



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

EIC-Lanamme-INF-0053-2023

INFORME DE REVISIÓN DOCUMENTAL

REVISIÓN DE LA MEMORIA DE CÁLCULO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PASO ELEVADO LA LIMA N.º 1, REPRESENTATIVA DEL PROYECTO DE INTERCAMBIOS ENTRE LA INTERSECCIÓN DE LAS RUTAS NACIONALES N.º 2 - N.º 236 Y LA INTERSECCIÓN ENTRE LAS RUTAS NACIONALES N.º 2 - N.º 10, DEL TRAMO TARAS – LA LIMA



Preparado por:

Unidad de Puentes

Programa de Ingeniería Estructural

Documento generado con base en el Art. 6, inciso b) de la Ley 8114 y lo señalado en el Capít.7, Art. 68 Reglamento al Art. 6 de la precitada ley, publicado mediante decreto DE-37016-MOPT

San José, Costa Rica

16 de enero, 2023



Página intencionalmente dejada en blanco

EIC-Lanamme-INF-0053-2023	16 de enero, 2023	Página 2 de 77
---------------------------	-------------------	----------------



1. Informe: EIC-Lanamme-INF-0053-2023		2. Versión N°: 1
3. Título: REVISIÓN DE LA MEMORIA DE CÁLCULO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PASO ELEVADO LA LIMA N.º 1, REPRESENTATIVA DEL PROYECTO DE INTERCAMBIOS ENTRE LA INTERSECCIÓN DE LAS RUTAS NACIONALES N.º 2 - N.º 236 Y LA INTERSECCIÓN ENTRE LAS RUTAS NACIONALES N.º 2 - N.º 10, DEL TRAMO TARAS – LA LIMA		4. Fecha del Informe: 16 de enero, 2023
5. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
6. Notas complementarias Ninguna		
7. Resumen Este informe contiene la revisión de la memoria de cálculo del diseño estructural del paso elevado La Lima No.1 perteneciente al proyecto: “ <i>Diseño de los Intercambios entre la Intersección de las Rutas Nacionales No. 2 y 236 (Taras), y la Intersección de las Rutas Nacionales No. 2 y 10 (Cartago), incluyendo el Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 2, Sección: Taras- La Lima, en la Provincia de Cartago</i> ”. El proyecto incluye la construcción de cinco pasos superiores y dos pasos inferiores a lo largo de la ruta. La memoria de cálculo del paso elevado La Lima No.1 se consideró representativa de todas las memorias de cálculo de las estructuras diseñadas por el consorcio IDOM-DHEC. El paso elevado seleccionado se compone de una superestructura de vigas de concreto presforzado, y con subestructura compuesta por bastiones de viga cabezal sobre pilotes y pilas tipo marco con dos columnas. El Programa de Ingeniería Estructural (PIE) realiza esta revisión ante la solicitud de criterio técnico de la Unidad de Auditoría Técnica (UAT) del LanammeUCR. Este documento es parte de las competencias de la fiscalización de la Red Vial Nacional asignadas al LanammeUCR por medio de la Ley 8114.		
8. Palabras clave Puente, paso a desnivel, Taras, La Lima, Cartago, control de calidad, aseguramiento de calidad, diseño de puentes, auditorías técnicas de puentes	9. Nivel de seguridad Ninguno	10. N.º de páginas 77
11. Informe por: Ing. Alexander Oviedo Campos Unidad de Puentes	12. Revisado por: Ing. Daniel Johanning Cordero Unidad de Puentes	13. Revisado y aprobado por: Ing. Julian Trejos Villalobos Coordinador Programa de Ingeniería Estructural
14. Revisión legal por: Licda Nidia María Segura Jiménez Asesora Legal LanammeUCR	15. Revisado y aprobado por: Ing. Rolando Castillo Barahona Coordinador Programa de Ingeniería Estructural	

EIC-Lanamme-INF-0053-2023	16 de enero, 2023	Página 3 de 77
---------------------------	-------------------	----------------



Página intencionalmente dejada en blanco

EIC-Lanamme-INF-0053-2023	16 de enero, 2023	Página 4 de 77
---------------------------	-------------------	----------------



TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	8
2. OBJETIVOS	9
3. ALCANCE	10
4. REVISIÓN DEL CONTRATO PARA SERVICIOS DE CONSULTORÍA.....	12
5. SELECCIÓN DEL PASO ELEVADO POR EVALUAR	14
6. REVISIÓN DE LA CALIDAD DE LA MEMORIA DE CÁLCULO DEL PUENTE EVALUADO	18
7. CONCLUSIONES.....	32
8. RECOMENDACIONES.....	37
9. REFERENCIAS	41
ANEXO 1. ESPECIFICACIONES PARA DISEÑO INCLUIDAS EN EL CONTRATO PARA SERVICIOS DE CONSULTORÍA DEL PROYECTO.....	42
ANEXO 2. APÉNDICE A5 DE LA NORMA <i>AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS 2014</i> (7TA EDICIÓN), PARA EL DISEÑO DE PUENTES DE CONCRETO	48
APÉNDICE A. LISTA DE VERIFICACIÓN PARA LA REVISIÓN DE LA MEMORIA DE CÁLCULO DEL PUENTE DEL PASO ELEVADO LA LIMA N° 1 CON RESPECTO A LOS REQUERIMIENTOS SOLICITADOS EN EL CONTRATO.....	52
APÉNDICE B. LISTAS DE VERIFICACIÓN PARA LA REVISIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DEL PUENTE PASO ELEVADO LA LIMA N° 1, CON RESPECTO AL APÉNDICE A5 DE AASHTO LRFD 2014.....	59



