Act (Act 85 of 1983), South Africa
- [23] General Safety Regulations (2003), South Africa
- [24] Construction Regulations (2014), South Africa
- [25] Code of Procedure for the Planning and Design of Highway Structures in South Africa (Feb 2002, as amended Jan 2008), South Africa
- [26] SANRAL Project Specifications for Durability Concrete including Table 6000/1, South Africa
- [27] SANRAL Typical Drawings, South Africa
- [28] EHE – Spanish Code for structural concrete. Spain, 2008
- [29] EAE – Spanish Code for structural steel. Spain, 2011
- [30] Guide for principal inspections in road bridges. Spain, 2012

- [31] AASHTO LRFD Bridge Design Specifications. USA, 2012
- [32] WISDOT Bridge Manual and Standards. USA
- [33] Technical Standards for Bridges and Highway Viaducts, Japan
- [34] Manuals for Bearings of Highway Bridges, Japan
- [35] Standards for installation of guardrails, Japan

APÉNDICE A: CUESTIONARIO Y MODELO DE CASO PRÁCTICO

COMITÉ TÉCNICO DE PIARC D.3: PUENTES - GRUPO DE TRABAJO 1

DISEÑO DE PUENTES PARA MEJORAR LA INSPECCIÓN Y EL MANTENIMIENTO

TC D.3 El Grupo de Trabajo 1 se centra en la mejora de la inspección y el mantenimiento de los puentes. El objetivo de esta publicación es evaluar las prácticas de diseño y detalle de los países miembros dirigidas específicamente a facilitar la realización de las inspecciones, el mantenimiento y la sustitución de los elementos de los puentes. Además, el Grupo de Trabajo 1 se encarga de recopilar, a partir de los países miembros, casos prácticos de puentes en los que los futuros trabajos de inspección y mantenimiento se tuvieron en cuenta con éxito en la fase de diseño y se aplicaron en la construcción. El objetivo último del Grupo de Trabajo 1 es elaborar un conjunto de directrices o recomendaciones sobre las mejores prácticas que deben tenerse en cuenta en el diseño y la construcción de puentes para facilitar la realización de las inspecciones, el mantenimiento y la sustitución de los elementos de los puentes.

Con este fin, el Grupo de Trabajo 1 ha elaborado un cuestionario y un caso práctico para reunir las prácticas y ejemplos de los países miembros. El cuestionario y el caso práctico se dividen en cuatro partes:

Parte 1: Disposiciones del proyecto básico Parte 3: Disposiciones de acceso seguro

Parte 2: Disposiciones del proyecto de ejecución Parte 4: Caso práctico

Las partes se definen con más detalle en las siguientes secciones.

Es importante definir en esta coyuntura los regímenes de inspección y mantenimiento y los tipos de puentes que deben tenerse en cuenta para este estudio. El régimen de inspección que debe tenerse en cuenta se define típicamente como la inspección principal del puente que tiene lugar normalmente cada 4 o 5 años. Implica la evaluación visual del estado de cada elemento del puente y, en este contexto, se espera que el inspector esté debidamente cualificado y a poca distancia de cada elemento del puente (o, como mínimo, que tenga una visión visual suficientemente buena de cada elemento del puente). El régimen de mantenimiento que debe tenerse en cuenta se define típicamente como el mantenimiento estándar, preventivo o proactivo que normalmente se especificaría en un manual de mantenimiento. Este tipo de mantenimiento se realiza normalmente en elementos de puentes cuya vida útil prevista es inferior a la vida útil del puente en su conjunto. Algunos ejemplos de estos elementos de puente son los apoyos, las juntas, la protección contra la corrosión, etc. Se excluye específicamente de esta definición el mantenimiento correctivo, de reparación y rehabilitación o la renovación de puentes (refuerzo, mejoras, etc.) que no se habrían previsto al principio. Por último, el tipo de puentes que deben tenerse en cuenta son los puentes convencionales de hormigón, acero o mixtos. Asimismo, se excluyen los puentes atirantados y colgantes, los puentes de arco de fábrica y los puentes de madera.

Su opinión es muy importante para el éxito de este proyecto. Se reconoce y comprende el trabajo que supone completar el cuestionario y el caso práctico, y se ha hecho todo lo posible para que estos sean fáciles de usar y efectivos. De manera excepcional, y debido a limitaciones de tiempo imprevistas, el cuestionario y el caso práctico se han elaborado únicamente en inglés.

Los objetivos colectivos son muy importantes para todos los expertos en puentes y tienen especial importancia tanto para los países en vías de desarrollo como para los países

emergentes. Los cuestionarios y casos prácticos compilados se incluirán en el informe final, del que se enviará una copia. Le ruego humildemente que se tome el tiempo necesario para ponerse en contacto con las personas más adecuadas para responder a estas preguntas y enviar las respuestas que mejor representen las prácticas de su país, a fin de que nuestro Grupo de Trabajo pueda perpetuar la visión de la AIPCR y convertirse en uno de los líderes mundiales en el intercambio de conocimientos.

Rellene todos los formularios electrónicamente en Word y devuelva el cuestionario cumplimentado y el caso práctico al abajo firmante antes del 30 de junio de 2017.

Gracias de antemano.

Mohamed PARAK (Sudáfrica), parakm@nra.co.za, Líder - Grupo de Trabajo 1, TC D. 3 Puentes

COMITÉ TÉCNICO DEL PIARC D.3: PUENTES - GRUPO DE TRABAJO 1

CUESTIONARIO Y CASO PRÁCTICO**Descripción de la organización:**

País:	
Nombre de la organización:	
Descripción de la Organización:	
Su nombre:	
Su dirección de correo electrónico:	

Parte 1: Disposiciones del proyecto básico para mejorar la inspección y el mantenimiento

En esta parte del cuestionario se indaga sobre las disposiciones del proyecto básico existentes en los países miembros que tienen por objeto facilitar la realización de inspecciones, el mantenimiento y la sustitución de los elementos del puente.

Responda a las preguntas de forma concisa. Si es necesario, se deben dar más detalles en la Parte 4: Caso práctico.

1. Indique si su país especifica las configuraciones estructurales de los puentes destinados a facilitar la realización de:
 - a) inspecciones Sí/ No
 - b) mantenimiento Sí/ No
 - c) sustitución de los elementos del puente Sí/ No

Si la respuesta a cualquiera de las preguntas anteriores es "Sí", indique a continuación algunos ejemplos de dichas configuraciones. Algunos ejemplos pueden ser la eliminación de apoyos y juntas en puentes integrales, la reducción de conexiones o elementos secundarios en puentes de acero, las ventajas o desventajas de los sistemas de postesado internos y externos, las características de diseño específicas destinadas a aumentar la vida útil o cualquier otro ejemplo.

2. Indique si su país especifica las opciones de materiales para los puentes destinados a facilitar la realización de:
 - a) inspecciones Sí/ No
 - b) mantenimiento Sí/ No
 - c) sustitución de los elementos del puente Sí/ No

Si la respuesta a cualquiera de las preguntas anteriores es "Sí", indique a continuación ejemplos de dichas opciones de materiales. Algunos ejemplos de ello pueden ser la reducción de los requisitos de protección contra la corrosión mediante el uso de acero Corten, revestimientos de protección, hormigón UHPC para elementos con exposiciones específicas, hormigón autocompactante, armadura galvanizada en los pretilos de hormigón, las especificaciones de durabilidad para el hormigón, las características de diseño específicas destinadas a aumentar la vida útil o cualquier otro ejemplo.

3. Indique si su país especifica ciertas dimensiones o distancias mínimas para determinados elementos de puentes destinados a facilitar la realización de:
- | | |
|--|--------|
| a) inspecciones | Sí/ No |
| b) mantenimiento | Sí/ No |
| c) sustitución de los elementos del puente | Sí/ No |

Si la respuesta a alguna de las preguntas anteriores es "Sí", indique a continuación algunos ejemplos de dichas especificaciones. Los ejemplos pueden ser espesores mínimos de losas/ almas/ pretilas de hormigón, espesores mínimos de chapas de acero, dimensiones mínimas para las que se permitirán huecos, distancias mínimas relacionadas con la provisión del espacio necesario para el levantamiento en los apoyos, requisitos de acceso a los huecos, pendientes de los taludes para un ascenso/ descenso seguro, diseño de equipos de inspección específicos tales como unidades de inspección bajo puente (UBIU), o cualquier otro ejemplo.

4. Indique si su país dispone de disposiciones relativas a la instrumentación de puentes destinadas a facilitar la realización de:
- | | |
|--|--------|
| a) inspecciones | Sí/ No |
| b) mantenimiento | Sí/ No |
| c) sustitución de los elementos del puente | Sí/ No |

Si la respuesta a alguna de las preguntas anteriores es "Sí", indique a continuación algunos ejemplos de dichas especificaciones. Los ejemplos deben estar relacionados con instalaciones específicas contempladas en la fase de diseño y no con el seguimiento de los daños y el deterioro originados por un diseño o mantenimiento deficiente. Algunos ejemplos pueden ser la instrumentación para la monitorización de acciones sísmicas, socavación de cimentaciones, tensiones en puentes integrales, humedad en huecos o conductos cerrados o cualquier otro ejemplo.

5. Indique si su país especifica algún otro aspecto del proyecto básico destinado a facilitar la realización de:
- | | |
|--|--------|
| a) inspecciones | Sí/ No |
| b) mantenimiento | Sí/ No |
| c) sustitución de los elementos del puente | Sí/ No |

Si la respuesta a alguna de las preguntas anteriores es "Sí", indique a continuación algunos ejemplos de dichas especificaciones.

6. Si ha respondido "Sí" a alguna de las preguntas anteriores, indique una referencia a los documentos específicos, tales como códigos de diseño, normas, manuales de procedimiento, directrices y/ o legislación nacional (según corresponda) en los que se especifican las disposiciones del proyecto básico que ha mencionado anteriormente. Indique también si estas disposiciones todavía no están documentadas pero se aplican según la experiencia en materia de diseño o de las mejores prácticas existentes en su país/ organización.

Parte 2: Disposiciones de proyecto de ejecución para mejorar la inspección y el mantenimiento

En esta parte del cuestionario se pregunta acerca de las disposiciones de proyecto de ejecución existentes en los países miembros que tienen como objeto facilitar la realización de inspecciones, el mantenimiento y la sustitución de los elementos del puente.

Responda a las preguntas de forma concisa. Si es necesario, se deben dar más detalles en la Parte 4: Caso práctico.

7. Indique si su país tiene disposiciones de proyecto de ejecución o ejemplos de buenas prácticas para facilitar la realización de las inspecciones, el mantenimiento y la sustitución de:
- Apoyos (incluidas las disposiciones para los estribos/ pilas/ tableros adyacentes) Sí/ No

En caso afirmativo, describa a continuación las disposiciones generales o ejemplos. Algunos ejemplos pueden ser las cuñas y camas de nivelación para facilitar la sustitución de los apoyos, las dimensiones mínimas libres y elementos rigidizadores para la colocación de gatos hidráulicos o cualquier otro ejemplo. Incluya, si está disponible, una referencia a los códigos de diseño específicos, normas, manuales de procedimiento y/ o directrices.

8. Indique si su país tiene disposiciones de proyecto de ejecución o ejemplos de buenas prácticas para facilitar la realización de las inspecciones, el mantenimiento y la sustitución de:
- Juntas de dilatación Sí/ No

En caso afirmativo, describa a continuación las disposiciones generales o ejemplos. Algunos ejemplos pueden ser cámaras de inspección en los estribos, dimensiones mínimas libres entre el tablero y el estribo, disposiciones para el drenaje de las juntas de dilatación o cualquier otro ejemplo. Incluya, si está disponible, una referencia a los códigos de diseño específicos, normas, manuales de procedimiento y/ o directrices.

9. Indique si su país tiene disposiciones de proyecto de ejecución o ejemplos de buenas prácticas para facilitar la realización de las inspecciones, el mantenimiento y la sustitución de:

- Bordillos, pretilas, barandillas
Sí/ No

En caso afirmativo, describa a continuación las disposiciones generales o ejemplos. Algunos ejemplos de ello pueden ser el uso de anclajes fusibles (punto de rotura predeterminado) para proteger la cubierta de daños, el uso de recubrimientos hidrófobos para bordillos y pretilas o cualquier otro ejemplo.

Incluya, si está disponible, una referencia a los códigos de diseño específicos, normas, manuales de procedimiento y/ o directrices.

10. Indique si su país tiene disposiciones de proyecto de ejecución o ejemplos de buenas prácticas para facilitar la realización de las inspecciones, el mantenimiento y la sustitución de:

- Revestimiento e impermeabilización
Sí/ No

En caso afirmativo, describa a continuación las disposiciones generales o ejemplos. Algunos ejemplos pueden ser el uso de sistemas de impermeabilización con una vida útil prolongada, capas suplementarias para la protección del sistema de impermeabilización, materiales más duraderos para el revestimiento de los tableros o cualquier otro ejemplo.

Incluya, si está disponible, una referencia a los códigos de diseño específicos, normas, manuales de procedimiento y/ o directrices.

11. Indique si su país tiene disposiciones de proyecto de ejecución o ejemplos de buenas prácticas para facilitar la realización de las inspecciones, el mantenimiento y la sustitución de:

- Drenaje Sí/ No

En caso afirmativo, describa a continuación las disposiciones generales o ejemplos. Algunos ejemplos pueden ser la elección del material para los conductos de drenaje o su ubicación y disposición o cualquier otro ejemplo. Esto puede incluir el drenaje relacionado con la superficie del tablero, el drenaje de los altares de apoyo, de los huecos internos, de la parte posterior de los estribos/ muros de contención o el drenaje de los rellenos de tierra en los accesos al puente.

Incluya, si está disponible, una referencia a los códigos de diseño específicos, normas, manuales de procedimiento y/ o directrices.

12. Indique si su país tiene disposiciones de proyectos de ejecución o ejemplos de buenas prácticas para facilitar la realización de las inspecciones, el mantenimiento y la sustitución de:

- Vigas cajón aligeradas, huecos de losa del tablero, pilas/ estribos huecos
Sí/ No

En caso afirmativo, describa a continuación las disposiciones generales o ejemplos. Algunos ejemplos de ello pueden ser los requisitos de accesibilidad, incluidos los requisitos de tamaño, ventilación, iluminación o sellado de huecos en vigas cajón aligeradas, losas del tablero, pilares o estribos o cualquier otro ejemplo. Incluya, si está disponible, una referencia a los códigos de diseño específicos, normas, manuales de procedimiento y/ o directrices.

13. Indique si su país tiene disposiciones de proyecto de ejecución o ejemplos de buenas prácticas para facilitar la realización de las inspecciones, el mantenimiento y la sustitución de:

- Sistemas de pretensado Sí/ No

En caso afirmativo, describa a continuación las disposiciones generales o ejemplos. Algunos ejemplos de ello pueden ser los requisitos de accesibilidad o visibilidad para los anclajes de postesado, las prescripciones para el uso de sistemas de postesado externos o de sistemas de postesado con tendones de pretensado aislados eléctricamente, o cualquier otro ejemplo. Incluya, si está disponible, una referencia a los códigos de diseño específicos, normas, manuales de procedimiento y/ o directrices.

14. Indique si su país tiene disposiciones proyecto de ejecución o ejemplos de buenas prácticas para facilitar la realización de las inspecciones, el mantenimiento y la sustitución de los equipos.

- Otros elementos del puente
(por ejemplo, amortiguadores sísmicos, sistemas de monitorización incorporados, etc.) Sí/ No

En caso afirmativo, describa a continuación las disposiciones generales o ejemplos. Incluya, si está disponible, una referencia a los códigos de diseño específicos, normas, manuales de procedimiento y/ o directrices.



Parte 3: Disposiciones de acceso seguro para mejorar la inspección y el mantenimiento

Esta parte del cuestionario tiene como objeto evaluar las disposiciones de acceso seguro que se instalan en los puentes de los países miembros para facilitar la realización de inspecciones, el mantenimiento y la sustitución de los elementos de dichos puentes.

Responda a las preguntas de forma concisa. Si es necesario, se deben dar más detalles en la Parte 4: Caso práctico

15. Indique si su país cuenta con disposiciones de acceso seguro o ejemplos de buenas prácticas para facilitar la realización de las inspecciones, el mantenimiento y la sustitución de los elementos de los puentes con respecto a:

- | | |
|--|--------|
| a) Plataformas, rellanos, pasarelas, etc. | Sí/ No |
| b) Conexiones para plataformas de inspección | Sí/ No |
| c) Plataformas móviles instaladas de forma permanente | Sí /No |
| d) Instalaciones en terraplenes o elementos inclinados del puente (como arcos) para ayudar a subir o bajar | Sí/ No |
| e) Escaleras, polipastos, ascensores, pates, etc. | Sí/ No |
| f) Sistemas anticaídas, barandillas, etc. | Sí/ No |
| g) Tirantes para trabajos verticales en cuerda, conexiones de arneses | SÍ/ No |
| h) Escotillas, aperturas, portillas, bocas de inspección, etc. | Sí/ No |
| i) Iluminación en espacios cerrados | Sí/ No |
| j) Ventilación en espacios cerrados | Sí/ No |
| k) Aparcamiento para el inspector de puentes | Sí/ No |
| l) Otras disposiciones de acceso seguro | Sí /No |

En caso de que la respuesta a cualquiera de las preguntas anteriores sea afirmativa, describa en el cuadro que figura a continuación las disposiciones generales o ejemplos de los puntos a) a l). Incluya, si está disponible, una referencia a los códigos de diseño específicos, normas, manuales de procedimiento y/ o directrices.

a)	
b)	
c)	
d)	
e)	
f)	
g)	
h)	
i)	
j)	
k)	
l)	

Parte 4: Caso práctico

El caso práctico tiene como objeto obtener, a partir de los países miembros, ejemplos de casos en los que se consideraron y aplicaron con éxito **disposiciones** apropiadas de **proyecto básico**, **proyecto de ejecución** y **acceso seguro** (como las citadas en las partes 1, 2 y 3) para facilitar la realización de las inspecciones, el mantenimiento y/ o la sustitución de los elementos del puente.

4.1 Disposiciones del proyecto básico para mejorar la inspección y el mantenimiento

Proporcione ejemplos (de uno o varios puentes) de cómo el proyecto básico del puente estaba dirigido a facilitar la realización de inspecciones, el mantenimiento y/ o la sustitución de los elementos del puente. Incluya en las celdas a continuación fotografías, dibujos y otros materiales que demuestren los siguientes aspectos de proyecto básico, así como el nombre y la descripción del puente.

Configuración estructural	Descripción de la configuración estructural:
	<i>(Fotos, dibujos y otros materiales según sea necesario)</i>
	Nombre del puente y año de construcción:
	Breve descripción del puente:
Elección del material	Descripción de la elección del material:
	<i>(Fotos, dibujos y otros materiales según sea necesario)</i>
	Nombre del puente y año de construcción:
	Breve descripción del puente:
Especificaciones dimensionales	Descripción de las especificaciones dimensionales:
	<i>(Fotos, dibujos y otros materiales según sea necesario)</i>
	Nombre del puente y año de construcción:
	Breve descripción del puente:

Instrumentación de puente	Descripción de la instrumentación del puente:
	<i>(Fotos, dibujos y otros materiales según sea necesario)</i>
	Nombre del puente y año de construcción:
	Breve descripción del puente:
Otros aspectos del proyecto básico	Descripción de otros:
	<i>(Fotos, dibujos y otros materiales según sea necesario)</i>
	Nombre del puente y año de construcción:
	Breve descripción del puente:

4.2 Disposiciones de proyecto de ejecución para mejorar la inspección y el mantenimiento

A continuación, se dan ejemplos (de uno o varios puentes) de cómo el proyecto de ejecución del puente estaba dirigido a facilitar la realización de inspecciones, el mantenimiento y/ o la sustitución de los elementos del puente. Incluya en las celdas a continuación fotografías, dibujos y otros materiales que demuestren los siguientes aspectos del proyecto de ejecución, así como el nombre y la descripción del puente.

Apoyos	Descripción de los apoyos:
	<i>(Fotos, dibujos y otros materiales según sea necesario)</i>
	Nombre del puente y año de construcción:
	Breve descripción del puente:
Juntas de dilatación	Descripción de las juntas de dilatación:
	<i>(Fotos, dibujos y otros materiales según sea necesario)</i>
	Nombre del puente y año de construcción:

	Breve descripción del puente:
Bordillos, pretilos y barandillas	Descripción de bordillos, pretilos y barandillas:
	<i>(Fotos, dibujos y otros materiales según sea necesario)</i>
	Nombre del puente y año de construcción:
	Breve descripción del puente:
Revestimient o e impermeabili zación	Descripción de la superficie e impermeabilización:
	<i>(Fotos, dibujos y otros materiales según sea necesario)</i>
	Nombre del puente y año de construcción:
	Breve descripción del puente:
Drenaje	Descripción del drenaje:
	<i>(Fotos, dibujos y otros materiales según sea necesario)</i>
	Nombre del puente y año de construcción:
	Breve descripción del puente:
Vigascajón aligeradas, huecos de la losa del tablero y pilas/ estribos huecos	Descripción de los vacíos:
	<i>(Fotos, dibujos y otros materiales según sea necesario)</i>
	Nombre del puente y año de construcción:
	Breve descripción del puente:
	Descripción de los sistemas de pretensado:

Sistemas de pretensado	
	<i>(Fotos, dibujos y otros materiales según sea necesario)</i>
	Nombre del puente y año de construcción:
	Breve descripción del puente:
Otros aspectos del proyecto de ejecución	Descripción para otros:
	<i>(Fotos, dibujos y otros materiales según sea necesario)</i>
	Nombre del puente y año de construcción:
	Breve descripción del puente:

4.3 Disposiciones de acceso seguro para mejorar la inspección y el mantenimiento

A continuación se dan ejemplos (de uno o varios puentes) de la forma en la que las siguientes disposiciones de acceso seguro del puente estaban dirigidas a facilitar la realización de inspecciones, el mantenimiento y/ o la sustitución de los elementos del puente. Incluya en las celdas a continuación fotografías, dibujos y otros materiales que demuestren las siguientes disposiciones de acceso seguro, así como el nombre y la descripción del puente.

Plataformas, rellanos, pasarelas, etc.	Descripción de plataformas, rellanos, pasarelas, etc.:
	<i>(Fotos, dibujos y otros materiales según sea necesario)</i>
	Nombre del puente y año de construcción:
	Breve descripción del puente:
Conexiones para plataformas de inspección	Descripción de las conexiones para las plataformas de inspección:
	<i>(Fotos, dibujos y otros materiales según sea necesario)</i>
	Nombre del puente y año de construcción:

	Breve descripción del puente:
Plataformas móviles instaladas de forma permanente	Descripción de las plataformas móviles instaladas de forma permanente:
	<i>(Fotos, dibujos y otros materiales según sea necesario)</i>
	Nombre del puente y año de construcción:
	Breve descripción del puente:
Instalaciones en terraplenes o elementos inclinados del puente para ayudar a subir o bajar.	Descripción para instalaciones sobre superficies inclinadas:
	<i>(Fotos, dibujos y otros materiales según sea necesario)</i>
	Nombre del puente y año de construcción:
	Breve descripción del puente:
Escaleras, polipastos, ascensores, pates, etc.	Descripción de escaleras, escalones, polipastos, elevadores, gradas, etc.:
	<i>(Fotos, dibujos y otros materiales según sea necesario)</i>
	Nombre del puente y año de construcción:
	Breve descripción del puente:
Sistemas anticaídas, barandillas, etc.	Descripción de los sistemas de detención de caídas, barandillas, etc.:
	<i>(Fotos, dibujos y otros materiales según sea necesario)</i>
	Nombre del puente y año de construcción:
	Breve descripción del puente:
Tirantes para trabajos	Descripción de los tirantes para trabajos verticales en cuerda, conexiones del arnés:

verticales en cuerda, conexiones de arneses	
	<i>(Fotos, dibujos y otros materiales según sea necesario)</i>
	Nombre del puente y año de construcción:
	Breve descripción del puente:
Escotillas, aperturas, portillas, bocas de inspección, etc.	Descripción de escotillas, aperturas, portillas, bocas de inspección, etc.:
	<i>(Fotos, dibujos y otros materiales según sea necesario)</i>
	Nombre del puente y año de construcción:
	Breve descripción del puente:
Iluminación en espacios cerrados	Descripción de la iluminación en espacios cerrados:
	<i>(Fotos, dibujos y otros materiales según sea necesario)</i>
	Nombre del puente y año de construcción:
	Breve descripción del puente:
Ventilación en espacios cerrados	Descripción de la ventilación en espacios cerrados:
	<i>(Fotos, dibujos y otros materiales según sea necesario)</i>
	Nombre del puente y año de construcción:
	Breve descripción del puente:
Estacionamiento para inspector de puentes	Descripción del aparcamiento para el inspector de puentes:
	<i>(Fotos, dibujos y otros materiales según sea necesario)</i>
	Nombre del puente y año de construcción:

	Breve descripción del puente:
Otros disposiciones de acceso seguro	Descripción de otras disposiciones de acceso seguro:
	<i>(Fotos, dibujos y otros materiales según sea necesario)</i>
	Nombre del puente y año de construcción:
	Breve descripción del puente:

APÉNDICE B: RESUMEN DE LAS RESPUESTAS

Country	Questionnaire	Case Study	Conceptual Design	Detail Design	Safe Access	Case Study	Comments
Austria	Yes	No	<p>1. <i>Structural Configurations</i> : Given in references.</p> <p>2. <i>Material Choices</i> : Dictated by intended Service Life of structure (100 years for bridges) according to Eurocode.</p> <p>3. <i>Dimensions</i> : Example given of minimum dimensions at abutment and piers for access to bearings and joints.</p> <p>4. <i>Instrumentation</i> : None.</p> <p>5. <i>Other</i> : Many other conceptual provisions available in references.</p> <p>6. <i>References</i> : Technical regulation for Providing for Bridge Inspection and Repair, Eurocode and company-specific standard.</p>	<p>7. <i>Bearings</i> : Yes, minimum dimensions at abutment and piers for access to bearings and joints.</p> <p>8. <i>Expansion joints</i> : Yes, minimum dimensions at abutment and piers for access to bearings and joints.</p> <p>9. <i>Kerbs, parapets, railings</i> : Yes, contained in technical regulations.</p> <p>10. <i>Surfacing, waterproofing</i> : Two-layer bridge sealing system used.</p> <p>11. <i>Drainage</i> : Yes</p> <p>12. <i>Hollow spaces, voids</i> : No.</p> <p>13. <i>Prestressing</i> : Yes contained in Eurocode 2, no details provided.</p> <p>14. <i>Other</i> : No other special measures to improve inspection, maintenance and replacement.</p>	<p>15a. <i>Platforms, landings, walkways, etc</i> :</p> <p>15b. <i>Connections for platforms</i> :</p> <p>15c. <i>Moveable platforms</i> :</p> <p>15d. <i>Climbing or descending</i> :</p> <p>15e. <i>Ladders, stairs, hoists, etc</i> :</p> <p>15f. <i>Fall arrest, handrails</i> :</p> <p>15g. <i>Lugs, connection points for rope access</i> :</p> <p>15h. <i>Hatches, openings, manholes, etc</i> :</p> <p>15i. <i>Lighting</i> :</p> <p>15j. <i>Ventilation</i> :</p> <p>15k. <i>Parking</i> :</p> <p>15l. <i>Other</i> :</p> <p>All access provisions contained in Bridge Inspection and Repair standard. No details given.</p>	<p>Bridge design undertaken according to codes and standards which are based on best practice. No special measures over and above are introduced to improve inspections and maintenance. No case studies given.</p> <p>Questionnaire contains examples of the following: Dimensional clearances at abutments and piers. Two-layer bridge waterproofing. Bridge drainage. Steel edge beam.</p>	
Belgium-Wallonia	Yes	Yes	<p>Belgium-Wallonia indicated that they do consider aspects of inspections, maintenance and replacement of bridge elements at conceptual design stage. However, the answers were given in the negative indicating perhaps a misunderstanding in the question or that such considerations are not yet documented design standards/provisions but rather good design practice.</p>	<p>7. <i>Bearings</i> : Space details at abutments for bearings access/jacking.</p> <p>8. <i>Expansion joints</i> : Chamber access details at abutment and protection of post tensioning anchorage from joint leakage (FIB Bulletin 33).</p> <p>9. <i>Kerbs, parapets, railings</i> : The rapture is not allowed to occur in the anchorage of the parapet.</p> <p>10. <i>Surfacing, waterproofing</i> : None.</p> <p>11. <i>Drainage</i> : Transverse and longitudinal drainage channels in waterproofing connected to scupper.</p> <p>12. <i>Hollow spaces, voids</i> : Must be accessible for inspections.</p> <p>13. <i>Prestressing</i> : No transverse tendons in deck slab, no anchorages in deck slab and space behind anchorages for friction test or replacement of tendons.</p> <p>14. <i>Other</i> : None.</p>	<p>15a. <i>Platforms, landings, walkways, etc</i> :</p> <p>15b. <i>Connections for platforms</i> :</p> <p>15c. <i>Moveable platforms</i> : For some long bridges (300 - 500m), permanent moveable platforms installed. However the maintenance of the platform proved too costly and it is now preferred to use mobile platforms.</p> <p>15d. <i>Climbing or descending</i> :</p> <p>15e. <i>Ladders, stairs, hoists, etc</i> :</p> <p>15f. <i>Fall arrest, handrails</i> :</p> <p>15g. <i>Lugs, connection points for rope access</i> :</p> <p>15h. <i>Hatches, openings, manholes, etc</i> :</p> <p>15i. <i>Lighting</i> :</p> <p>15j. <i>Ventilation</i> :</p> <p>15k. <i>Parking</i> :</p> <p>15l. <i>Other</i> :</p>	<p>Space details for bearings and expansion joints. Abutment chamber and drainage under expansion joint and protection of PS anchorage from leakage (FIB bulletin 33). Permanently installed moveable platform. Lighting in closed spaces.</p>	
Canada-Quebec	Yes	Yes	<p>1. <i>Structural Configurations</i> : Voids must be accessible, integral/continuous structures favoured where joints/bearings are minimized, provisions made for jacking for bearing replacement.</p> <p>2. <i>Material Choices</i> : Weathering steel used and also painted for certain exposures, galvanised rebar used in most deck slabs, concrete mix designs for durability requirements.</p> <p>3. <i>Dimensions</i> : Hollow box girders must be accessible to inspections, minimum dia. of void 800mm, minimum slab and steel web dimensions.</p> <p>4. <i>Instrumentation</i> : None.</p> <p>5. <i>Other</i> : Services fixed to bridge must not impair inspections.</p> <p>6. <i>References</i> : Canadian bridge design code and manual.</p>	<p>7. <i>Bearings</i> : Adaptor plates used and diaphragms designed for jacking.</p> <p>8. <i>Expansion joints</i> : Chamber and gutter detail to prevent splashing of back wall when joints leak</p> <p>9. <i>Kerbs, parapets, railings</i> : High strength (50MPa) concrete specified for kerbs and barriers to resist abrasion. GFRP bars used in barrier design (experimental).</p> <p>10. <i>Surfacing, waterproofing</i> : Thermofusible waterproofing membrane used on bridge decks, screeding machine used to obtain improved profile on deck (no ponding, better ride quality).</p> <p>11. <i>Drainage</i> : Scuppers must protrude more than 150mm from bottom of deck, scuppers have weepholes at deck concrete level to drain water seeping underneath asphalt onto of membrane.</p> <p>12. <i>Hollow spaces, voids</i> : Do not use deck slab voids. Interiors of steel hollow box girders are lit and painted white which reflects the light better and makes the cracks more visible.</p> <p>13. <i>Prestressing</i> : None.</p> <p>14. <i>Other</i> : None.</p>	<p>15a. <i>Platforms, landings, walkways, etc</i> : Permanent walkway installed for large bridges.</p> <p>15b. <i>Connections for platforms</i> :</p> <p>15c. <i>Moveable platforms</i> :</p> <p>15d. <i>Climbing or descending</i> :</p> <p>15e. <i>Ladders, stairs, hoists, etc</i> : Permanent ladders in hollow piers of great height.</p> <p>15f. <i>Fall arrest, handrails</i> : In some cases, not normally done.</p> <p>15g. <i>Lugs, connection points for rope access</i> : Grab bars installed on girder webs for attachment of harnesses.</p> <p>15h. <i>Hatches, openings, manholes, etc</i> : These must be equipped with locks to prevent vandalism and must not permit birds/bats to enter.</p> <p>15i. <i>Lighting</i> :</p> <p>15j. <i>Ventilation</i> :</p> <p>15k. <i>Parking</i> :</p> <p>15l. <i>Other</i> :</p>	<p>Integral bridge example. Weathering steel. Openings in steel box girders. Bearing adaptor plates. Abutment chambers and expansion joint chambers. Screeding machine on deck. Waterproofing membrane. Deck scuppers. Access doors. Interior painted white of steel hollow box girder. Inspection walkways on deck soffit. Ladders for hollow piers. Access door to hollow piers.</p>	
China	Yes	No	<p>1. <i>Structural Configurations</i> : Minimisation of expansion joints and bearings in favour of continuous slab and integral structures.</p> <p>2. <i>Material Choices</i> : Use of protective coatings, weathering steel and high-performance concrete encouraged.</p> <p>3. <i>Dimensions</i> : Specified for jacking and bearing replacements.</p> <p>4. <i>Instrumentation</i> : For large scale bridges, structural monitoring measures are implemented.</p> <p>5. <i>Other</i> : None</p> <p>6. <i>References</i> : General guidelines on good bridge design found in relevant design codes, but not specific to inspections, maintenance and replacement.</p>	<p>7. <i>Bearings</i> : Allowance of space on top of piers and abutments for jacking and bearing replacement.</p> <p>8. <i>Expansion joints</i> : Expansion joints are installed in modular unit lengths of 1m so replacement of expansion joint does not require the closure of the entire road.</p> <p>9. <i>Kerbs, parapets, railings</i> : None.</p> <p>10. <i>Surfacing, waterproofing</i> : Modified Mastic Asphalt is used in certain bridges which extend the service life from 12 to 20 years over conventional asphalt.</p> <p>11. <i>Drainage</i> : Drainage pipes are concealed in the piers.</p> <p>12. <i>Hollow spaces, voids</i> : Internal stair case provided in hollow piers.</p> <p>13. <i>Prestressing</i> : None.</p> <p>14. <i>Other</i> : Inspection and access platforms on long span bridges.</p>	<p>15a. <i>Platforms, landings, walkways, etc</i> : Provided along bottom chord of truss bridge, along main cable of suspension bridge (with non slip surface), at the anchorages of main cables, along the side of the roadway of long span bridges to inspect roadway surfacing and cable anchorages, at bearings.</p> <p>15b. <i>Connections for platforms</i> : Provided on top of towers for attaching and lifting equipment and rope access.</p> <p>15c. <i>Moveable platforms</i> : Permanently installed moveable inspection gantries provided along soffits of long span bridges mainly of steel construction.</p> <p>15d. <i>Climbing or descending</i> : Stairs provided at embankments.</p> <p>15e. <i>Ladders, stairs, hoists, etc</i> : Stairs, ladders, lifts provided internally or externally at piers, towers.</p> <p>15f. <i>Fall arrest, handrails</i> : Handrails provided at all platforms, ladders, stairs.</p> <p>15g. <i>Lugs, connection points for rope access</i> : Provided on top of towers for attaching and lifting equipment and rope access.</p> <p>15h. <i>Hatches, openings, manholes, etc</i> : Provided at end of deck girder.</p> <p>15i. <i>Lighting</i> :</p> <p>15j. <i>Ventilation</i> : Provided on side of concrete box girder.</p> <p>15k. <i>Parking</i> : Provided</p> <p>15l. <i>Other</i> :</p>	<p>Good examples of bridge instrumentation. Example of pier with space for jacking for bearing replacement. Example modular unit expansion joint. Concealed drainage pipes. Internal stair case for hollow piers. Inspection and access platforms on long span bridges. Safe access section has good examples of all provisions mentioned.</p>	<p>Although safe access provisions relate mainly to long span cable stayed or suspension bridges, it may be equally applicable to more conventional bridges as per the scope of the questionnaire.</p>