RESUMEN EJECUTIVO

Se realizó una revisión de la memoria de cálculo del diseño estructural en el paso elevado La Lima No.1, para determinar si hubo una aplicación completa de la normativa para diseño de puentes, y el cumplimiento de las especificaciones técnicas de diseño, la cual se considera representativa de todas las memorias de cálculo de diseño del proyecto “*Diseño de los Intercambios entre la Intersección de las Rutas Nacionales No. 2 y 236 (Taras), y la Intersección de las Rutas Nacionales No. 2 y 10 (Cartago), incluyendo el Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 2, Sección: Taras- La Lima, en la Provincia de Cartago*”.

A partir de la revisión de la memoria de cálculo del diseño estructural se encontró que:

- La memoria de cálculo acata un **74%** de lo solicitado en las especificaciones técnicas, indicadas en el contrato de diseño, así como un **67%** de los requerimientos mínimos aplicables de la normativa para diseño AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, Seventh Edition (2014), la cual forma parte de los requerimientos de diseño estructural indicados en el contrato de diseño.
- En la memoria de cálculo se encontró omisión de información con respecto a lo que establece la normativa requerida, así como dificultad para dar seguimiento a las suposiciones realizadas y al procedimiento de diseño de los elementos.
- Entre los principales incumplimientos se destacan los siguientes: a) no se readequó el diseño de la estructura considerando que se califica como puente crítico, b) En todos los elementos se omitió el cálculo de la razón capacidad/demanda, c) no se adjuntó la consideración de la carga de colisión en el diseño del tablero, barrera vehicular y las pilas, d) no se realizó el análisis por vibraciones y e) Omisión parcial de la información requerida contractualmente en el uso de programas de cálculo y hojas electrónicas.
- Se detectaron casos en que se aplicaron de forma incompleta o incorrecta los requerimientos mínimos establecidos en el apéndice A5 la normativa de AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (2014), como lo es: a) Omisión del diseño de la barrera vehicular, b) el análisis de vibraciones ante cargas vehiculares no se presenta, c) omisión del análisis por colisión vehicular en pilas, y d) se indica como admisible que el dispositivo de apoyo transversal (almohadillas elastoméricas) presente una capacidad de carga menor a la demanda de carga impuesta por el puente. Se requiere conocer la posición del diseñador sobre estos casos.



Página intencionalmente dejada en blanco



1. INTRODUCCIÓN

Este informe presenta los resultados de la revisión de la memoria de cálculo del diseño estructural del Paso Elevado La Lima No. 1, la cual se considera representativa de las memorias de cálculo de los puentes que componen el proyecto titulado: “*Diseño de los Intercambios entre la Intersección de las Rutas Nacionales No. 2 y 236 (Taras), y la Intersección de las Rutas Nacionales No. 2 y 10 (Cartago), incluyendo el Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 2, Sección: Taras- La Lima, en la Provincia de Cartago*”.

El proyecto de intercambios en las intersecciones de las Rutas Nacionales No. 2 y 236 (Taras), y la Intersección de las Rutas Nacionales No. 2 y 10 (Cartago), contempla la construcción de 7 estructuras para paso vehicular, las cuales se describen en la sección 5 del presente informe. Del total de estructuras, se tiene la construcción de 5 pasos elevados y 2 pasos inferiores. El alcance de los trabajos del diseño de los nuevos pasos a desnivel fue adjudicado al Contratista del consorcio conformado por IDOM-DHEC.

El Programa de Ingeniería Estructural (PIE) realiza esta revisión ante la solicitud de criterio técnico de la Unidad de Auditoría Técnica (UAT) del LanammeUCR, según consta en el correo electrónico remitido por Francisco Fonseca con fecha del 14 de marzo del 2022.

Este documento es parte de las competencias de la fiscalización de la Red Vial Nacional asignadas al LanammeUCR por medio de la Ley 8114.



2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Revisar el cumplimiento del contenido de la memoria de cálculo de diseño estructural del paso elevado La Lima No.1 respecto a lo solicitado en el contrato de diseño, de forma que las conclusiones sean representativas de todas las memorias de cálculo pertenecientes al proyecto de diseño de *“intercambios entre la intersección de las Rutas Nacionales N.º 2 - N.º 236, y la intersección entre las Rutas Nacionales N.º 2 - N.º 10, del tramo Taras – La Lima.*

2.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos son los siguientes:

- a. Verificar si los documentos contractuales especifican la entrega de un plan de control y aseguramiento de la calidad del diseño estructural por parte del diseñador estructural de la obra.
- b. Revisar el cumplimiento de los aspectos relacionados con la calidad del diseño estructural indicados en el contrato para servicios de consultoría del proyecto.
- c. Seleccionar el puente con una memoria de cálculo que sea representativa de todos los puentes vehiculares del proyecto.
- d. Revisar el cumplimiento de la memoria de cálculo elegida con respecto a los requerimientos del diseño estructural especificados en el documento contractual.
- e. Revisar si la información incluida en la memoria de cálculo está completa y ordenada, de forma que un revisor externo especializado pueda realizar el seguimiento del procedimiento de análisis y diseño estructural llevado a cabo en la etapa de diseño.
- f. Presentar conclusiones y recomendaciones con base en las observaciones realizadas.



3. ALCANCE

Este informe presenta los resultados de la revisión de la memoria de cálculo del diseño estructural del paso elevado La Lima N.º 1, perteneciente al proyecto de diseño de intercambios en la intersección de las Rutas Nacionales N.º 2 - N.º 236, y la intersección entre las Rutas Nacionales N.º 2 - N.º 10, del tramo Taras – La Lima, en la provincia de Cartago.

Dado que el diseño estructural de todos los puentes del proyecto fue realizado por el consorcio IDOM-DHEC, es de esperar que las memorias de cálculo tengan un formato y contenido similar. Por lo tanto, se considera válido suponer que las observaciones, conclusiones y recomendaciones aplican de la misma manera para todas las memorias de cálculo involucradas en el proyecto. Eso sí, se debe destacar que podrían existir incumplimientos adicionales en las memorias de cálculo que no fueron seleccionadas para su revisión, y que no se hayan detectado como parte de la revisión de la memoria de cálculo que se considera representativa del proyecto.

Para efectos del presente informe, la revisión realizada aplica solamente para las estructuras diseñadas por el consorcio IDOM – DHEC, por lo que no se incluye la memoria de cálculo del paso elevado sobre Avenida 23 elaborada en la etapa de ingeniería de valor por el consorcio H Solís – Estrella.

Los componentes y elementos del puente considerados en esta revisión son los que se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Componentes y elementos estructurales considerados en la revisión de la memoria de cálculo del diseño estructural.

Componente	Elemento
Superestructura	Tablero
	Vigas principales
Subestructura	Apoyos
	Cabezal de bastiones
	Cabezal y cuerpo de pilas
	Cimentaciones de bastiones y pilas



Los aspectos que fueron revisados en la memoria de cálculo son:

- El cumplimiento de los aspectos relacionados con la calidad del diseño estructural. Esto parte de determinar si el documento cumple con las especificaciones técnicas establecidas en el contrato, así como de la revisión del procedimiento de diseño estructural a partir de la normativa especificada en el contrato.
- En la aplicación de la normativa para diseño estructural que se especificó en el contrato, se revisa si se aportó la información solicitada en el contrato y que se hayan empleado las revisiones requeridas por normativa.
- Facilidad para dar seguimiento a los pasos de diseño y a los cálculos realizados.
- La justificación de las suposiciones realizadas para el diseño estructural.
- El nombre y número de carnet de los profesionales responsables del diseño estructural y de la revisión independiente del diseño.

El proceso de revisión de la memoria de cálculo no contempló lo siguiente:

- Revisión de la exactitud de los cálculos.
- Revisión del modelado del puente con distintos programas computacionales.
- Revisión detallada del contenido de los planos estructurales de los puentes del proyecto. Estos se utilizaron solamente como material complementario para la comprensión de la memoria de cálculo.



4. REVISIÓN DEL CONTRATO PARA SERVICIOS DE CONSULTORÍA

4.1. Criterios considerados para la revisión del contrato

La calidad del diseño estructural de un proyecto puede estar muy relacionada con los requerimientos que la Administración solicite al diseñador en el contrato, por ejemplo: lineamientos o requisitos mínimos con los que debe cumplir el diseño estructural, o bien, el desarrollo y seguimiento de un plan de control y aseguramiento de la calidad del diseño estructural.

De acuerdo con FHWA (2011), un programa de control y aseguramiento de la calidad proporciona controles dentro de una organización para asegurar la calidad de los entregables de la etapa de diseño (memorias de cálculo, especificaciones y planos). El diseñador realiza un **control de calidad** de su propio trabajo, estableciendo procedimientos de auto revisión para lograr precisión y exactitud del trabajo. Por otra parte, un profesional revisor calificado realiza el **aseguramiento de la calidad** y es responsable de la verificación independiente del trabajo del diseñador para asegurar la precisión y exactitud conforme los requisitos y expectativas de diseño establecidas por la Administración.

FHWA (2011) también establece que la Administración juega el papel más importante en la calidad y éxito de un proyecto desde la etapa de diseño hasta su ejecución. La Administración debe establecer claramente los requerimientos y expectativas del proyecto en temas de calidad a través de los documentos contractuales.

Tomando lo anterior en consideración, dentro del contrato para servicios de consultoría se revisó lo siguiente:

- Si se indican lineamientos o requisitos mínimos que debe cumplir el diseño estructural del proyecto y las memorias de cálculo correspondientes.
- Si se solicita al diseñador el desarrollo y seguimiento de un plan de control y aseguramiento de la calidad del diseño estructural.