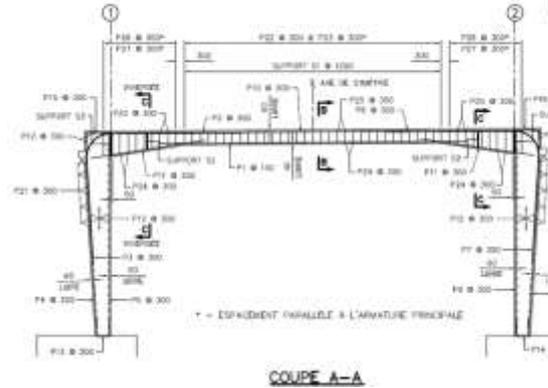
Country	Questionnaire	Case Study	Conceptual Design	Detail Design	Safe Access	Case Study	Comments
Germany	Yes	No	<p>1. <i>Structural Configurations</i> : 2. <i>Material Choices</i> : Weathering steel in some cases, protective coatings compulsory for steel bridges, use of ultra high performance concrete in some cases, use of elastomeric bearings in some cases. 3. <i>Dimensions</i> : Minimum 300mm between bridge deck and bearing shelf, minimum vertical clearances for road overpasses/underpasses. 4. <i>Instrumentation</i> : None. 5. <i>Other</i> : None. 6. <i>References</i> : German standards, typical details and design guidelines.</p>	<p>7. <i>Bearings</i> : Jacking points at abutments. 8. <i>Expansion joints</i> : 9. <i>Kerbs, parapets, railings</i> : 10. <i>Surfacing, waterproofing</i> : 11. <i>Drainage</i> : 12. <i>Hollow spaces, voids</i> : 13. <i>Prestressing</i> : In certain bridges, the unbonded prestressing must be able to be replaced. 14. <i>Other</i> : All provisions made, details available in reference RI-EBW-PRUF</p>	<p>15a. <i>Platforms, landings, walkways, etc</i> : Inspection paths at abutments and on the parapets. 15b. <i>Connections for platforms</i> : 15c. <i>Moveable platforms</i> : Permanently installed on some long bridges. 15d. <i>Climbing or descending</i> : Normally not provided. 15e. <i>Ladders, stairs, hoists, etc</i> : Provided where required in some piers and hollow box girders. 15f. <i>Fall arrest, handrails</i> : Installed on platforms, stairs, ladders where required. 15g. <i>Lugs, connection points for rope access</i> : 15h. <i>Hatches, openings, manholes, etc</i> : In hollow box girders 15i. <i>Lighting</i> : In hollow box girders. 15j. <i>Ventilation</i> : 15k. <i>Parking</i> : Space for UBIU or cherry picker allowed for where space permits. 15l. <i>Other</i> :</p>	None provided.	
Hungary	Yes	Yes	<p>1. <i>Structural Configurations</i> : Integral bridges for lengths < 20m, continuous decks preferred over simply supported. 2. <i>Material Choices</i> : Concrete specifications and cover for different environmental exposures and conditions (e.g.. de-icing salts), protective coatings for steel bridges, elastomeric bearings preferred. 3. <i>Dimensions</i> : Minimum 500mm between end diaphragm and abutment breast wall for steel bridges, concrete slab 200mm minimum, steel plates 8mm minimum. 4. <i>Instrumentation</i> : For complex large span bridges, instrumentation shall be implemented. 5. <i>Other</i> : None. 6. <i>References</i> : Design codes for Hungary and various other detailed codes.</p>	<p>7. <i>Bearings</i> : Jacking positions to be designed, bearings must be inspectable. 8. <i>Expansion joints</i> : 9. <i>Kerbs, parapets, railings</i> : 10. <i>Surfacing, waterproofing</i> : 11. <i>Drainage</i> : 12. <i>Hollow spaces, voids</i> : Must be accessible for inspection. 13. <i>Prestressing</i> : 14. <i>Other</i> : No details provided.</p>	<p>15a. <i>Platforms, landings, walkways, etc</i> : 15b. <i>Connections for platforms</i> : 15c. <i>Moveable platforms</i> : 15d. <i>Climbing or descending</i> : 15e. <i>Ladders, stairs, hoists, etc</i> : 15f. <i>Fall arrest, handrails</i> : 15g. <i>Lugs, connection points for rope access</i> : 15h. <i>Hatches, openings, manholes, etc</i> : 15i. <i>Lighting</i> : 15j. <i>Ventilation</i> : 15k. <i>Parking</i> : 15l. <i>Other</i> : No details provided.</p>	Case study provided of a planned monitoring system to be installed in a new cable stayed bridge. The monitoring system will include the following sensors: Meteorological monitoring Cable force monitoring Temperature monitoring Bearing movement monitoring Vibration monitoring.	
Japan	Yes	Yes	<p>1. <i>Structural Configurations</i> : Japan's Specification for Highway Bridges give principles to consider when designing a bridge that refer to inspections, maintenance and replacement. 2. <i>Material Choices</i> : Steel shall be resistant to atmospheric corrosion (possibly meaning weathering steel), specifications for admixtures and additives to improve quality of concrete, minimum concrete strengths specified which relate to W/C ratio which relate to concrete durability, specifications for pregrouted prestressing steel for protection of prestressing steel and bonding. 3. <i>Dimensions</i> : Minimum thickness of steel members considering the corrosive environment, minimum thicknesses of concrete dimensions in bridge decks, minimum thickness of orthotropic steel plate. 4. <i>Instrumentation</i> : In some bridges, instrumentation is installed but these are to test new technologies rather than for inspections, maintenance and replacement. 5. <i>Other</i> : Contained in the principles given in the specifications. 6. <i>References</i> : Specifications for Highway Bridges.</p>	<p>7. <i>Bearings</i> : Principles for the design of bearings include considering inspection, maintenance and replacement. 400mm is generally allowed between top of support and underside of deck. Reinforcement in the form of stiffeners to webs to be provide in main girders and cross beams for jacking. Connections between cross beam and main girder to be able to withstand jacking loads. 8. <i>Expansion joints</i> : Principles for the design of expansion joints include considering inspection, maintenance and replacement. 9. <i>Kerbs, parapets, railings</i> : Steel rails are to be protected against corrosion, concrete shall use high strength fibres to prevent abrasion and delamination from impacts. 10. <i>Surfacing, waterproofing</i> : Waterproofing layer shall be applied to prevent water permeating into deck concrete. 11. <i>Drainage</i> : Principles of designing for deck drainage indicate that "quick drainage" shall be considered and maintenance method and equipment available shall be considered in the design. 12. <i>Hollow spaces, voids</i> : None. 13. <i>Prestressing</i> : Principles given for design of external cables for maintenance. The design of anchorages and deviators shall be designed such that the cable is able to be replaced. 14. <i>Other</i> : None.</p>	<p>15a. <i>Platforms, landings, walkways, etc</i> : 15b. <i>Connections for platforms</i> : 15c. <i>Moveable platforms</i> : 15d. <i>Climbing or descending</i> : 15e. <i>Ladders, stairs, hoists, etc</i> : 15f. <i>Fall arrest, handrails</i> : 15g. <i>Lugs, connection points for rope access</i> : Casting of lugs are necessary for hanging scaffolding in consideration of future painting and maintenance. 15h. <i>Hatches, openings, manholes, etc</i> : 15i. <i>Lighting</i> : 15j. <i>Ventilation</i> : 15k. <i>Parking</i> : 15l. <i>Other</i> : No details given. However, Japan's Specification for Highway Bridges give principles to consider when designing a bridge that refer to inspections, maintenance and maintenance equipment to be used and items that need replacement.</p>	<p>Example of minimising steel usage in deck cross sections for reduced maintenance. Example of minimising number of precast concrete beams in deck cross section. The use of precast concrete produced in factories improves concrete quality and durability and reduces maintenance. Use and popularity of weathering steel in Japan as a material choice demonstrated in graph. Example given of concrete mix design to improve resistance against chloride penetration and alkali-silica reaction using increased proportions of blast-furnace slag. Example of use of ultra-high strength fibre reinforced concrete used with no reinforcing bars. The design of the anchor bolts for steel parapets tries to ensure that these will not be damaged in an impact and thus permits the easy replacement of the post and rails. The space at abutment galleries are designed to prevent leaking water from expansion joint to come into contact prestress cable anchorages. The space at girder/beam ends are designed for the inspection and replacement of the cables at the anchorages. Anchorages in the upper deck is not allowed. The space at top of piers are designed to permit the replacement of the bearings. Example given of an FRP plate used to replace a steel plate for a hatch opening which was too heavy.</p>	
Norway	Yes	Yes	<p>1. <i>Structural Configurations</i> : Specifications for geometries, dimensions, access, and design checking of certain bridges by NPRA for long term maintenance and performance. 2. <i>Material Choices</i> : Weathering steel, high performance concrete and stainless steel for certain environments. Self-compacting concrete for underwater casting. 3. <i>Dimensions</i> : Minimum dimensions for accessibility to hollow-box girders, bearings, expansion joints and hollow spaces of piers and pylons. 4. <i>Instrumentation</i> : None. 5. <i>Other</i> : Flow calculations for replacement of superstructure. 6. <i>References</i> : NPRA design specifications and inspection manuals.</p>	<p>7. <i>Bearings</i> : Provisions contained in inspection and design manuals. 8. <i>Expansion joints</i> : Provisions contained in inspection and design manuals. 9. <i>Kerbs, parapets, railings</i> : Provisions contained in inspection and design manuals. 10. <i>Surfacing, waterproofing</i> : Provisions contained in inspection and design manuals. 11. <i>Drainage</i> : Provisions contained in inspection and design manuals. 12. <i>Hollow spaces, voids</i> : Provisions contained in inspection and design manuals. 13. <i>Prestressing</i> : Provisions contained in inspection and design manuals. 14. <i>Other</i> :</p>	<p>15a. <i>Platforms, landings, walkways, etc</i> : Provided on large truss, cantilever, cable-stayed and suspension bridges. 15b. <i>Connections for platforms</i> : Provided on large cable-stayed and suspension bridges. 15c. <i>Moveable platforms</i> : Provided on large cable-stayed and suspension bridges. 15d. <i>Climbing or descending</i> : 15e. <i>Ladders, stairs, hoists, etc</i> : Ladders and stairs inside cantilever and truss bridges. Lifts inside pylons of suspension bridges. 15f. <i>Fall arrest, handrails</i> : Mainly handrails provided. 15g. <i>Lugs, connection points for rope access</i> : Inside cantilever bridges. 15h. <i>Hatches, openings, manholes, etc</i> : In hollow box girders. 15i. <i>Lighting</i> : Inside closed spaces. 15j. <i>Ventilation</i> : Inside steel box girders 15k. <i>Parking</i> : 15l. <i>Other</i> :</p>	<p>Hardanger Bridge: suspension bridge, 1.3km long main span. For Material choice, main and hanger cables are hot dip galvanised. Instrumentation monitors humidity inside of steel box girder and wind, rain and temperature monitors. Warning lights for ship and air traffic also installed. Bearings, expansion joints and parapets/railings details given. Polyurethane coating used for waterproofing under 80mm asphalt. Deck scuppers installed. Inside of hollow box steel girder and pylon is dehumidified. Deck steel is painted with protective coating. Side spans and pylons constructed from concrete. Rails are installed on the soffit for the permanent inspection platform. Platforms, stairs, ladders, elevators are installed inside pylons. Lugs installed on outside of pylons for climbing equipment. Railings installed and lathways for fall arrest. Lighting installed inside hollow spaces. Openings with hatches installed.</p>	

Country	Questionnaire	Case Study	Conceptual Design	Detail Design	Safe Access	Case Study	Comments
Portugal	Yes	Yes	<p>1. <i>Structural Configurations</i> : Integral/continuous structures favoured.</p> <p>2. <i>Material Choices</i> : Protective coatings to steel, and coatings to rehabilitated concrete.</p> <p>3. <i>Dimensions</i> : Clearances at abutments/piers for bearing inspection/replacement.</p> <p>4. <i>Instrumentation</i> : Installed for certain bridges.</p> <p>5. <i>Other</i> : None.</p> <p>6. <i>References</i> : Internal guidelines.</p>	<p>7. <i>Bearings</i> : Internal guidelines.</p> <p>8. <i>Expansion joints</i> : Must have a drainage system.</p> <p>9. <i>Kerbs, parapets, railings</i> : Must not allow climbing over or passing through.</p> <p>10. <i>Surfacing, waterproofing</i> : None.</p> <p>11. <i>Drainage</i> : Provisions for deck drainage, bearing shelf, internal voids, at abutments.</p> <p>12. <i>Hollow spaces, voids</i> : Provisions for accessibility in hollow spaces.</p> <p>13. <i>Prestressing</i> : Additional ducts allowed for external post tensioning. For non-grouted internal post tensioning, phased replacement of cables must be considered.</p> <p>14. <i>Other</i> : Access to built-in monitoring systems must be considered.</p>	<p>15a. <i>Platforms, landings, walkways, etc</i> : In access to abutments and landing in front of abutments.</p> <p>15b. <i>Connections for platforms</i> :</p> <p>15c. <i>Moveable platforms</i> :</p> <p>15d. <i>Climbing or descending</i> : In front of abutments.</p> <p>15e. <i>Ladders, stairs, hoists, etc</i> : Ladders inside hollow piers and on abutments.</p> <p>15f. <i>Fall arrest, handrails</i> : Handrails and harness connection points for ladders, platforms, etc.</p> <p>15g. <i>Lugs, connection points for rope access</i> :</p> <p>15h. <i>Hatches, openings, manholes, etc</i> : For access to hollow spaces.</p> <p>15i. <i>Lighting</i> : Inside hollow spaces.</p> <p>15j. <i>Ventilation</i> :</p> <p>15k. <i>Parking</i> :</p> <p>15l. <i>Other</i> : Sidewalks on bridges.</p>	<p>Example of integral bridge.</p> <p>Protective coating to concrete bridge.</p> <p>Clearance at abutment for bearing inspection replacement.</p> <p>Example of instrumentation to monitor concrete degradation and structural displacements.</p> <p>Example of drip channel.</p> <p>Piers adapted to receive platform for bearing replacement.</p> <p>Anti slide cover on expansion joint.</p> <p>Parapets with additional height protection for railway.</p> <p>Waterproofing membrane.</p> <p>Example of deck drainage.</p> <p>Lighting located in central reserve to facilitate the use of UBIU on outer edges.</p> <p>Walkway in front of abutments.</p> <p>Example of ladder, handrail, lighting.</p>	
Romania-Timisoara	Yes	No	<p>1. <i>Structural Configurations</i> : No specifications, but rather left to the experience of the designer, for example continuous structures preferred, design of jacking points for bearings replacement.</p> <p>2. <i>Material Choices</i> : Contained in PD165/2012 Norm, durability specifications for concrete.</p> <p>3. <i>Dimensions</i> : Contained in PD165/2012 Norm.</p> <p>4. <i>Instrumentation</i> : None.</p> <p>5. <i>Other</i> : None.</p> <p>6. <i>References</i> : Procedural manual for inspections which inform technical guidelines for design, also contained in PD165/2012 Norm.</p>	<p>7. <i>Bearings</i> :</p> <p>8. <i>Expansion joints</i> :</p> <p>9. <i>Kerbs, parapets, railings</i> :</p> <p>10. <i>Surfacing, waterproofing</i> :</p> <p>11. <i>Drainage</i> :</p> <p>12. <i>Hollow spaces, voids</i> :</p> <p>13. <i>Prestressing</i> :</p> <p>14. <i>Other</i> :</p> <p>No detail provided.</p>	<p>15a. <i>Platforms, landings, walkways, etc</i> :</p> <p>15b. <i>Connections for platforms</i> :</p> <p>15c. <i>Moveable platforms</i> :</p> <p>15d. <i>Climbing or descending</i> :</p> <p>15e. <i>Ladders, stairs, hoists, etc</i> :</p> <p>15f. <i>Fall arrest, handrails</i> :</p> <p>15g. <i>Lugs, connection points for rope access</i> :</p> <p>15h. <i>Hatches, openings, manholes, etc</i> :</p> <p>15i. <i>Lighting</i> :</p> <p>15j. <i>Ventilation</i> :</p> <p>15k. <i>Parking</i> :</p> <p>15l. <i>Other</i> :</p> <p>No detail provided.</p>	<p>No detail provided, old version of template used.</p>	
Romania-Bucharest	Yes	No	<p>1. <i>Structural Configurations</i> : Integral/continuous bridges, design of cross-beams for jacking to replace bearings.</p> <p>2. <i>Material Choices</i> : Durability specifications for concrete.</p> <p>3. <i>Dimensions</i> : Contained in national standards from European Norms.</p> <p>4. <i>Instrumentation</i> : None.</p> <p>5. <i>Other</i> : None.</p> <p>6. <i>References</i> : None.</p>	<p>7. <i>Bearings</i> :</p> <p>8. <i>Expansion joints</i> :</p> <p>9. <i>Kerbs, parapets, railings</i> :</p> <p>10. <i>Surfacing, waterproofing</i> :</p> <p>11. <i>Drainage</i> :</p> <p>12. <i>Hollow spaces, voids</i> :</p> <p>13. <i>Prestressing</i> :</p> <p>14. <i>Other</i> :</p> <p>No detail provided.</p>	<p>15a. <i>Platforms, landings, walkways, etc</i> :</p> <p>15b. <i>Connections for platforms</i> :</p> <p>15c. <i>Moveable platforms</i> :</p> <p>15d. <i>Climbing or descending</i> :</p> <p>15e. <i>Ladders, stairs, hoists, etc</i> :</p> <p>15f. <i>Fall arrest, handrails</i> :</p> <p>15g. <i>Lugs, connection points for rope access</i> :</p> <p>15h. <i>Hatches, openings, manholes, etc</i> :</p> <p>15i. <i>Lighting</i> :</p> <p>15j. <i>Ventilation</i> :</p> <p>15k. <i>Parking</i> :</p> <p>15l. <i>Other</i> :</p> <p>No detail provided.</p>	<p>No detail provided, old version of template used.</p>	
South Africa	Yes	Yes	<p>1. <i>Structural Configurations</i> : Integral bridges for lengths < 60m, continuous decks preferred, void formers in voided deck slabs not permitted, only internally bonded post tensioning used.</p> <p>2. <i>Material Choices</i> : Durability specifications for concrete, steel must be galvanised or coated or both depending on exposure, galvanised reinforcement used in parapets.</p> <p>3. <i>Dimensions</i> : Minimum clearances and space at bearings for jacking and replacement, minimum embankment slopes, minimum sizes of access openings and voids for Health and Safety reasons.</p> <p>4. <i>Instrumentation</i> : None.</p> <p>5. <i>Other</i> :</p> <p>6. <i>References</i> : Procedural design codes, typical details, Health and Safety regulations.</p>	<p>7. <i>Bearings</i> : Adaptor plates for bearings and materials selected to suit the environmental exposure conditions.</p> <p>8. <i>Expansion joints</i> : Expansion joint ends must terminate with upturned ends in the kerbs/parapets.</p> <p>9. <i>Kerbs, parapets, railings</i> : Concrete parapets/railings proffered due to risk of theft of steel elements. Sidewalks to cater for provision of future services. No paving slabs/blocks permitted for sidewalk surfaces due to theft/vandalism.</p> <p>10. <i>Surfacing, waterproofing</i> : None.</p> <p>11. <i>Drainage</i> : Direct discharge scuppers, no internal or external piping systems to be used. Deck voids, bearing shelves to cater for drainage and drip notches on deck edges.</p> <p>12. <i>Hollow spaces, voids</i> : Abutment galleries to be provided for large bridges where multi-element joints specified to facilitate inspection/maintenance/replacement of joints and bearings.</p> <p>13. <i>Prestressing</i> : Only internally bonded post tensioning used.</p> <p>14. <i>Other</i> : Stone pitching on embankments in front of abutments and a horizontal landing in front of the abutment is not permitted due to homeless people vandalism.</p>	<p>15a. <i>Platforms, landings, walkways, etc</i> :</p> <p>15b. <i>Connections for platforms</i> :</p> <p>15c. <i>Moveable platforms</i> :</p> <p>15d. <i>Climbing or descending</i> :</p> <p>15e. <i>Ladders, stairs, hoists, etc</i> :</p> <p>15f. <i>Fall arrest, handrails</i> :</p> <p>15g. <i>Lugs, connection points for rope access</i> :</p> <p>15h. <i>Hatches, openings, manholes, etc</i> :</p> <p>15i. <i>Lighting</i> :</p> <p>15j. <i>Ventilation</i> :</p> <p>15k. <i>Parking</i> :</p> <p>15l. <i>Other</i> : Personal security for inspectors and maintenance people sometimes used in dangerous areas.</p> <p>Other example given in Case Study.</p>	<p>Example of integral bridge.</p> <p>Durability Concrete specification given.</p> <p>Space requirements on piers for jacking for bearing replacement.</p> <p>Adaptor plates.</p> <p>Upturned ends of expansion joints.</p> <p>Direct discharge deck scuppers and drip-notch.</p> <p>Abutment galleries.</p> <p>Access chamber on pier head to inspect bearing and undertake maintenance.</p> <p>Platforms, Ladders, handrails, openings inside inclined legs of concrete arch.</p> <p>Abseil rope hooks for external inspection of high piers.</p> <p>Manholes, openings, etc. inside hollow concrete box girder.</p>	
South Korea	Yes	Yes	<p>1. <i>Structural Configurations</i> : Integral and semi-integral bridges for lengths < 100m. Minimisation of bearings by design monolithic connections between pier and deck.</p> <p>2. <i>Material Choices</i> : Fatigue design of steel bridges and durability requirements for concrete bridges dictated by design life requirements (100 years), use of ultra high performance concrete in some cases, latex modified concrete as wearing course is used.</p> <p>3. <i>Dimensions</i> : Minimum thickness of deck slab is 220mm, minimum clearance for bearing replacement 200mm.</p> <p>4. <i>Instrumentation</i> : Large span bridges (>200m) require instrumentation for earthquake monitoring.</p> <p>5. <i>Other</i> :</p> <p>6. <i>References</i> : None.</p>	<p>7. <i>Bearings</i> : Space allowances for jacking and bearing replacement, strengthening with stiffeners for jacking, installation of platforms where not enough space on pier/abutment for jacking.</p> <p>8. <i>Expansion joints</i> : Drainage trough installed under expansion joint for leakage.</p> <p>9. <i>Kerbs, parapets, railings</i> : None.</p> <p>10. <i>Surfacing, waterproofing</i> : Latex modified concrete as wearing course is used with reduced curing time for bridges in operation.</p> <p>11. <i>Drainage</i> : Minimum slope of drainage pipes to be 3%. Drainage cover at embankment slopes to prevent overflow. Drainage scuppers near piers must be piped to prevent staining/corrosion of pier face.</p> <p>12. <i>Hollow spaces, voids</i> : Minimum sizes for manholes and hollow boxes specified. Ventilation installed for steel box girders.</p> <p>13. <i>Prestressing</i> : Currently undertaking research to develop a "smart strand" that monitors stress levels.</p> <p>14. <i>Other</i> : Bridge health monitoring (instrumentation) installed on long span cable supported bridges.</p>	<p>15a. <i>Platforms, landings, walkways, etc</i> : Inspection platforms at abutments and piers.</p> <p>15b. <i>Connections for platforms</i> :</p> <p>15c. <i>Moveable platforms</i> : Bridge inspection lift used when height < 6.5m and under bridge inspection vehicle used when height > 6.5m.</p> <p>15d. <i>Climbing or descending</i> : Steps at abutments</p> <p>15e. <i>Ladders, stairs, hoists, etc</i> :</p> <p>15f. <i>Fall arrest, handrails</i> :</p> <p>15g. <i>Lugs, connection points for rope access</i> :</p> <p>15h. <i>Hatches, openings, manholes, etc</i> :</p> <p>15i. <i>Lighting</i> : Installation of lighting inside of hollow spaces became a maintenance issue on its own. Now head lamps are rather used in these spaces.</p> <p>15j. <i>Ventilation</i> : Installed every 20m inside hollow steel box girders, 150mm dia.</p> <p>15k. <i>Parking</i> :</p> <p>15l. <i>Other</i> :</p>	<p>Platforms and walkway around pier head.</p>	