Para realizar esta tarea, se revisan las especificaciones de diseño que forman parte de las condiciones técnicas generales contenidas en la sección 6.A del contrato de servicios de diseño, referido como *el contrato* de ahora en adelante. Los resultados de la revisión *del contrato* se describen en la siguiente sección.

EIC-Lanamme-INF-0053-2023	16 de enero, 2023	Página 12 de 77
---------------------------	-------------------	-----------------



4.2. Resultados de la revisión del contrato

A partir de la revisión del contrato, se pudo determinar lo siguiente:

4A.1. *El contrato* especifica el seguimiento de la siguiente normativa para diseño estructural:

- AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, Seventh Edition. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2014 o edición vigente.
- AASHTO Guide Specifications for LRFD Seismic Bridge Design, 2nd Edition. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2011, o edición vigente.
- Lineamientos de Diseño Sismo Resistente para Puentes, Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (CFIA), 2013.

4A.2. *El contrato* especifica requerimientos mínimos con los que debe cumplir el diseño estructural de los puentes del proyecto, así como las memorias de cálculo correspondientes. El detalle de los requerimientos para diseño estructural que están incluidas dentro de los Términos de Referencia del contrato se muestra en el Anexo 1 de este informe.

4A.3. En la sección 7 del contrato de servicios de diseño se solicita que el diseñador presente un control de calidad como parte de los entregables de la etapa de diseño del proyecto, pero no se especifica con detalle el contenido de dicho entregable.

4A.4. En algunos casos, *el contrato* hace referencia a especificaciones técnicas desactualizadas. Por ejemplo, para el diseño de apoyos se solicita la versión 2002 o edición vigente de AASHTO LRFD.

4A.5. *El contrato* no solicita al diseñador indicar el nombre y número de carné de los profesionales responsables del diseño estructural, así como de los profesionales responsables de los procesos de revisión independiente de los diseños realizados.



5. SELECCIÓN DEL PASO ELEVADO POR EVALUAR

El proyecto de intercambios en las intersecciones de las Rutas Nacionales No. 2 y 236 (Taras), y la Intersección de las Rutas Nacionales No. 2 y 10 (Cartago), contempla la construcción de 7 estructuras para paso vehicular, las cuales se desglosan en el Cuadro 3. Del total de estructuras se tiene la construcción de 5 pasos elevados y dos pasos inferiores. El alcance de los trabajos del diseño de los nuevos pasos a desnivel fue adjudicado al Contratista del consorcio conformado por IDOM-DHEC.

Cuadro 3. Estructuras del proyecto de intercambios en la intersección de las Rutas Nacionales N.º 2 - N.º 236, y la intersección entre las Rutas Nacionales N.º 2 - N.º 10, del tramo Taras – La Lima

Ruta Nacional	Ubicación (P.K)	Tipo de estructura	Cantidad de tramos	Longitud de cada tramo (m)	Intersección entre Rutas Nacionales
No.10	0 + 056	Pórtico La Lima (Paso inferior)	-	90	N.º 2 - N.º 10 (Intersección La Lima)
	0 + 148	Paso elevado La Lima N° 3	17	Entre 20,75 y 25,00	
	0 + 208	Paso elevado La Lima N° 1 ⁽¹⁾	3	35,10	
	0 + 289	Paso elevado La Lima N° 2 ⁽¹⁾	5	35,10	
No.2	20 + 894	Paso elevado Taras ⁽¹⁾	9	36,10	N.º 2 - N.º 236 (Intersección Taras)
	22 + 151	Paso elevado Av. 23	6	35,20	
	22 + 992	Paso inferior La Lima	-	424	

⁽¹⁾ Estructuras con la misma tipología del puente al que se le realizó la revisión de la memoria de cálculo.

Dado que todos los puentes del proyecto fueron diseñados por el consorcio IDOM-DHEC, existen muchas similitudes entre las memorias de cálculo, y su contenido varía principalmente por el tipo de elementos estructurales que componen a cada puente. A partir de esto se decide dividir las estructuras en categorías basadas en los siguientes aspectos:

- La primera categorización se basó en dividir las estructuras en aquellas que corresponden a pasos superiores y pasos inferiores.
- Para el caso de las estructuras del paso inferior, se generaron dos sub categorías tomando en consideración las características del tipo de superestructura. En donde se tiene un paso inferior con superestructura de viga de concreto reforzado y un paso inferior con superestructura de losa de concreto reforzada.



- Para el caso de las estructuras de paso superior, se realizaron sub categorías según las diferencias en cuanto al tipo de bastiones y pilas. La primer división consistió en separar aquellas estructuras que cuentan con pilas tipo marco con dos columnas y las que cuentan con pilas tipo martillo. Seguidamente, aquellas que tienen pilas tipo martillo se separaron en dos grupos, a partir de que se tiene una estructura que cuenta con un bastión tipo viga cabezal sobre pilotes, y otra con un bastión tipo viga cabezal sobre muro de suelo mecánicamente estabilizado.