Country	Questionnaire	Case Study	Conceptual Design	Detail Design	Safe Access	Case Study	Comments
Spain	Yes	Yes	<p>1. <i>Structural Configurations</i> : None.</p> <p>2. <i>Material Choices</i> : Dictated by service life of bridges (100 years) as given in Eurocode.</p> <p>3. <i>Dimensions</i> : Vertical clearances to road below > 5.5m.</p> <p>4. <i>Instrumentation</i> : None.</p> <p>5. <i>Other</i> : None.</p> <p>6. <i>References</i> : None.</p>	<p>7. <i>Bearings</i> :</p> <p>8. <i>Expansion joints</i> :</p> <p>9. <i>Kerbs, parapets, railings</i> :</p> <p>10. <i>Surfacing, waterproofing</i> :</p> <p>11. <i>Drainage</i> :</p> <p>12. <i>Hollow spaces, voids</i> :</p> <p>13. <i>Prestressing</i> :</p> <p>14. <i>Other</i> :</p> <p>Details are specific to each bridge and no codes/specifications guiding the design of these items for inspection, maintenance and replacement.</p>	<p>15a. <i>Platforms, landings, walkways, etc</i> :</p> <p>15b. <i>Connections for platforms</i> :</p> <p>15c. <i>Moveable platforms</i> :</p> <p>15d. <i>Climbing or descending</i> :</p> <p>15e. <i>Ladders, stairs, hoists, etc</i> :</p> <p>15f. <i>Fall arrest, handrails</i> :</p> <p>15g. <i>Lugs, connection points for rope access</i> :</p> <p>15h. <i>Hatches, openings, manholes, etc</i> :</p> <p>15i. <i>Lighting</i> :</p> <p>15j. <i>Ventilation</i> :</p> <p>15k. <i>Parking</i> :</p> <p>15l. <i>Other</i> :</p> <p>Details are specific to each bridge and no codes/specifications guiding the design of these items for inspection, maintenance and replacement.</p>	<p>Interesting example of bearing configuration to assist replacement, with 2 elastomeric bearings under deck and 2 between the deck and upper side of abutment. Needs to be explained.</p> <p>Access openings into hollow box girders at ends.</p> <p>Platforms and access walkways on inclined legs of arch.</p> <p>Permanent moveable platform for cable stayed bridge, first used during construction of spans and now used for maintenance.</p> <p>Lift on exterior of pylon for cable stayed bridge. Ladder internally.</p> <p>Lighting inside concrete hollow box.</p>	
Switzerland	Yes	No	<p>1. <i>Structural Configurations</i> : Integral bridges used whenever possible. If bridge contains expansion joints and bearings, then inspection chambers required.</p> <p>2. <i>Material Choices</i> : Durability specifications for concrete, use of weathering steel, protection coatings, UHPC and galvanised rebar where needed.</p> <p>3. <i>Dimensions</i> : Space requirements for bearing replacements, all voids must be accessible for inspections.</p> <p>4. <i>Instrumentation</i> : Only in exceptional circumstances.</p> <p>5. <i>Other</i> : None.</p> <p>6. <i>References</i> : Various national standards listed.</p>	<p>7. <i>Bearings</i> : Requirement of a bearing plan to be submitted that considers design, installation, maintenance and replacement of bearings during its life. Min clearance of 200mm between bearing shelf and deck soffit.</p> <p>8. <i>Expansion joints</i> : Inspection chambers required at abutments for joint with minimum dimensions. Expansion joint must have separate drainage and chamber must have separate drainage.</p> <p>9. <i>Kerbs, parapets, railings</i> : Railings must be installed using "levitating" ground plates, to permit easy replacement of the post and rails? Hydrophobic coatings for kerbs and parapets is now common.</p> <p>10. <i>Surfacing, waterproofing</i> : None.</p> <p>11. <i>Drainage</i> : Polyethylene and stainless steel material. Cannot be cast-in. Voids must be drained. Drainage ducts outside of hollow box girders preferred.</p> <p>12. <i>Hollow spaces, voids</i> : Voids must be accessible and ventilated. Minimum manhole size 800mm dia.</p> <p>13. <i>Prestressing</i> : Internal grouted post tensioning common, with three corrosion protection categories, namely tendons inside steel ducts, tendons inside plastic ducts and tendons that re electrically insulated.</p> <p>14. <i>Other</i> : None.</p>	<p>15a. <i>Platforms, landings, walkways, etc</i> :</p> <p>15b. <i>Connections for platforms</i> :</p> <p>15c. <i>Moveable platforms</i> :</p> <p>15d. <i>Climbing or descending</i> :</p> <p>15e. <i>Ladders, stairs, hoists, etc</i> :</p> <p>15f. <i>Fall arrest, handrails</i> :</p> <p>15g. <i>Lugs, connection points for rope access</i> :</p> <p>15h. <i>Hatches, openings, manholes, etc</i> :</p> <p>15i. <i>Lighting</i> :</p> <p>15j. <i>Ventilation</i> :</p> <p>15k. <i>Parking</i> :</p> <p>15l. <i>Other</i> :</p> <p>No details given.</p>	No details given.	
USA-FHWA	Yes	No	<p>1. <i>Structural Configurations</i> :</p> <p>2. <i>Material Choices</i> :</p> <p>3. <i>Dimensions</i> : AASHTO LRFD Bridge Design Specifications</p> <p>4. <i>Instrumentation</i> :</p> <p>5. <i>Other</i> :</p> <p>6. <i>References</i> :</p> <p>The responsibility for these provisions mostly reside with the individual States.</p>	<p>7. <i>Bearings</i> :</p> <p>8. <i>Expansion joints</i> :</p> <p>9. <i>Kerbs, parapets, railings</i> :</p> <p>10. <i>Surfacing, waterproofing</i> :</p> <p>11. <i>Drainage</i> :</p> <p>12. <i>Hollow spaces, voids</i> :</p> <p>13. <i>Prestressing</i> :</p> <p>14. <i>Other</i> :</p> <p>No detail provided.</p>	<p>15a. <i>Platforms, landings, walkways, etc</i> :</p> <p>15b. <i>Connections for platforms</i> :</p> <p>15c. <i>Moveable platforms</i> :</p> <p>15d. <i>Climbing or descending</i> :</p> <p>15e. <i>Ladders, stairs, hoists, etc</i> :</p> <p>15f. <i>Fall arrest, handrails</i> :</p> <p>15g. <i>Lugs, connection points for rope access</i> :</p> <p>15h. <i>Hatches, openings, manholes, etc</i> :</p> <p>15i. <i>Lighting</i> :</p> <p>15j. <i>Ventilation</i> :</p> <p>15k. <i>Parking</i> :</p> <p>15l. <i>Other</i> :</p> <p>No details given.</p>	No details given.	
USA-Wisconsin	Yes	Yes	<p>1. <i>Structural Configurations</i> : Use of integral structures, use of approach slabs to prevent settlement of approaches.</p> <p>2. <i>Material Choices</i> : Stainless steel or epoxy coated rebar in bridge decks and parapets, UHPC in some cases.</p> <p>3. <i>Dimensions</i> : Maximum height of fence/parapet for UBIJ access, minimum dimensions of steel plates given in design specifications.</p> <p>4. <i>Instrumentation</i> : Instrumentation provided on some research projects, but non for inspections, maintenance and replacements.</p> <p>5. <i>Other</i> : None.</p> <p>6. <i>References</i> : WISDOT Bridge Manual and Standards, ASHTO LRFD Bridge Design Specifications</p>	<p>7. <i>Bearings</i> : Minimum dimensions specified for jacking space. Laminated elastomeric bearings proffered over steel bearings.</p> <p>8. <i>Expansion joints</i> : Modular joints used for greater movements. Expansion joints are always minimised.</p> <p>9. <i>Kerbs, parapets, railings</i> : None.</p> <p>10. <i>Surfacing, waterproofing</i> : Polymer overlays to seal deck.</p> <p>11. <i>Drainage</i> : Downspout of deck drainage to extend minimum distances below bottom deck girder.</p> <p>12. <i>Hollow spaces, voids</i> : These spaces are avoided if possible in the design.</p> <p>13. <i>Prestressing</i> : Attempts to join cut prestressed strands using GRABB-IT Cable splice.</p> <p>14. <i>Other</i> : None.</p>	<p>15a. <i>Platforms, landings, walkways, etc</i> :</p> <p>15b. <i>Connections for platforms</i> :</p> <p>15c. <i>Moveable platforms</i> :</p> <p>15d. <i>Climbing or descending</i> :</p> <p>15e. <i>Ladders, stairs, hoists, etc</i> :</p> <p>15f. <i>Fall arrest, handrails</i> : Eye-bolt lugs installed in front of abutment face for hooking harness in front of abutments to perform inspections.</p> <p>15g. <i>Lugs, connection points for rope access</i> :</p> <p>15h. <i>Hatches, openings, manholes, etc</i> :</p> <p>15i. <i>Lighting</i> : Installed in some cases.</p> <p>15j. <i>Ventilation</i> : Installed in some cases.</p> <p>15k. <i>Parking</i> :</p> <p>15l. <i>Other</i> :</p>	<p>Detail of standard approach slab.</p> <p>Use of stainless steel rebar.</p> <p>Use of laminated elastomeric bearings.</p> <p>Polymer overlays for overlays.</p> <p>Detail of downspout from deck drainage to extend beyond bottom of girder.</p> <p>Detail of eye-bolt lugs installed in front of abutment face for hooking harness in front of abutments to perform inspections.</p>	

APÉNDICE C: EJEMPLOS DE DISPOSICIONES DEL PROYECTO BÁSICO

Canadá-Quebec



Ejemplo de estructura totalmente integrada para luces de menos de 20 m.



Uso de acero Corten que se pinta en las juntas de dilatación.

China			
Monitoring item	Reason of monitoring	Commonly used apparatus	Photos
Wind field	The wind field over the bridge deck has significant influence to vehicle driving and structural safety. As for river and sea crossing cable supported bridges, the wind speed and direction would be measured in general.	Anemometer	
Environmental temperature & humidity	Mainly monitor the air temperature and humidity inside steel box girder, and also assist to monitor the working condition of dehumidifier, so as to assist and guide the maintenance and repair works of steel box girders.	Temperature & humidity instrument	
Structure temperature	Use to analyse the effect of structural temperature field to the structural static response, so that static testing & identification method can be based on for reflection of the structural reference status, which is in turn used for provision of information on structural analysis at a regular basis.	Structural temperature measurement gauge	
Vibration properties	Bridge dynamic property parameters (frequency, vibration mode, modal damping coefficient) are signs for the quality deteriorations of bridge structural elements.	Accelerometer	
Spatial displacement	Bridge pier settlement and tower deformation etc. are the most intuitive response of the bridge safety.	GPS	
Deck girder deformation	The main deck girder deformation will vary following the load distribution and load magnitude, and its downward displacement is an important index to reflect the loading condition.	Pressure Transmitter	
Deck girder displacement	The main deck girder longitudinal deformation is realized through main girder displacements at the bearing and expansion joint positions. If the deck girder longitudinal deformation is abnormal, then there will be hazard to the bridge safety.	Pull rope displacement meter	
Stay cable vibration and cable force	After bridge completion, the stay cables are easy to be damaged due to fatigue and corrosion, and their lives are sometimes shorter than that of other bridge structural elements. Thus, should timely master the stay cable internal forces and their variation characteristics for judgement of structural safety, and determine whether cable replacement is needed.	Stay cable accelerometer	
Structure strain	The structural damage status will lead to stress over limit or stress abnormal redistribution. Through strain monitoring to master the stress conditions due external loadings like vehicle load, wind load, temperature field and earthquake etc. Whether the stress level at measurement positions are safe or not, it can be judged directly.	Optical fiber grating strain gauge	

Monitoring item	Reason of monitoring	Commonly used apparatus	Photos
Concrete corrosion	For bridge structure in marine environment, especially various types of reinforced or prestressed concrete structures in water splash zone or water level fluctuation zone, they are easily to be corroded by high chloride content inside seawater.	Corrosion meter	
Riverbed scouring	Riverbed scouring will cause a variation in pile free length, and hence obviously change the pile structure bearing capacity.	Ultrasonic scouring measurement meter	
Vehicle loading	Vehicle loading is the major load to be sustained by the bridge. It would not only cause structural fatigue issue, but also lead to inadequate bearing capacity and collapse.	Vehicle loading system	
Bearing reaction	Bearing is an important boundary condition of the bridge. The bridge bearing working condition would closely relate to whether the bridge can properly function. Thus, its behaviour shall be monitored if the condition is permitted.	Bearing reaction meter	

Sistemas de monitorización de la salud de uso común en China.

Japón

<p>3.1 Steel Materials</p> <p>(1) The steel materials shall have certain mechanical properties such as strength, elongation and toughness, chemical composition, limitations on harmful ingredients, geometric dimensions such as thickness and warping, and quality.</p> <p>(2) The steel materials given in Tables 3.1.1 and 3.1.2 are deemed to satisfy (1).</p> <p style="text-align: center;">Table 3.1.1 Steel Materials (JIS)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Steel type</th> <th>Standard</th> <th>Steel material symbol</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">1) Steels</td> <td>JIS G 3101</td> <td>Rolled steels for general structure SS400</td> </tr> <tr> <td>JIS G 3106</td> <td>Rolled steels for welded structure SM400, SM490, SM490Y, SM520, SM570</td> </tr> <tr> <td>JIS G 3114</td> <td>Hot-rolled atmospheric corrosion resisting steels for welded structure SMA400W, SMA490W, SMA570W</td> </tr> </tbody> </table>	Steel type	Standard	Steel material symbol	1) Steels	JIS G 3101	Rolled steels for general structure SS400	JIS G 3106	Rolled steels for welded structure SM400, SM490, SM490Y, SM520, SM570	JIS G 3114	Hot-rolled atmospheric corrosion resisting steels for welded structure SMA400W, SMA490W, SMA570W	<p style="text-align: center;">Table 3.2.1 Standards or Stipulations of Materials for Concrete</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Material type</th> <th>Standard or stipulation</th> <th>Remarks</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">1) Cement</td> <td>JIS R 5210</td> <td>Portland cement</td> <td rowspan="2">Normal, High-early-strength</td> </tr> <tr> <td>JIS R 5211</td> <td>Portland blast-furnace slag cement</td> </tr> <tr> <td>2) Water</td> <td>JIS A 5308 Appendix C</td> <td>Water used for loading ready mixed concrete</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3) Aggregate</td> <td>JIS A 5308 Appendix A</td> <td>Aggregate for ready mixed concrete</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4) Additive</td> <td>JIS A 6204</td> <td>Chemical admixtures for concrete</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">5) Admixture</td> <td>JIS A 6201</td> <td>Fly ash for use in concrete</td> <td></td> </tr> <tr> <td>JIS A 6206</td> <td>Ground granulated blast-furnace slag for concrete</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Material type	Standard or stipulation	Remarks	1) Cement	JIS R 5210	Portland cement	Normal, High-early-strength	JIS R 5211	Portland blast-furnace slag cement	2) Water	JIS A 5308 Appendix C	Water used for loading ready mixed concrete		3) Aggregate	JIS A 5308 Appendix A	Aggregate for ready mixed concrete		4) Additive	JIS A 6204	Chemical admixtures for concrete		5) Admixture	JIS A 6201	Fly ash for use in concrete		JIS A 6206	Ground granulated blast-furnace slag for concrete	
Steel type	Standard	Steel material symbol																																					
1) Steels	JIS G 3101	Rolled steels for general structure SS400																																					
	JIS G 3106	Rolled steels for welded structure SM400, SM490, SM490Y, SM520, SM570																																					
	JIS G 3114	Hot-rolled atmospheric corrosion resisting steels for welded structure SMA400W, SMA490W, SMA570W																																					
Material type	Standard or stipulation	Remarks																																					
1) Cement	JIS R 5210	Portland cement	Normal, High-early-strength																																				
	JIS R 5211	Portland blast-furnace slag cement																																					
2) Water	JIS A 5308 Appendix C	Water used for loading ready mixed concrete																																					
3) Aggregate	JIS A 5308 Appendix A	Aggregate for ready mixed concrete																																					
4) Additive	JIS A 6204	Chemical admixtures for concrete																																					
5) Admixture	JIS A 6201	Fly ash for use in concrete																																					
	JIS A 6206	Ground granulated blast-furnace slag for concrete																																					

Especificaciones de los aceros laminados en caliente resistentes a la corrosión atmosférica para estructuras soldadas.

Especificación de materiales para mezclas de hormigón

Table 3.2.2 Minimum Specified Compressive Strength of Concrete (N/mm²)

Member type		Minimum specified compressive strength
Plain concrete member		18
Reinforced concrete member		21
Prestressed concrete member	Pretensioning method	36
	Post-tensioning method	30

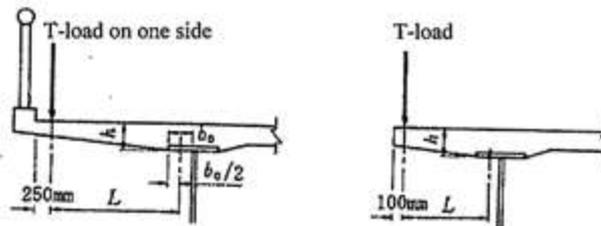
Resistencia a la compresión mínima especificada del hormigón.