Por lo tanto, la división de las estructuras en categorías que se realizó se presenta en el Cuadro 4

Cuadro 4. Categorización de los puentes vehiculares del proyecto de intercambios en la intersección de las Rutas Nacionales N.º 2 - N.º 236, y la intersección entre las Rutas Nacionales N.º 2 - N.º 10, del tramo Taras – La Lima

Categoría	Tipo de estructura	Tipo de superestructura	Tipo de subestructura	Puentes con memoria de cálculo de la categoría especificada	Empresa ejecutora del diseño
1	Paso superior	Vigas Concreto Presforzado	Bastiones: Viga cabezal sobre pilotes Pilas: Marco con dos columnas	A.1. Paso elevado Taras A.2. Paso elevado La Lima N° 1 A.3. Paso elevado La Lima N° 2	IDOM-DHEC
2	Paso superior	Vigas Concreto Presforzado	Bastiones: Viga cabezal sobre pilotes Pilas: Tipo Martillo	A.4. Paso elevado La Lima N° 3	IDOM-DHEC
3	Paso superior	Vigas Concreto Presforzado	Bastiones: Viga cabezal sobre muro de suelo mecánicamente estabilizado Pilas: Tipo Martillo	A.5. Paso elevado sobre Avenida N° 23	IDOM-DHEC ⁽¹⁾
4	Paso inferior	Losa de concreto reforzado	Bastiones: Viga cabezal sobre pilotes	A.6. Paso inferior La Lima	IDOM-DHEC
5	Paso inferior	Vigas de concreto reforzado	Bastiones: Viga cabezal sobre pilotes	A.7. Pórtico La Lima	IDOM-DHEC

(1) No forma parte de la revisión los cambios en el diseño derivados de la ingeniería de valor realizada por el consorcio Estrella – H Solís



Para proceder con la revisión de una memoria de cálculo que sea representativa del proyecto, se selecciona una memoria a partir de la categoría que cuenta con la mayor cantidad de puentes. Como se pudo observar en el Cuadro 4, la Categoría 1 es la que presenta mayor cantidad de puentes, aproximadamente un 42% del total del proyecto. Dado que los tres puentes de esta categoría son prácticamente iguales en cuanto a tipología y longitud de sus tramos, se escoge el paso elevado La Lima N° 1 para efectuar la revisión de la memoria de cálculo.

Para las memorias de cálculo del proyecto, que no fueron seleccionadas para su revisión, las conclusiones y recomendaciones que surgen a partir de la revisión de la memoria de cálculo del paso elevado la Lima N° 1, se suponen válidas para todas las estructuras. Por lo tanto, el contratista deberá revisar, y corregir en caso de ser necesario, las mismas observaciones que se deriven de la revisión de la memoria de cálculo del paso elevado la Lima N° 1.

Las características de la estructura del paso elevado La Lima N° 1 se presentan en el Cuadro 5.



Cuadro 5. Características generales del puente del paso elevado La Lima No.1

Geometría	Tipo de estructura	Paso Elevado			
	Longitud total (m)	106,30 (Dos tramos de 35,10 y uno de 36,10)			
	Ancho total (m)	11,25			
	Ancho de calzada (m)	10,35			
	Número de tramos	3			
	Alineación del puente	Sesgado			
	Número de carriles	2			
Superestructura	Número de superestructuras	3			
	Tipo de superestructura (elementos principales)	Superestructura n.º 1, n.º 2 y n.º 3, tipo viga de concreto preesforzado			
	Tipo de tablero	Concreto reforzado			
Subestructura	Número de bastiones y pilas	2 bastiones; 2 pilas			
	Tipo de bastiones	Bastión n.º 1 y n.º 2, tipo viga cabezal sobre pilotes			
	Tipo de pilas	Pila n.º 1 y n.º 2, Marco con dos columnas			
	Tipo de apoyo en bastiones	Bastión n.º 1 y n.º 2, apoyo elastomérico reforzado			
	Tipo de apoyo en pilas	Pila n.º 1: apoyo inicial elastomérico reforzado, apoyo final elastomérico reforzado			
	Tipo de cimentación	Bastión n.º 1 y n.º 2: Profunda Pila n.º 1: Profunda			
Diseño y construcción	Planos disponibles	<input checked="" type="checkbox"/> Sí	<input checked="" type="checkbox"/> De diseño (IDOM-DEHC, 2018)	<input checked="" type="checkbox"/> Completos <input type="checkbox"/> Incompletos	<input type="checkbox"/> No
			<input type="checkbox"/> Como quedó construido ("As-Built")	<input type="checkbox"/> Completos <input type="checkbox"/> Incompletos	
			<input type="checkbox"/> De rehabilitación / reforzamiento / ampliación	<input type="checkbox"/> Completos <input type="checkbox"/> Incompletos	
	Año de diseño	2018			
	Año de construcción	Orden de inicio del proyecto: 2020			
Especificación de diseño original	AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATION, 8va edición, 2014				
Carga viva de diseño original	HL-93				



6. REVISIÓN DE LA CALIDAD DE LA MEMORIA DE CÁLCULO DEL PUENTE EVALUADO

La revisión de la calidad de la memoria de cálculo del paso elevado La Lima N.º 1 consistió en dos partes:

1. Revisión del contenido de la memoria de cálculo con respecto a las especificaciones técnicas establecidas en el contrato. Los criterios considerados para realizar esta revisión, así como los resultados obtenidos se explican en la Sección 6.1.
2. Revisión del procedimiento de diseño estructural incluido en la memoria de cálculo de acuerdo con la normativa especificada en el contrato. Los criterios considerados para la revisión, así como los resultados obtenidos se explican en la Sección 6.2.

6.1. Revisión de la memoria de cálculo con respecto a los requerimientos solicitados en el contrato

6.1.1. Criterios considerados para la revisión del cumplimiento del contrato

La primera parte de la revisión consiste en verificar si la memoria de cálculo del paso elevado La Lima N.º 1, cumple con lo que se solicitó a nivel de especificaciones técnicas de diseño que se establecieron en la sección 6.A del contrato de servicios de consultoría. Estas especificaciones se muestran en el Anexo 1 del presente informe.

Para evaluar el grado de cumplimiento de la memoria de cálculo elaborada por el diseñador, se utilizó una lista de verificación con los requerimientos mínimos indicados en *el contrato*. Estos se dividieron en 4 apartados, siguiendo el orden establecido en las especificaciones técnicas detalladas en la sección 6.A del contrato:

- A. Requerimientos de diseño estructural.
- B. Requerimientos de la memoria de cálculo.
- C. Requerimientos con respecto a programas de computadora.
- D. Requerimientos con respecto a hojas electrónicas.

La revisión consistió en evaluar el grado de cumplimiento de la memoria de cálculo para cada uno de los criterios establecidos en la lista de verificación, clasificándolo en uno de los tres niveles siguientes: el criterio se cumple en su totalidad, se cumple parcialmente y no



se cumple del todo. En caso de ser necesario, se hicieron observaciones específicas del criterio evaluado.

El sistema de puntuación utilizado para determinar el grado de cumplimiento es el siguiente:

- I. Se otorga 1 punto por cumplimiento total del criterio.
- II. Se otorga 0,5 puntos por cumplimiento parcial del criterio.
- III. Se otorga 0 puntos por incumplimiento total del criterio.

La lista de verificación completa para el puente del paso elevado La Lima N° 1 se muestra en el Apéndice A del informe. Por otra parte, las observaciones más importantes obtenidas a partir de la revisión se describen en la siguiente sección.

6.1.2. Resultados de la revisión del cumplimiento de las especificaciones para el diseño que establece *el contrato*

Respecto a las especificaciones técnicas establecidas en la sección 6.A el contrato, se obtuvo un porcentaje de cumplimiento total del **74%**, el cual se detalla en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Nivel de cumplimiento de las especificaciones técnicas para el puente sobre el paso elevado La Lima N° 1.

Categoría	Puntos obtenidos	Porcentaje de cumplimiento
A. Requerimientos generales	8 de 11	72,7 %
B. Memoria de cálculo	12,5 de 19	65,8 %
C. Programas computacionales	6 de 7	85,7 %
D. Hojas electrónicas	8,5 de 10	85 %
Global	35 de 47	74,4 %



Las deducciones en el porcentaje de cumplimiento se relacionan con incumplimientos parciales o totales, según sea el caso. Entre los incumplimientos encontrados se destacan los siguientes:

6A. Requerimientos del diseño estructural:

6A.1 En *el contrato* se indica explícitamente que se debe utilizar la versión del documento de “AASHTO LRFD Bridge Design Specifications”, denominado de ahora en adelante como AASHTO LRFD, del año 2014 o edición vigente, sin embargo, en el documento de memoria de cálculo presentado por el contratista se hace uso de versiones desactualizadas de la norma, como, por ejemplo: en el cálculo del momento de agrietamiento de vigas se hace uso de parámetros de la versión del año 2010. Adicionalmente, en la sección de diseño de topes transversales (apoyos elastoméricos), se hace uso de parámetros de diseño de la versión del año 2004.

6A.2 En *el contrato* se indica que la estructura se debe considerar como “Puente crítico” según la sección 6.A, sin embargo, en la memoria de cálculo no se observa que se hayan realizado ajustes o utilizado los factores modificadores de carga en las combinaciones de carga para dicha consideración. Adicionalmente, no se observó que este requerimiento se haya considerado en el cálculo de las fuerzas sísmicas, aplicado principalmente en la determinación del factor de importancia.

6A.3 En la memoria de cálculo, no se muestra el cálculo de la razón capacidad/demanda de los componentes y elementos del puente, como se en la sección 6.A del contrato. Adicionalmente, el diseño de los diafragmas presenta un caso donde la capacidad excede en un 72% a la demanda de resistencia requerida máxima, lo que excede el límite máximo de 33% de sobrecapacidad que establece *el contrato*, y no se adjuntan las justificaciones del caso.

6A.4 En el diseño de los topes transversales (apoyos elastoméricos), en la sección 6.2.4 de la memoria de cálculo se indica que la razón capacidad/demanda es de 0,967, es decir, la demanda excede la capacidad del elemento. Se menciona en la memoria que se considera “admisible”, sin embargo, no se aporta la justificación correspondiente.



6A.5 En *el contrato* se establece que se deben de diseñar elementos de contención para cargas de colisión de 20 T, sin embargo, en la memoria no se adjunta el diseño de las barreras vehiculares, por lo que no se puede verificar el cumplimiento de este requisito.