Table 9.2.4 Minimum Deck Thickness of Roadway

Deck type	Span direction of deck (mm)	
	Perpendicular to vehicle running direction	Parallel to vehicle running direction
Simple deck	$40L + 110$	$65L + 130$
Continuous deck	$30L + 110$	$50L + 130$
CantileverCantilever deck	$0 < L \leq 0.25$	$280L + 160$
	$L > 0.25$	$80L + 210$
		$240L + 130$

where

L : Span (m) of deck with respect to T-load shown in Clause 9.2.3

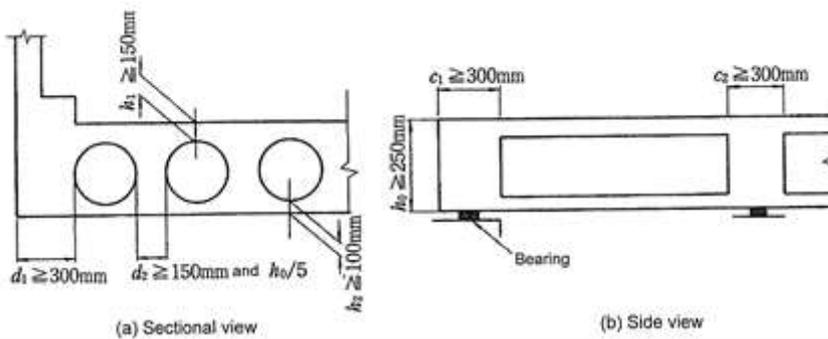


(a) Main reinforcement perpendicular to vehicle running direction

(b) Main reinforcement parallel to vehicle running direction

Figure 9.2.3 Minimum Total Thickness of Cantilever Deck h

Espesores mínimos de tableros de hormigón.

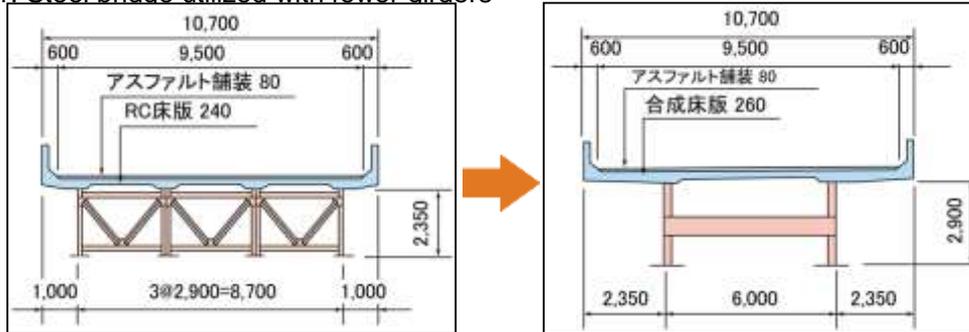


(a) Sectional view

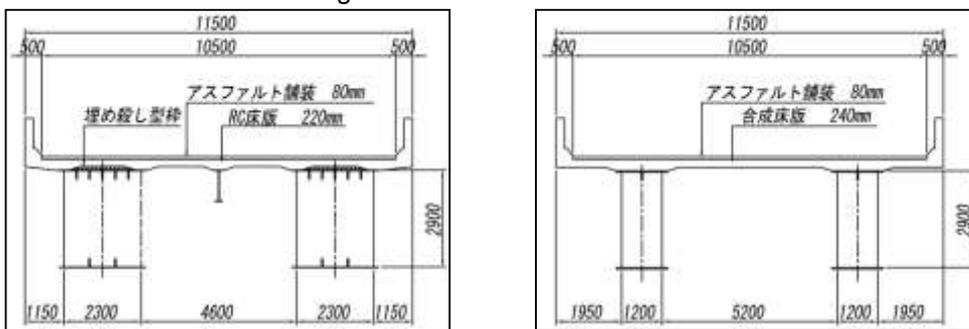
(b) Side view

Dimensiones mínimas de los puentes de losa aligerada.

1. Steel bridge utilized with fewer girders

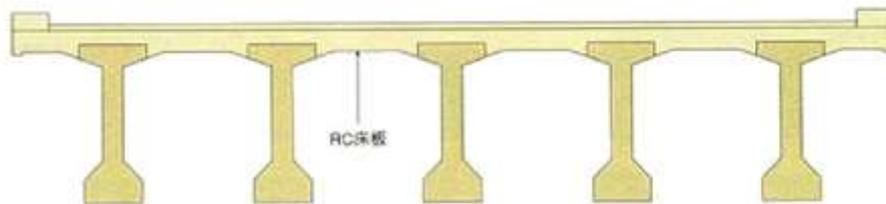


2. Narrow section steel box girder

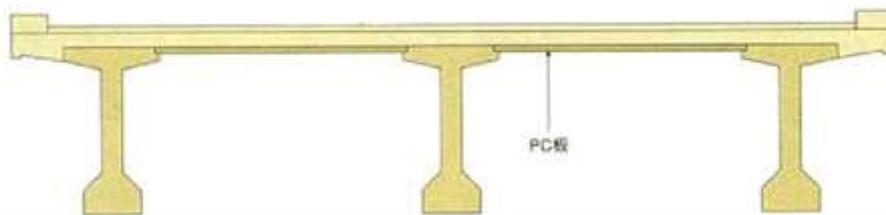


Ejemplos de la reducción del número de elementos de acero utilizados en vigas.

■ 従来のPC合成桁橋



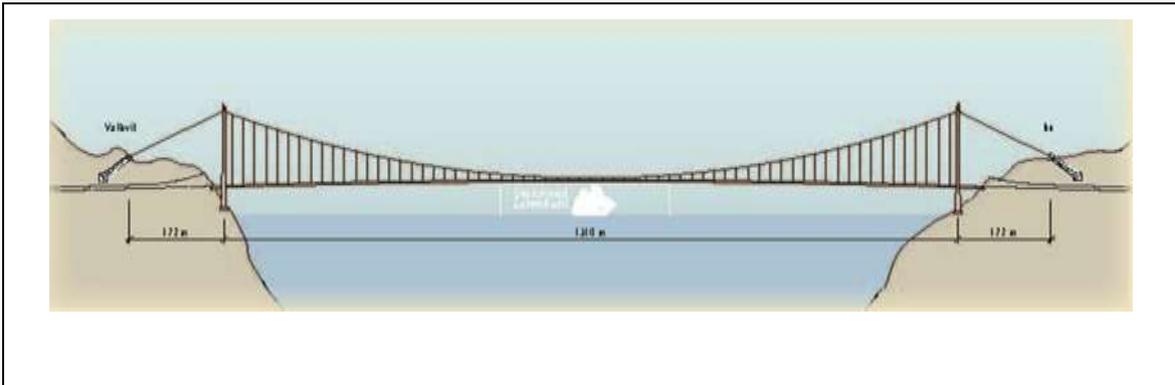
■ PCコンボ橋



Ejemplo de reducción del número de vigas con encofrado empotrado para hormigón y forjado compuesto con hormigón colado in situ.



Noruega



Puente de Hardanger. Descripción de la elección del material:

Pilonos: Hormigón B45 SV-30/SV-40

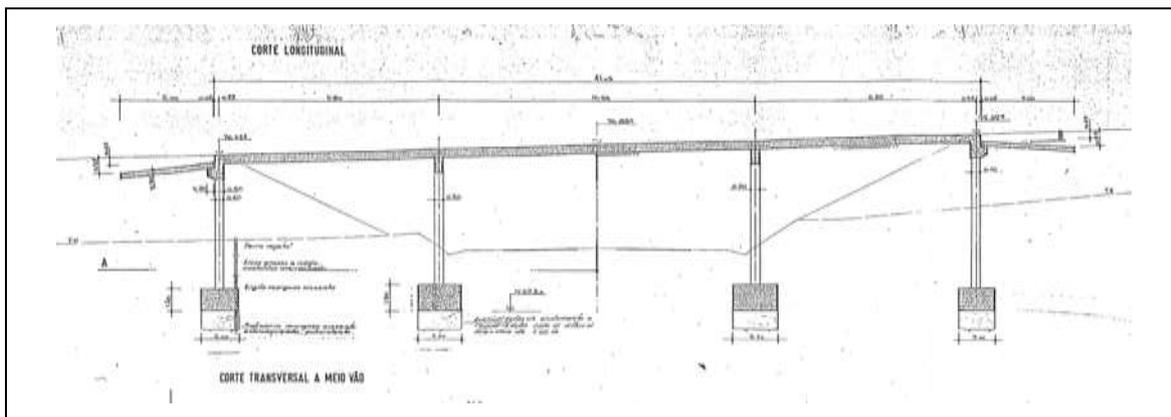
Vanos laterales: Hormigón B45 SV-40

Viga cajón de acero: S355N/NL - NS-EN 10025-3, S

Cables principales: 2x 10032 alambres galvanizados en caliente con un diámetro de 5,30 mm, resistencia a la tracción 1570 MPa.

Péndolas: Cables de bobina bloqueados con un diámetro de 68 mm fabricados con alambres galvanizados en caliente con una resistencia a la tracción de 1570 MPa.

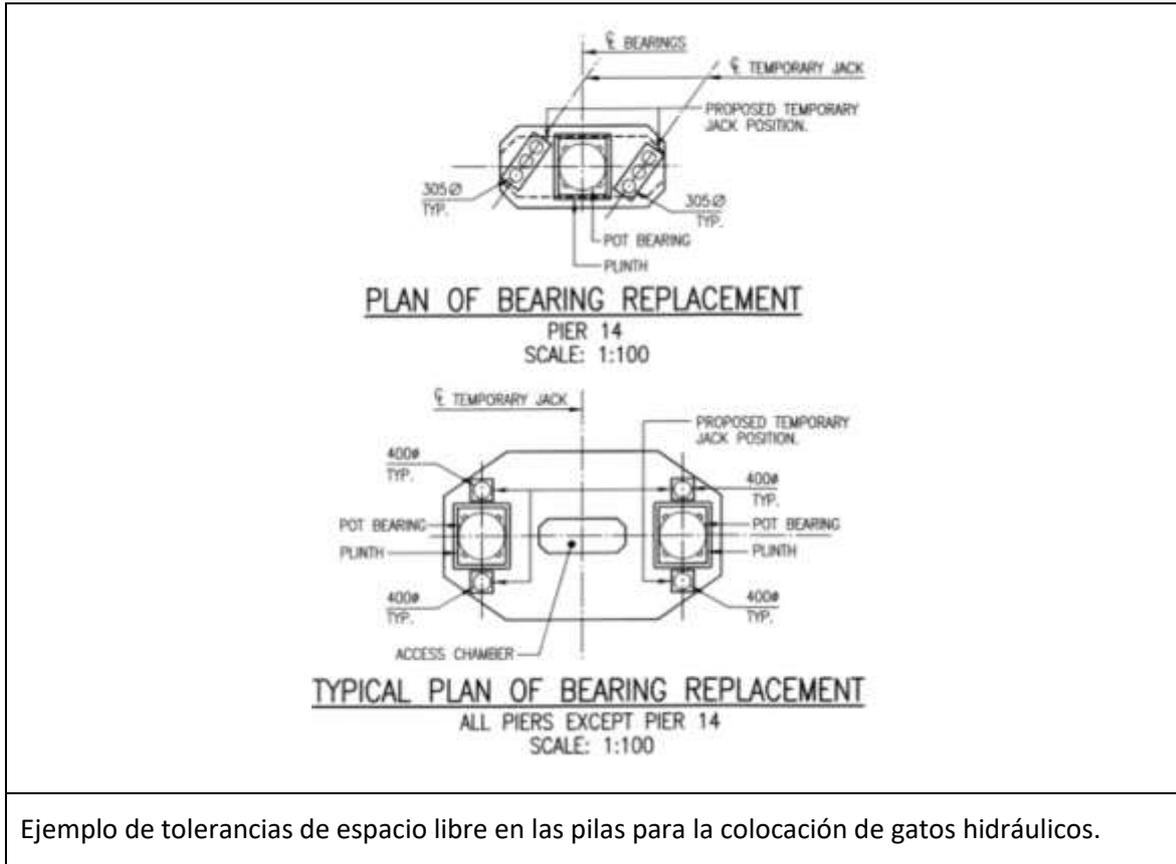
Portugal



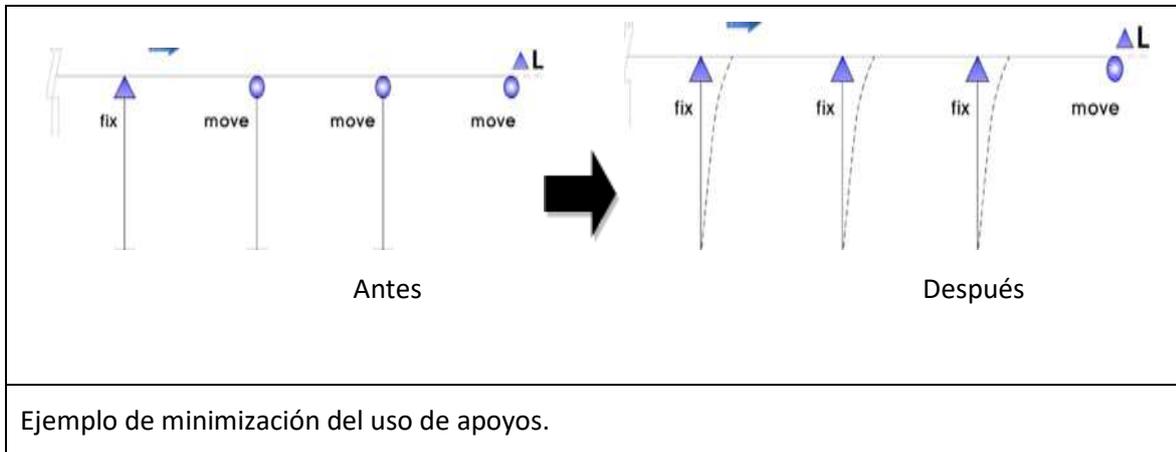
Ejemplo de una estructura monolítica (integral) de tres vanos.



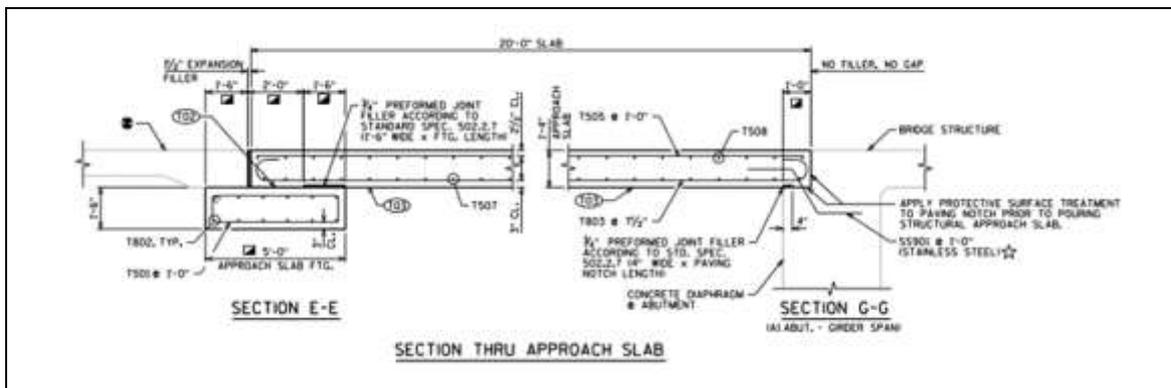
Ejemplo de revestimiento de protección del hormigón.



Corea del Sur



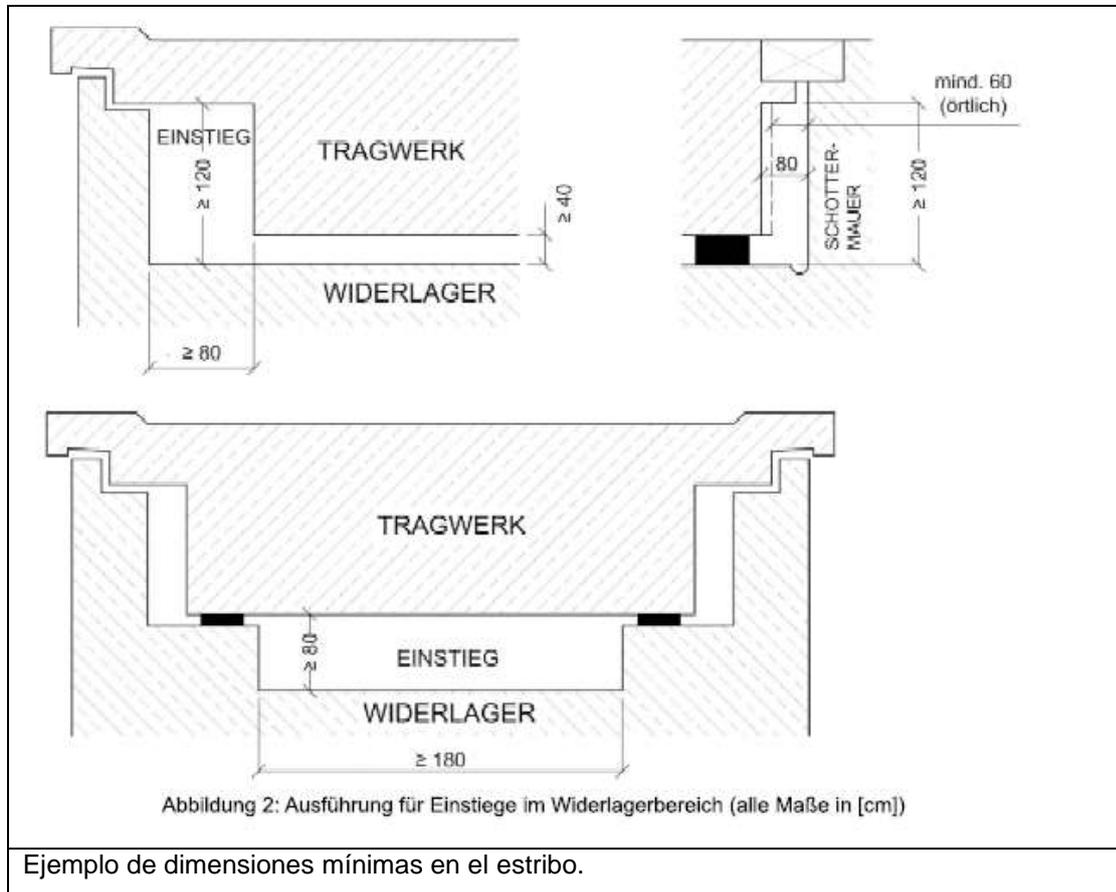
Estados Unidos-Wisconsin



Ejemplo de detalle estándar de la losa de transición estructural.



Uso de barras de acero inoxidable en las losas de cubierta.