B. Requerimientos de la memoria de cálculo:

6B.1 En el contrato se solicita realizar un análisis de vibraciones en la estructura, el cual no se muestra en la memoria de cálculo.

6B.2 En la mayor parte del documento de la memoria de cálculo aportada por el contratista, no se hace referencia a las secciones de la normativa que se utilizó para el análisis y diseño de los elementos y componentes del puente, tal y como lo establece el contrato en su sección 6.A al final de la página 63.

6B.3 En el diseño de los apoyos de neopreno no se adjunta el diagrama de dimensiones propuestas, tal y como lo establece la sección 6.A del contrato.

6B.4 A lo largo de la memoria de cálculo se utilizaron unidades del sistema internacional, pero se presentaron casos puntuales en los que se utilizan otras unidades (ton, ton-m, Kg/cm², m/s², así como el uso de unidades del sistema inglés (kip, inch², ksi). Esto no corresponde a una falta de los lineamientos establecidos en *el contrato*, sin embargo, la Ley N° 5292 “*Uso Exigido Sistema Internacional Unidades Medida "SI" Métrico Decimal*”, establece como obligatorio el uso de unidades en sistema internacional.

C. Requerimientos con respecto a programas computacionales:

6C.1 El modelo generado para el diseño de las pilas no incluye el desglose de las cargas aplicadas, tal y como se solicita en la sección A.6 del contrato, en el cuarto punto de la página 64. Al realizarse un modelo estructural independiente del modelo estructural que se elaboró para la superestructura, se debe presentar nuevamente todas las consideraciones de carga y supuestos de diseño aplicados para las pilas.



6C.2 El diseño estructural de los bastiones y sus respectivos pilotes no se presenta de manera clara y ordenada, en cuanto a las salidas del programa de cálculo, tal como lo solicita el contrato en su sección 6.A, en el cuarto punto de la página 64, que establece lo siguiente: “*Datos de salida del diseño estructural, los cuales además de presentarse en forma clara, precisa, lógica y ordenada, deberán estar en concordancia con lo indicado en los planos estructurales*”.

D. Requerimientos con respecto a hojas de cálculo electrónicas

6D.1 Los datos de entrada de las propiedades de los materiales de los apoyos de neopreno se presentan en idioma inglés, y no en el idioma español como se especifica en la sub sección 4.1 de la sección II de Condiciones generales del contrato.

6D.2 No se incluyeron las secciones transversales y la geometría de los elementos de los apoyos de neopreno, a pesar de que así lo establece el contrato en su sección 6.A, en el último punto de la página 64.

6D.3 En el caso del diseño de la viga cabezal de la pila por medio del método de puntal-tensor, en la memoria de cálculo no se presentó un esquema de cómo fueron consideradas las cargas a nivel interno, por lo que se incumplen los requisitos establecidos en la sección 6.A del contrato, en el último punto de la página 64, donde se indica que se debe adjuntar lo siguiente: “*Acciones y reacciones que controlan el diseño estructural (respaldadas a través del análisis estructural)*”.

6D.4 En la hoja de cálculo electrónica de la memoria de cálculo utilizada para determinar la acción sísmica no se hace referencia a las secciones utilizadas de *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (2014)*, *AASHTO Guide Specifications for LRFD Seismic Bridge Design (2011)* y los *Lineamientos de diseño Sismorresistente para Puentes (2013)*.



6.2. Revisión del procedimiento de diseño con respecto a los requerimientos mínimos especificados en la normativa AASHTO LRFD (2014) en su apéndice A5

6.2.1. Criterios considerados para la revisión del diseño

La segunda parte de la revisión de la memoria de cálculo consiste en verificar si la normativa especificada para el diseño estructural del paso elevado fue aplicada de forma correcta y completa. La normativa de diseño estructural que se solicita en *el contrato*, y que es de interés para la presente revisión, corresponde a *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 7th Edition (2014)*.

Para realizar la revisión, se utilizó como referencia el procedimiento de diseño mínimo indicado en el Apéndice A5 de la norma AASHTO LRFD (2014), el cual se incluye en el Anexo 2 de este informe, dado que el paso elevado se compone de elementos de concreto.

Partiendo del procedimiento de diseño establecido en el Apéndice A5 de AASHTO LRFD (2014), se desarrolló una lista de verificación para cada componente, según se muestra en el Cuadro 7. El propósito de las listas de verificación es evaluar de manera sistemática el uso correcto de la normativa para el diseño estructural del puente, es decir, que el procedimiento de diseño mostrado en la memoria de cálculo incluya todos los pasos e información que sean requeridos.

La revisión comprende la evaluación del grado de cumplimiento del procedimiento de diseño para cada uno de los criterios establecidos en las listas de verificación. La calificación de cada criterio se realiza a partir de tres niveles de cumplimiento: el criterio se cumple en su totalidad (1 punto), se cumple parcialmente (0,5 puntos) o no se cumple del todo (0 puntos). En caso de ser necesario, se hicieron observaciones específicas para cada criterio.

Las listas de verificación completas para el puente del paso elevado La Lima N° 1 se incluyen en el del Apéndice B del informe. Asimismo, las observaciones más importantes se describen en la siguiente sección.