APÉNDICE D: EJEMPLOS DE DISPOSICIONES DEL PROYECTO DE EJECUCIÓN**Austria**

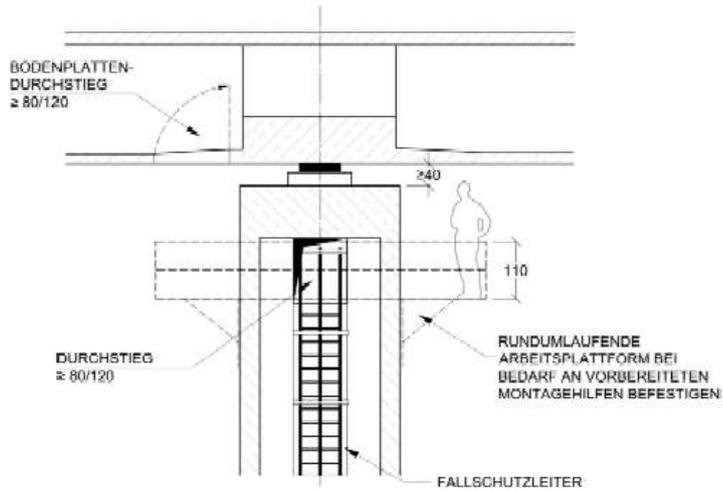


Abbildung 3: Ausführung von Durchstiegsöffnungen bei Pfeilern (alle Maße in [cm])

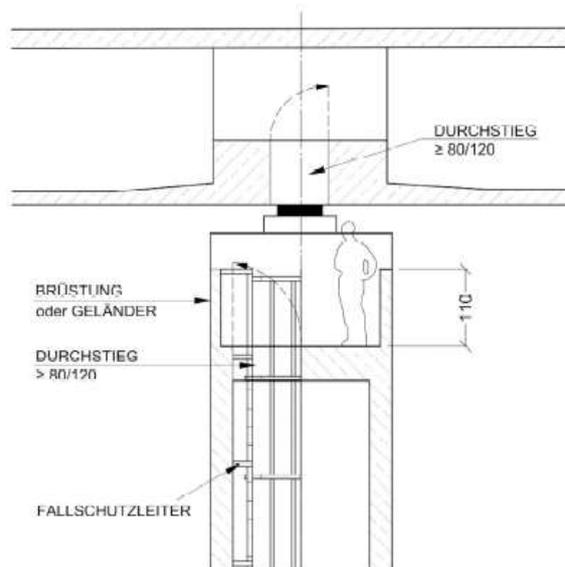
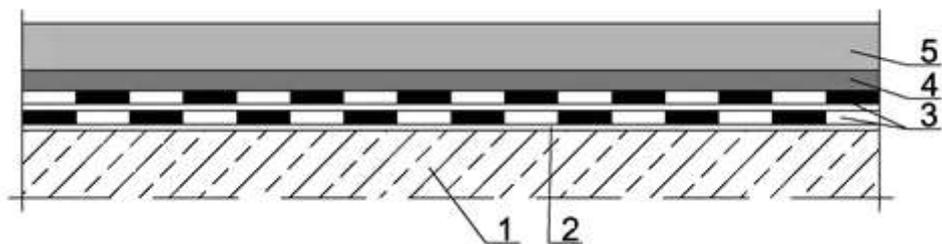


Abbildung 4: Ausführung von direkten Durchstiegsöffnungen bei Pfeilern (alle Maße in [cm])

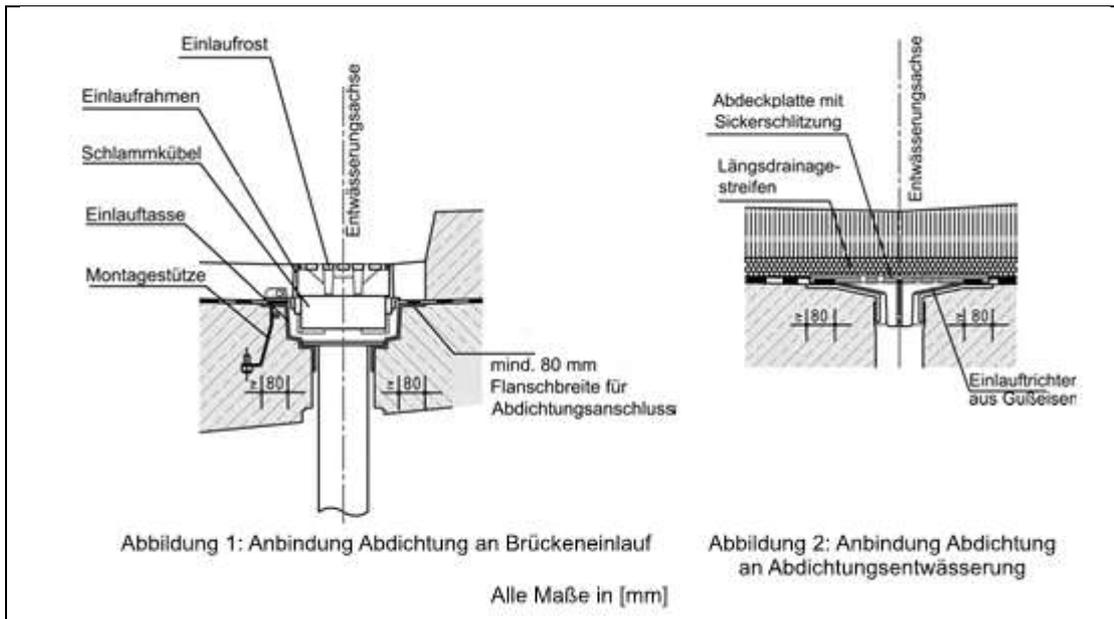
Ejemplo de provisión de espacio en las pilas.



Legende: 1 Rohtragwerk 2 Primer 3 Abdichtung
 4 Schutzschicht 5 Zwischen- und/oder Deckschicht

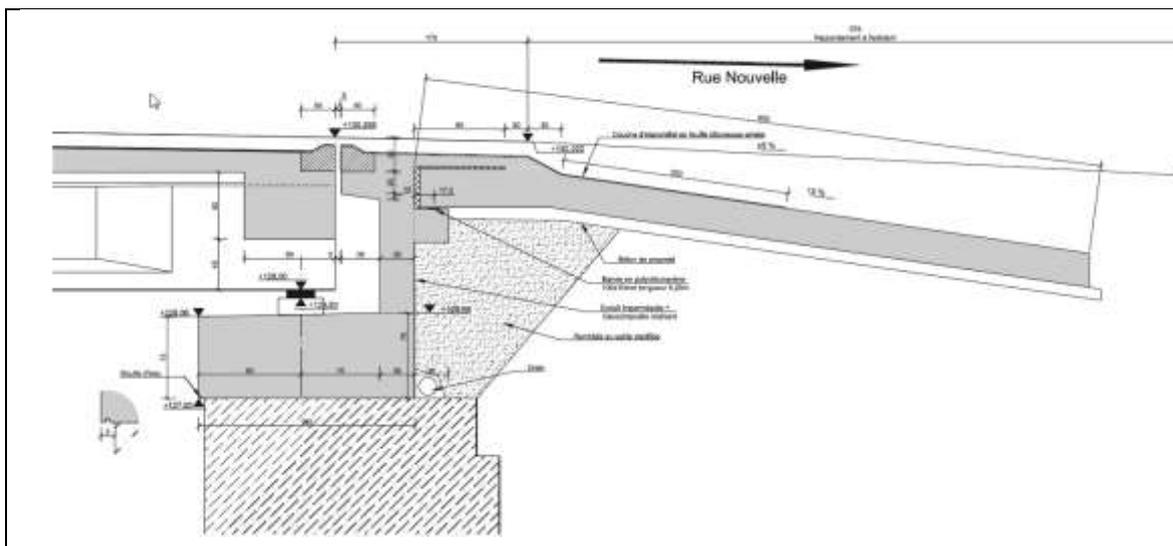
Abbildung 1: Aufbau einer zweilagigen Brückenabdichtung

Ejemplo de un sistema de impermeabilización de puentes de dos capas.



Detalles típicos de un sistema de drenaje de un puente.

Bélgica-Valonia



Ejemplo de detalles del espacio en el estribo para el acceso a los apoyos.

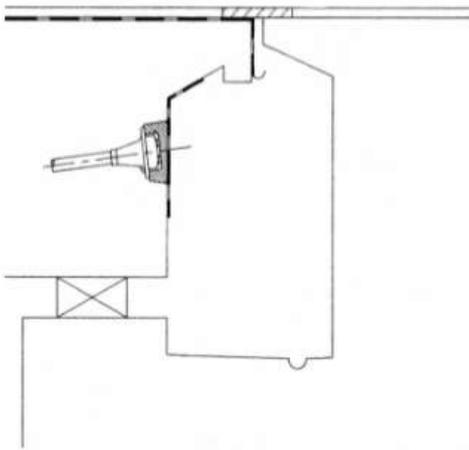


Fig.1.2 Buried anchorage for internal tendons at end of deck with abutment gallery, or beneath expansion joints, [7]

Detalles del drenaje de la junta de dilatación y protección de los anclajes de postesado ante filtraciones en la junta. El espacio también permite la sustitución de tendones.

Canadá-Quebec



Ejemplo de drenaje de la cámara del estribo.



Drenaje de juntas de dilatación.



Membrana impermeabilizante termofusible.



Máquina de hormigonado para el acabado de la superficie de los tableros de los puentes.



Gárgola o tubo de desagüe a nivel de hormigón.

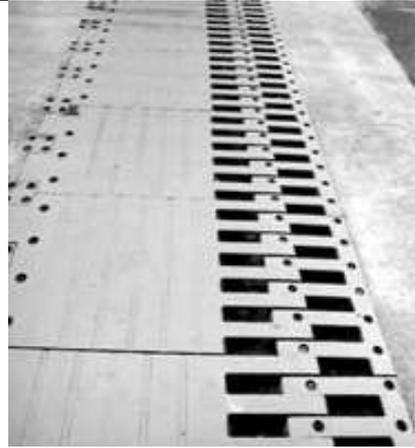


La gárgola o tubo de desagüe se extiende más allá del nivel inferior de la viga.

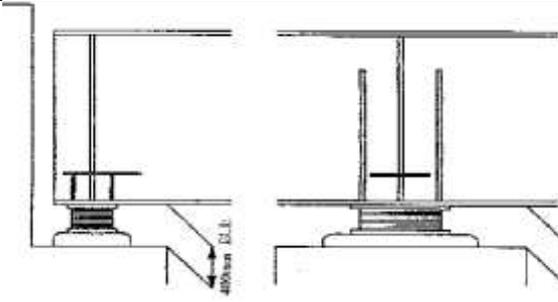
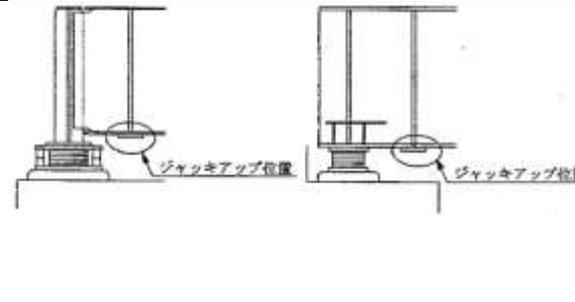


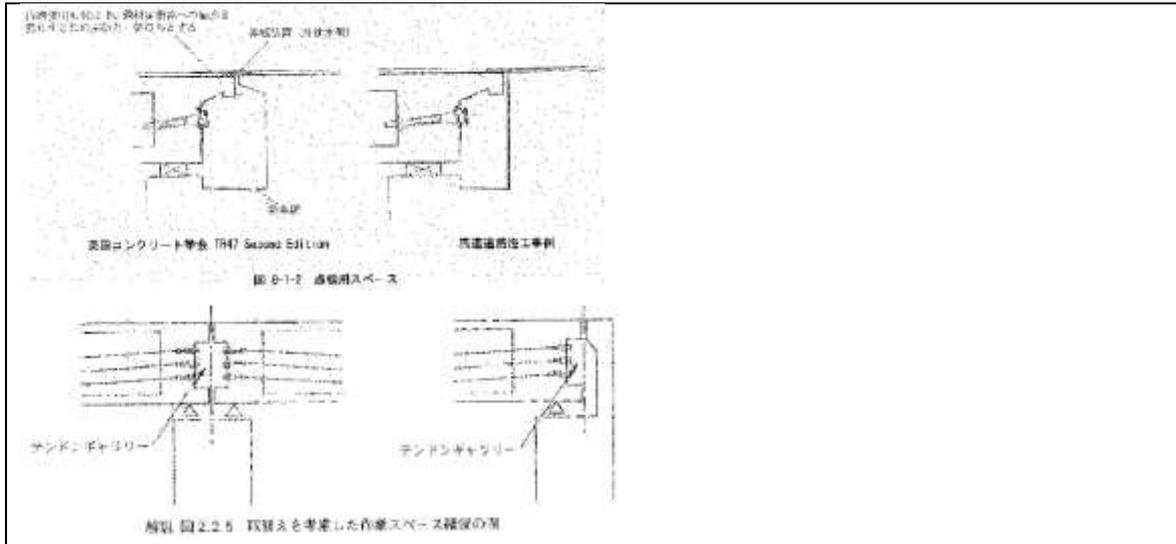
Interior de la viga cajón aligerada de acero pintado de blanco.	Interior de la viga cajón aligerada de acero pintado de blanco.
---	---

China

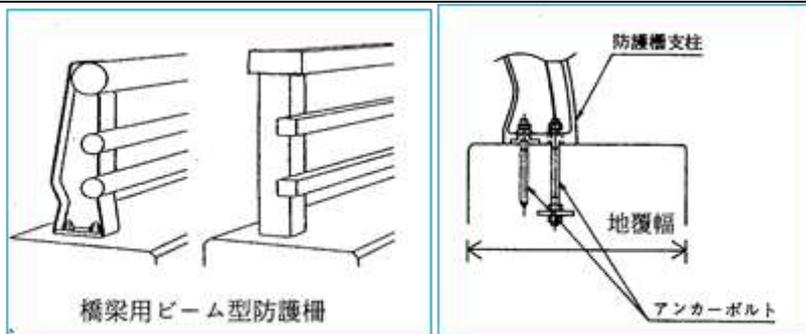
	
Lugar reservado para la colocación de gatos hidráulicos en la parte superior de la pila.	Ejemplo de junta de dilatación instalada en unidades modulares de 1 m
	
Ejemplo de tuberías de drenaje ocultas.	Ejemplo de tuberías de drenaje ocultas.

Japón

	
Distancia bajo el apoyo	Ejemplo de refuerzo para el gateo



Detalles del drenaje de la junta de dilatación y protección de los anclajes de postesado ante filtraciones en la junta. El espacio también permite la sustitución de tendones.



Detalles del anclaje tipo placa base para postes de pretilas que permiten la sustitución de postes y rieles siempre y cuando los pernos de anclaje no estén dañados.

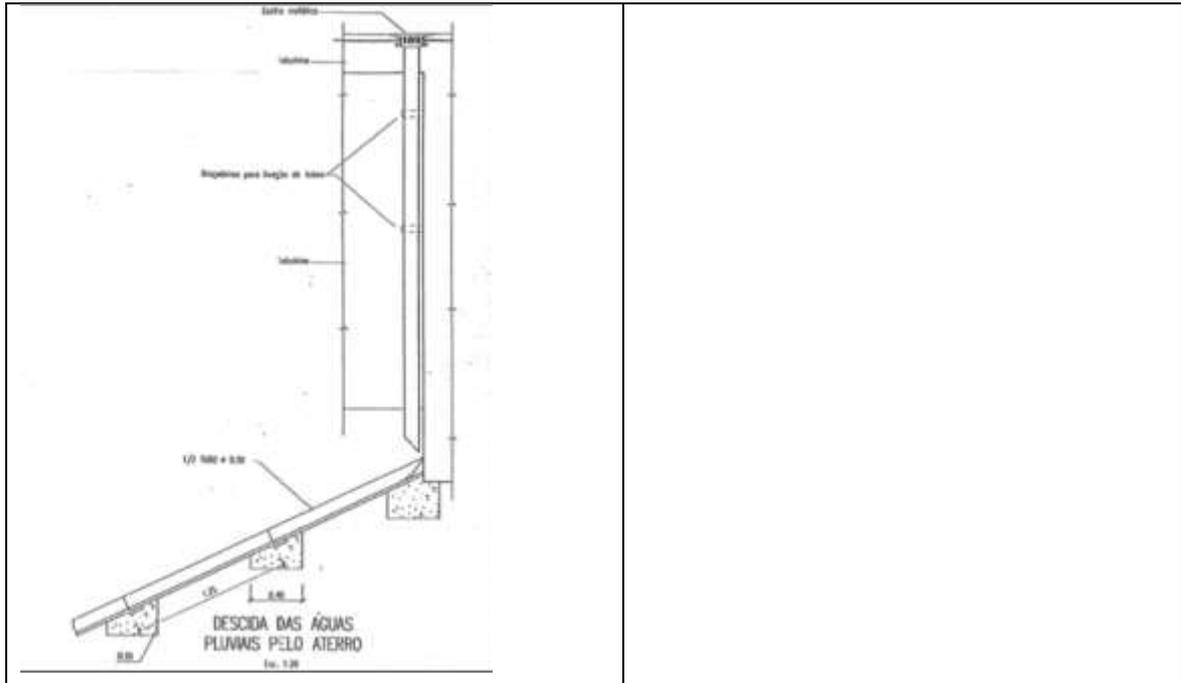
Portugal



Parte superior de las pilas adaptada para recibir la plataforma para los trabajos de mantenimiento en los apoyos.



Membrana impermeabilizante de la superficie del tablero.

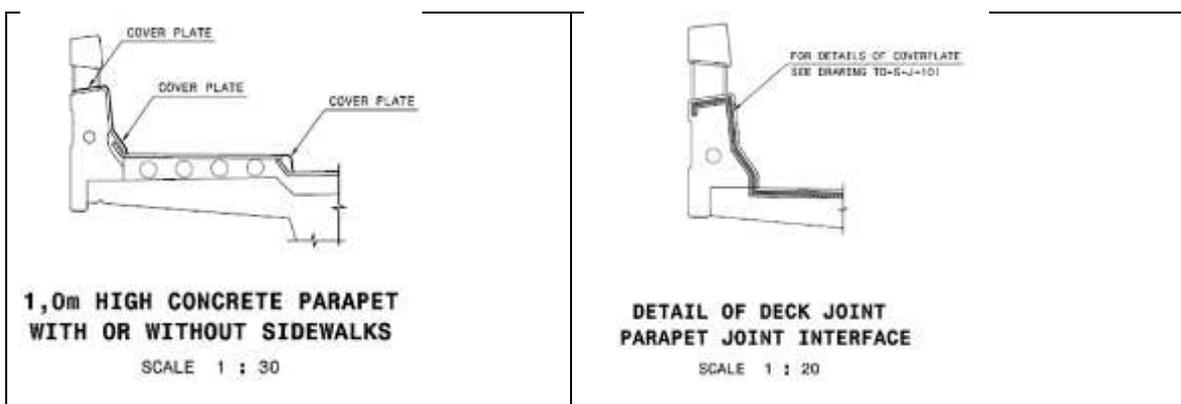


Ejemplo de drenaje del tablero.



Iluminación en la mediana que permite el uso del vehículo de inspección bajo el puente.

Sudáfrica

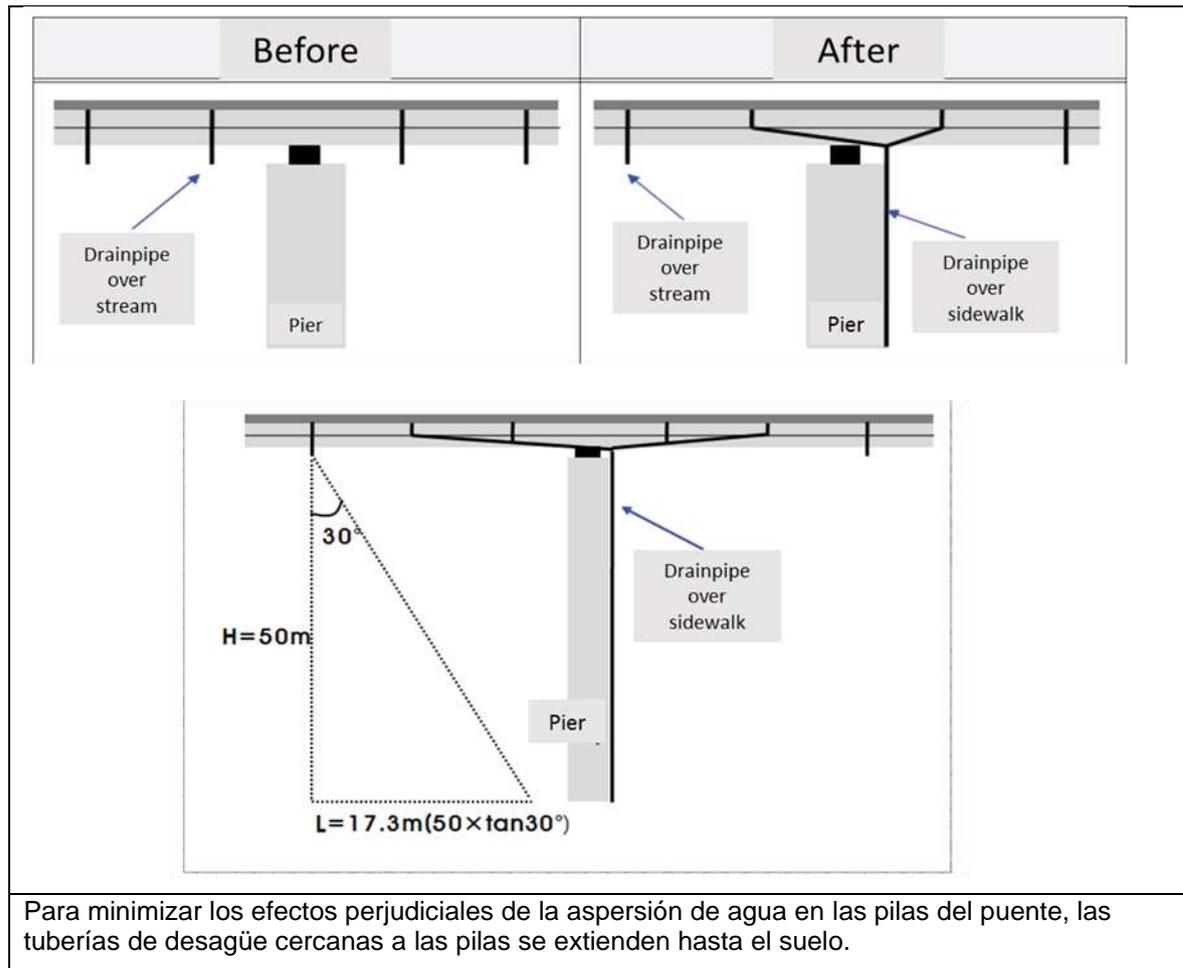


Las juntas de dilatación aparecieron o continúan en los parapetos/ bordillos en los extremos.

<p>Imbornal del tablero de vertido directo y goterón semicircular.</p>	<p>Cuñas y camas de nivelación superiores e inferiores para la extracción y sustitución de los apoyos.</p>

Corea del Sur

<p>Recubrimiento de asfalto deteriorada a la izquierda y reparada a la derecha con hormigón modificado con látex (LMC) con un tiempo de curado reducido.</p>	
<p>Para evitar filtraciones, se instala un canal de drenaje debajo de la junta de dilatación de tipo peine.</p>	



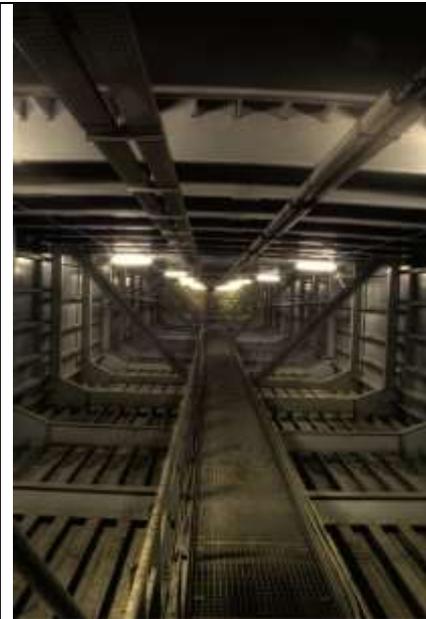
Estados Unidos-Wisconsin



Recubrimiento de polímero.

APÉNDICE E: EJEMPLOS DE DISPOSICIONES DE ACCESO SEGURO**Bélgica-Valonia**

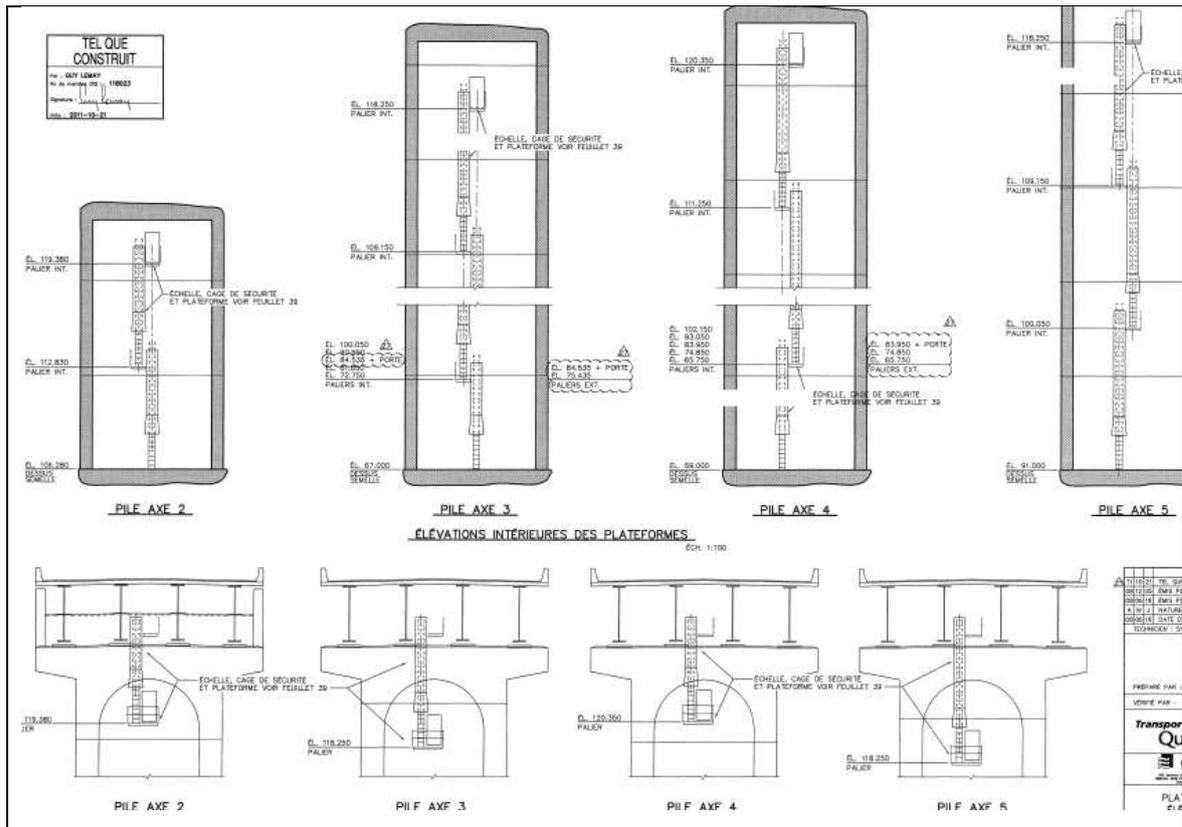
Descripción de las plataformas móviles instaladas de forma permanente.



Descripción de la iluminación en espacios cerrados.

Canadá-Quebec

Aperturas de inspección en elementos huecos de hormigón. Pasarela de inspección para vigas y acceso a pilotes, ya que el puente es largo y alto sobre el terreno.



Planos de aperturas de acceso y escaleras de acceso al interior de pilotes huecos.

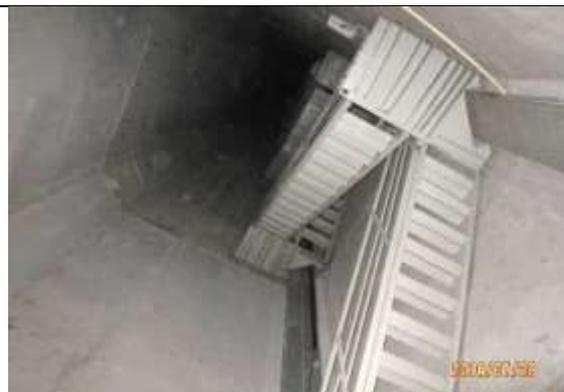


Escalera de acceso y detalle de la puerta.

China



Ítem a: ---Plataforma de inspección de acceso.



Ítem b: Escalera interior.



Ítem b: Ascensor interior.



Ítem b: Interior de la plataforma.



Ítem b: Escalera exterior.



Ítem c: Pórtico de inspección bajo puente.



Ítem c: Pórtico de inspección bajo puente.



Ítem d: Escalera de acceso al terraplén.



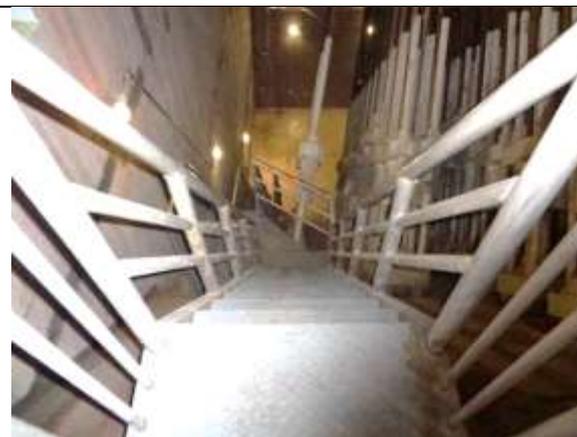
Ítem e: Pórtico de inspección bajo puente.



Ítem e: Acceso para la inspección del cordón inferior de la celosía



Ítem e: Pasarela para la inspección de cables principales.



Ítem e: Escalera para cámara de anclaje.



Ítem f: Sistema de protección anticaídas en la escalera del gato.



Ítem g: Estructura de soporte en la parte superior de la torre.



Ítem h: Una boca de inspección.



Ítem j: Ventilación dentro de la viga cajón.



Ítem k: Zona de aparcamiento.



Ítem i: Acceso para inspección en el nivel superior del tablero.



Ítem i: Plataforma de inspección de los apoyos

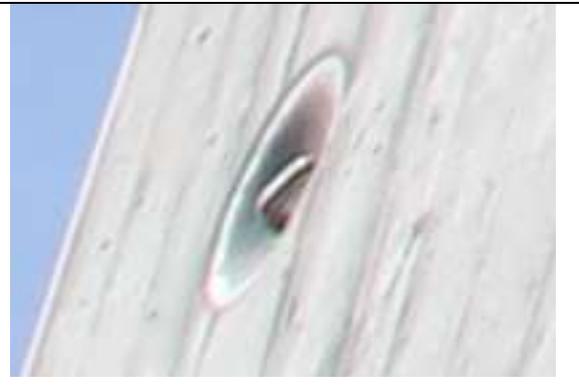
Ítem i: Acceso para la inspección de las juntas de dilatación

Japón



La escotilla original para entrar en el interior del hueco de la torre era de chapa de acero, sin embargo, pesaba demasiado para abrirla y podía estar corroída por la sal marina. El material de la escotilla se sustituyó por una placa de plástico reforzado con fibra de vidrio.

Noruega

	
<p>Plataforma de acceso para la viga cajón de las superficies exteriores.</p>	<p>Barandillas en ambos lados de los cables principales. Líneas de vida instaladas las barandillas.</p>
	
<p>Detalles para la fijación del equipo de escalada en los lados verticales de las patas del pilono. Sistema de barandillas y líneas de vida en los cables principales.</p>	

Portugal

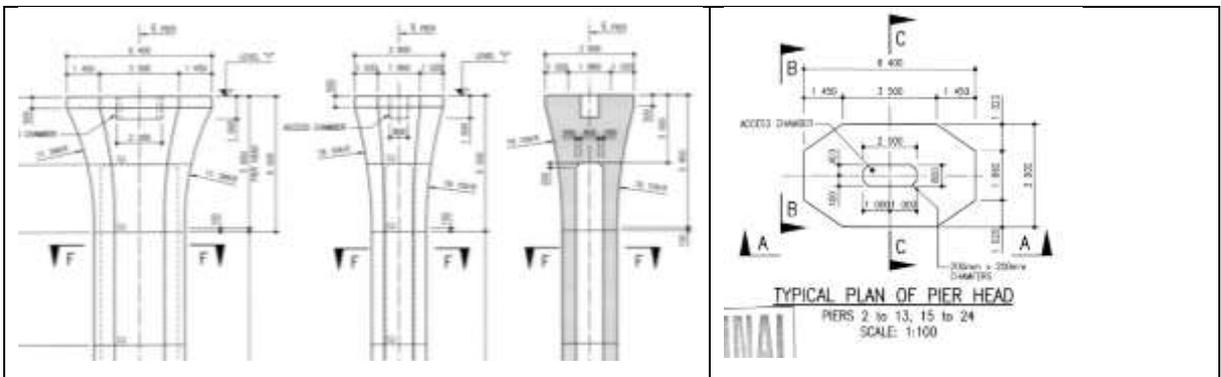
	
<p>Descripción de plataformas, rellanos, pasarelas, etc.: pasarela a lo largo del muro de contención entre estribos.</p>	<p>Descripción de escaleras, polipastos, ascensores, pates, etc.: escalera.</p>



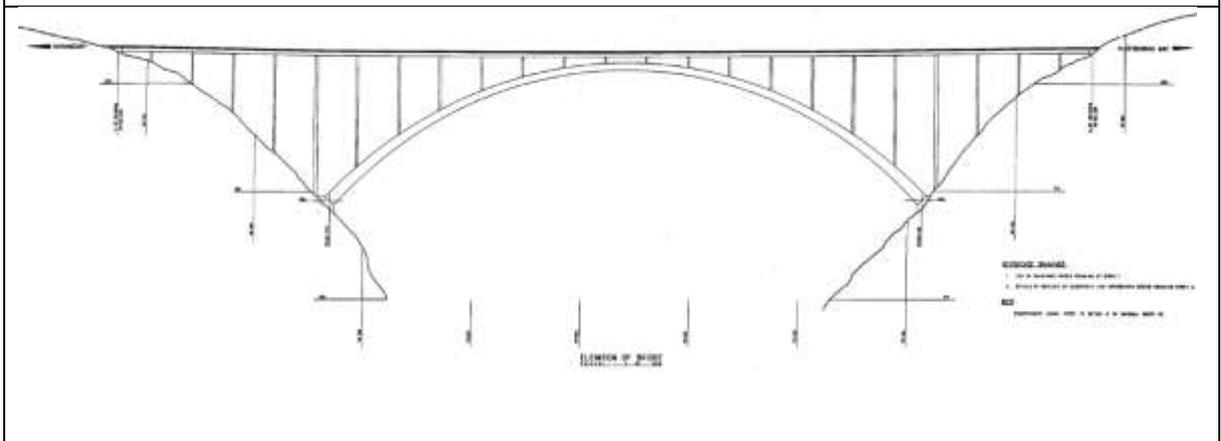
Descripción de los sistemas anticaídas, barandillas, etc.

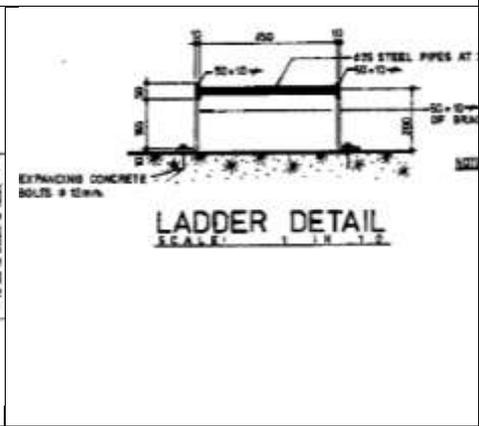
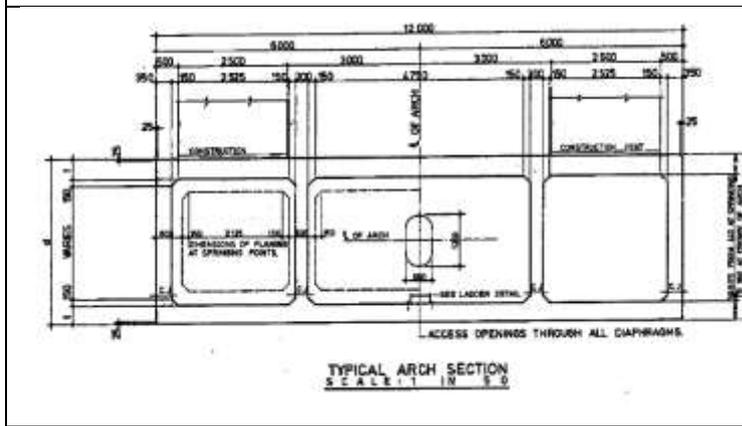
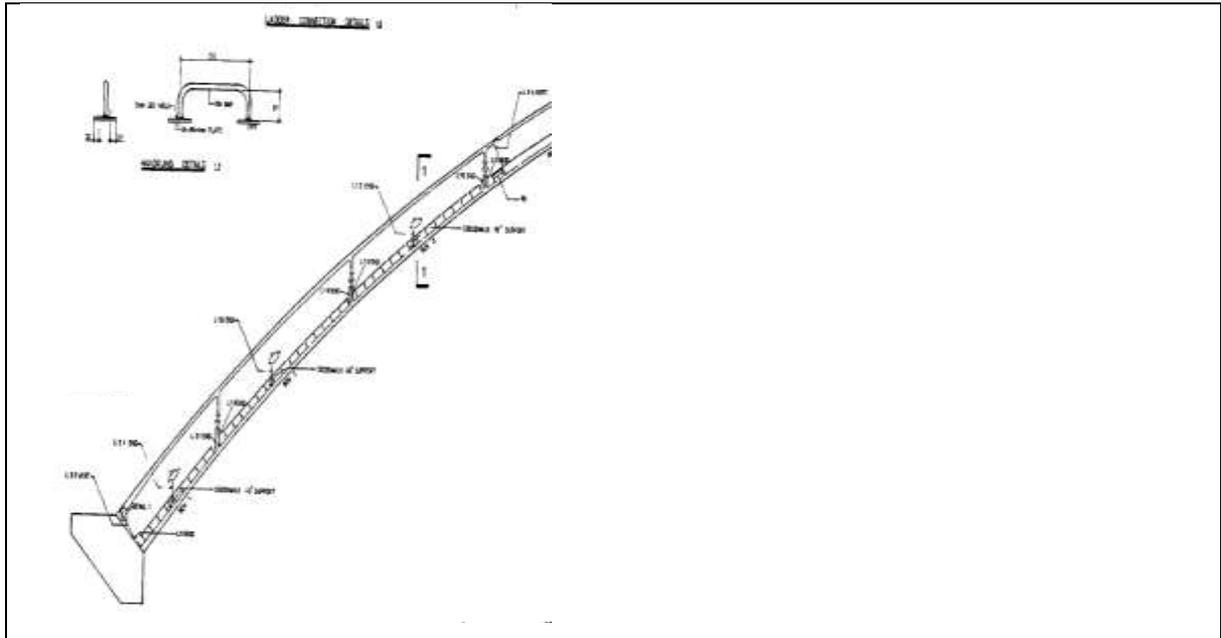
Descripción de la iluminación en espacios cerrados.

Sudáfrica

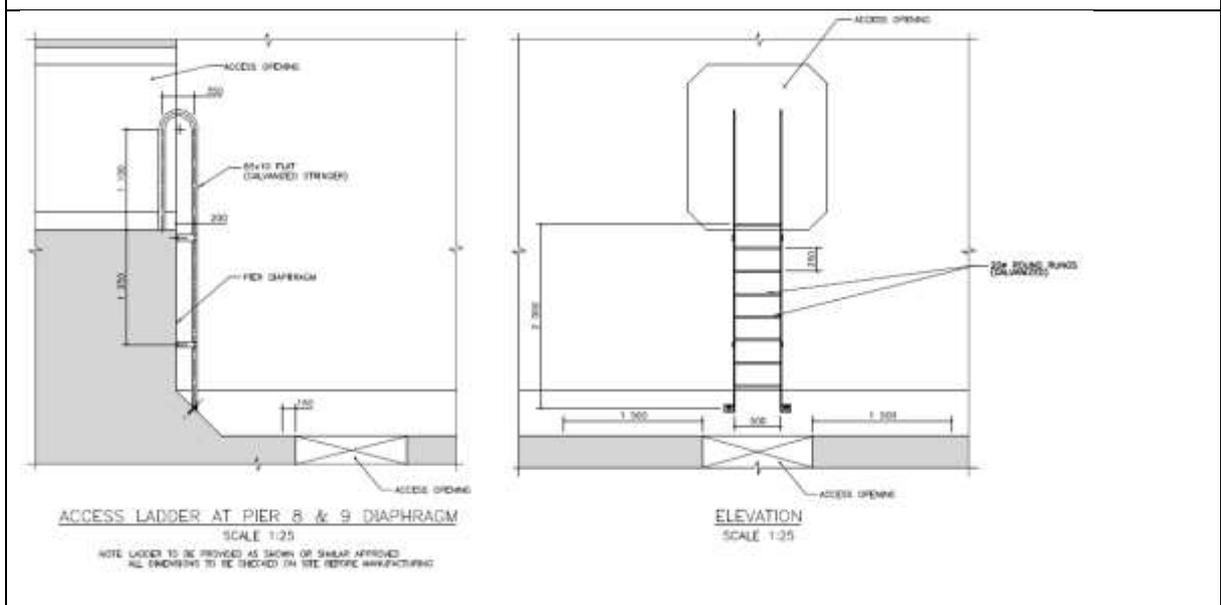


Cámara de acceso en la cabeza de la pila para inspeccionar y mantener los apoyos. Entrada a la cámara desde dentro del tablero a través de bocas de inspección en el intradós sobre las pilas.

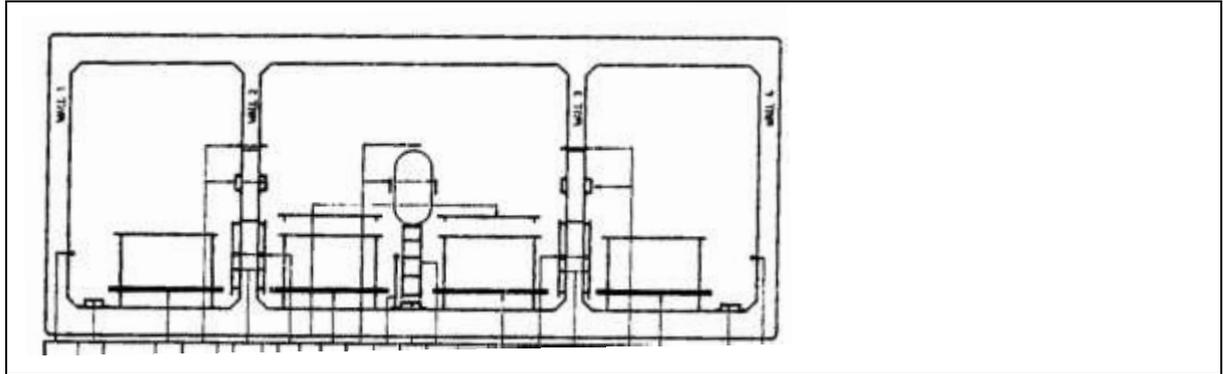




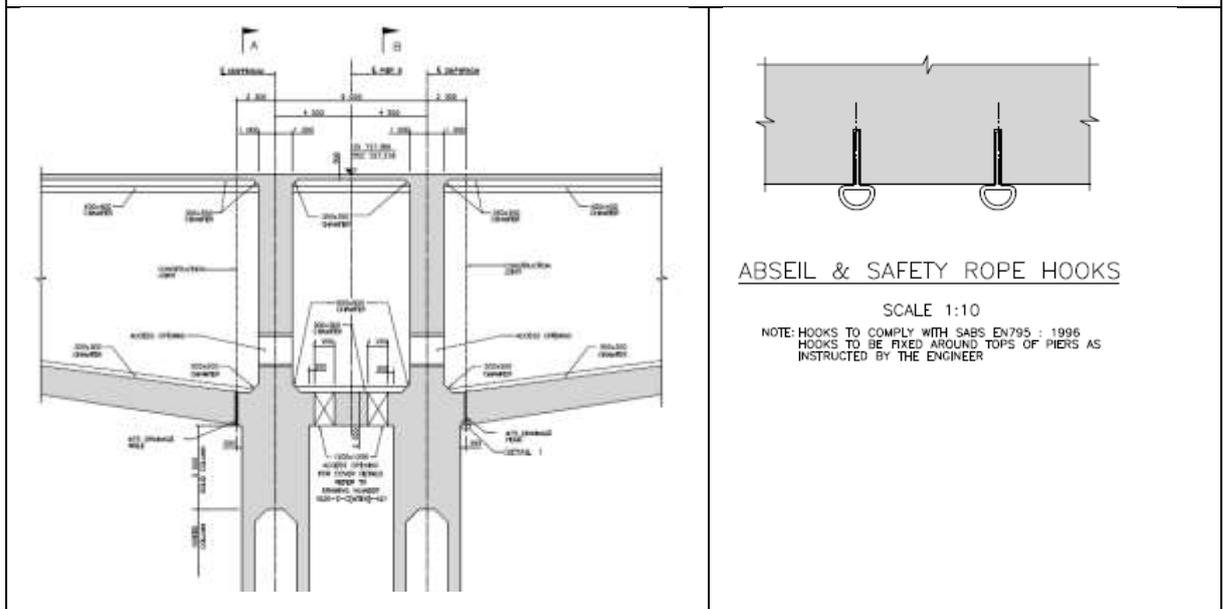
Escalera en el eje central del arco.



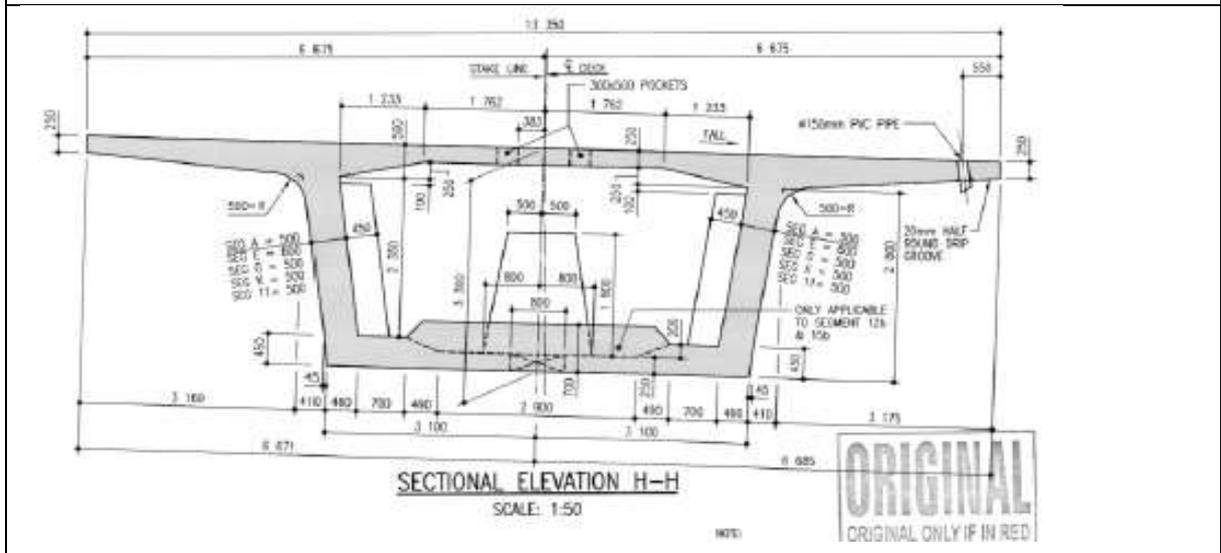
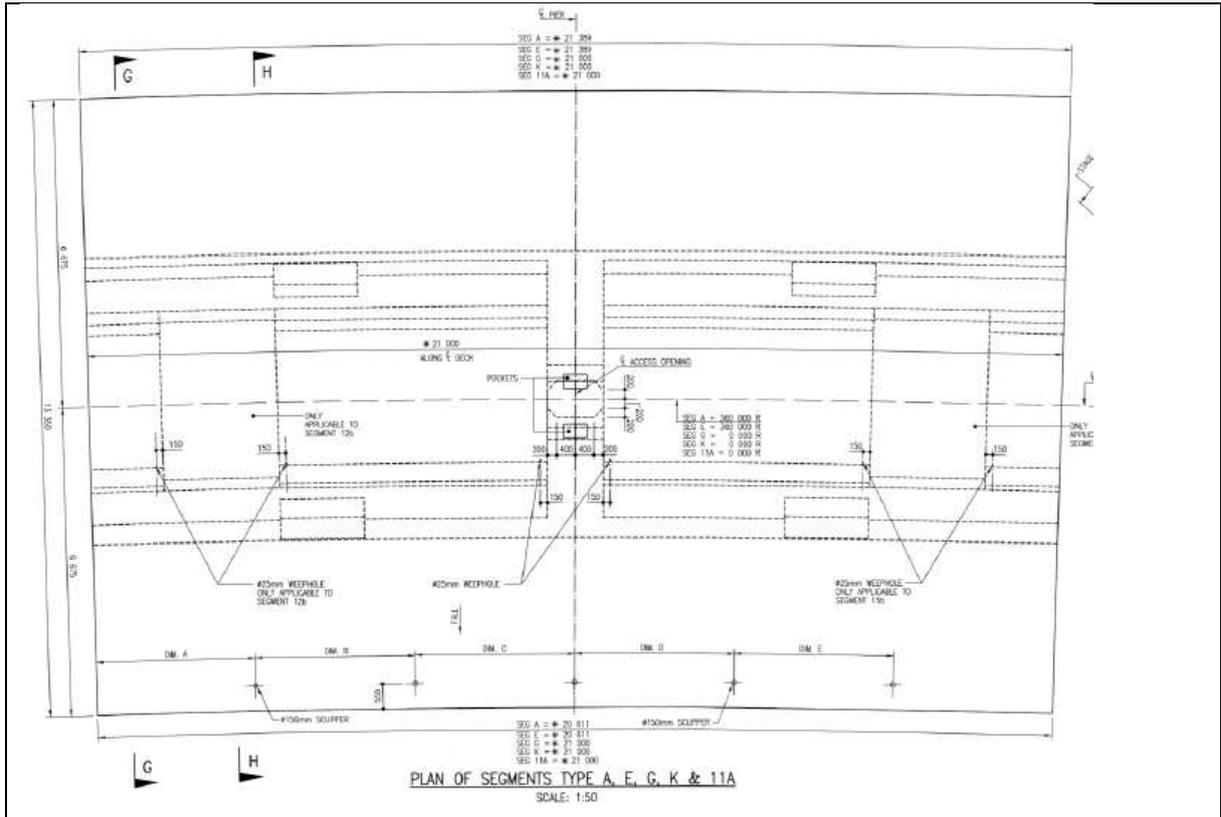
Escaleras en el buco del tablero.



Barandillas y plataforma sobre pasarela entre cajas de arco.

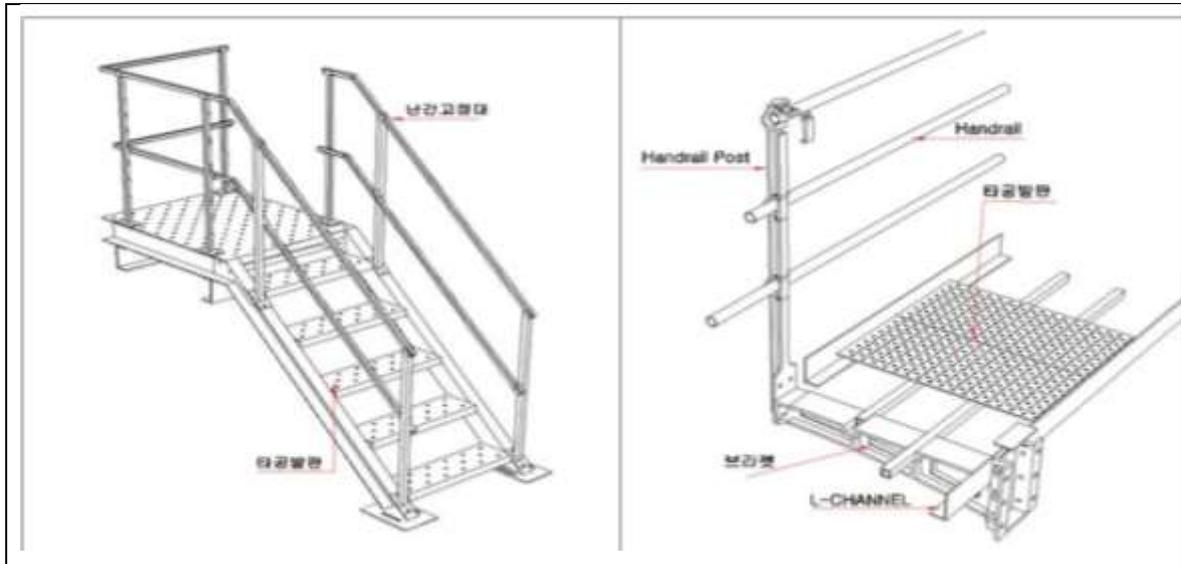


Ganchos de descenso para trabajos verticales en cuerda entre fustes de pila de un tablero contruido por avance en voladizos sucesivos.

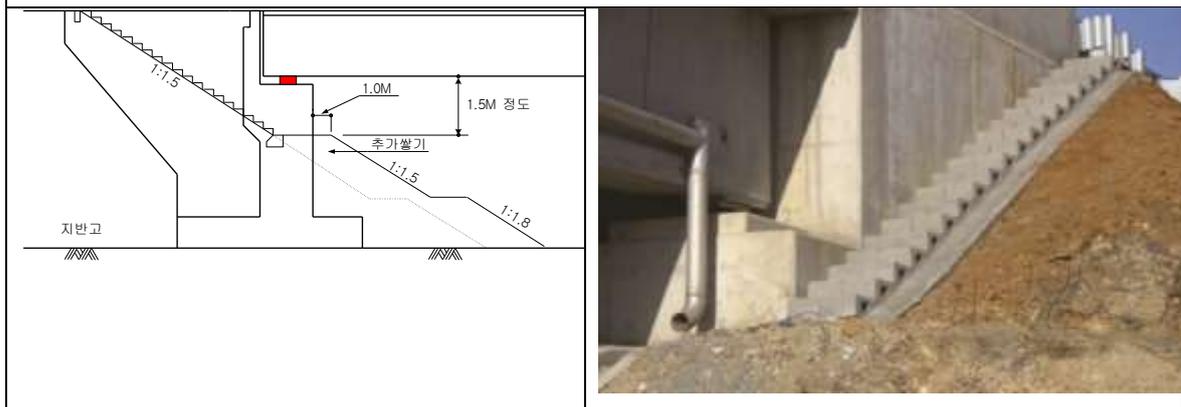


Bocas de inspección en el intradós del tablero para acceder al hueco del tablero y a la cámara en las cabezas de las pilas.

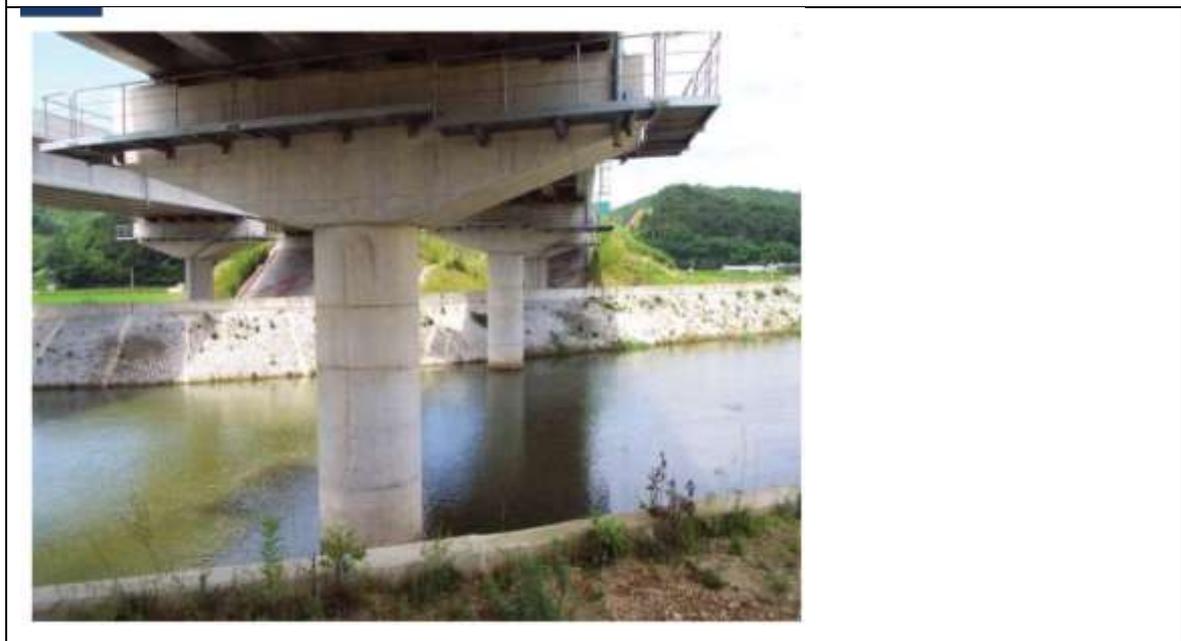
Corea del Sur



Punto b: Unidades de inspección bajo puente.



Se instalan escaleras en los terraplenes para ayudar a los inspectores.



Plataformas de pasarela alrededor de las cabezas de las pilas.

España



En algunos casos, existen elementos específicos diseñados para el acceso a los apoyos.



Las plataformas utilizadas originalmente durante la construcción de los vanos atirantados del puente, para operaciones de soldadura y otras, se mantuvieron como plataformas móviles permanentes.



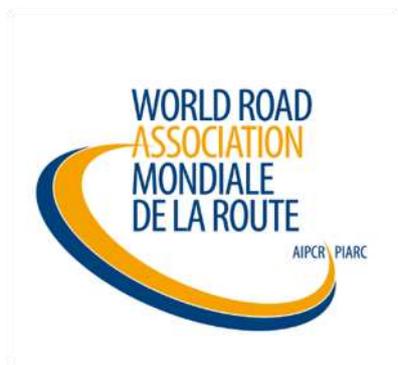
Ascensor en el lado exterior de una pila.



Escalera en el interior de la pila.



Descripción de la iluminación en espacios cerrados.



Copyright World Road Association. Reservados todos los derechos.

Asociación Mundial de la Carretera (PIARC)

Arche Sud 5° niveau

92055 La Défense Cedex, France

ISBN: 978-2-84060-576-8