Cuadro 7. Listas de verificación utilizadas para revisar los elementos del puente.

Referencia principal de lista de verificación	Componente del puente	Elemento	Tipo
Diseño del Tablero [AASHTO A5.3]	Superestructura (Tablero y vigas)	Tablero	Concreto reforzado
Diseño de las Vigas Principales [AASHTO A5.3]	Superestructura (Vigas de concreto presforzado)	Elementos principales	Vigas principales
		Elementos secundarios	Diafragmas
Diseño de la Subestructura [AASHTO A5.5]	Subestructura	Cabezal de bastiones	Concreto reforzado
		Cuerpo de pilas	Marco con columna doble
		Cimentaciones	Pilotes
		Apoyos	Elastomérico

6.2.2. Resultados de la revisión del procedimiento de diseño

El grado de cumplimiento del procedimiento de diseño es de un **67%**, desglosado como se detalla en el Cuadro 8. Los puntos obtenidos corresponden al esquema de calificación descrito en la sección 6.1.1 del presente informe, seguidamente se establece un porcentaje de cumplimiento para cada elemento de acuerdo al total de puntos obtenidos según la revisión con la lista de verificación. Por último, se suman todos los puntos obtenidos por elemento y se obtiene un total global, y es a este total de puntos que se le calcula un porcentaje de cumplimiento.



Cuadro 8. Nivel de cumplimiento del procedimiento de diseño basado en el apéndice A5 de AASHTO LRFD para el puente sobre el paso elevado La Lima N° 1.

Componente principal	Elemento	Puntos obtenidos	Porcentaje de cumplimiento
Superestructura	Losa	15,5 de 26	59,6
	Vigas	21 de 33	63,6
Subestructura	Aspectos generales	6,5 de 9	72,2
	Bastión	5 de 6	83,3
	Pila	7 de 10	70,0
	Pilotes	4,5 de 6	75,0
	Apoyos	6 de 8	75,0
Global		65,5 de 98	66,8

A continuación, se presenta un resumen de las observaciones más importantes que fueron identificadas a partir de la revisión del procedimiento de diseño del puente paso elevado La Lima N° 1. Como se mencionó anteriormente, se realizó una revisión para cada uno de los elementos del puente. Sin embargo, algunas observaciones aplican de manera general, como las siguientes:

E. Observaciones que aplican a todos los elementos:

6E.1 No hay evidencia dentro de la memoria de cálculo de que se hayan aplicado modificadores de carga en las combinaciones de carga para el estado límite de Resistencia y Evento Extremo, presentes en la memoria de cálculo. Al tratarse de un puente crítico, el modificador de carga por clasificación operacional (η_1) debe ser 1.05, de acuerdo con el Artículo 1.3.3, 1.3.4 y 1.3.5 de AASHTO LRFD (2014).

6E.2 No hay evidencia dentro de la memoria de cálculo de que se haya considerado la aplicación un factor de importancia de 1,25 al momento de calcular la carga



sísmica, como lo establece el Artículo 3.1 de Lineamientos para Diseño Sismorresistente (2013), dado que la estructura se clasifica como “puente crítico”.

6E.3 Se omite en gran parte de la memoria de cálculo el número de sección de la normativa que se utiliza, esto dificultó el seguimiento de los cálculos realizados.

6E.4 En la memoria de cálculo, cuando se indican las combinaciones de carga a utilizar, se hace referencia a la sección 3.11 de AASHTO LRFD (2014), cuando lo correcto es que se haga referencia a la sección 3.4. A pesar de esto, las combinaciones de carga presentadas son correctas.

6E.5 No hay evidencia en la memoria de cálculo que se haya calculado el acero requerido por efectos de retracción y temperatura, y espaciamientos mínimos de acuerdo con la sección 5.10 de AASHTO LRFD (2014).

F. Diseño de los elementos de la superestructura

➤ F.1. Diseño del Tablero

La lista de verificación utilizada para la revisión del tablero se muestra en el Cuadro B.1 del Apéndice B de este informe. A partir de la revisión realizada, se hacen las siguientes observaciones:

6F.1.1 En la memoria de cálculo no hay evidencia de si la determinación del acero longitudinal cumple con los porcentajes mínimos requeridos por acero de distribución y temperatura de acuerdo con el artículo 9.7.3.2 de AASHTO LRFD (2014).

6F.1.2 La memoria de cálculo no incluye el diseño por colisión de la barrera vehicular el cual transfiere cargas al tablero, de acuerdo con el artículo A13.4.1 de AASHTO LRFD (2014). Por lo tanto, no es posible verificar si el tablero es capaz de resistir cargas por impacto y si existe capacidad por cortante en la interfase de la barrera vehicular y el tablero. Adicionalmente, en la memoria de cálculo, en las páginas 103, 110, 131, 141 se presenta un resumen de verificaciones, en el cual se especifican los estados límites considerados en el diseño del tablero y su respectivo cumplimiento, la cual no incluye el cumplimiento del Estado Límite de Evento Extremo II.



6F.1.3 En los planos constructivos estructurales no se brinda el detalle del anclaje del acero de la barrera vehicular al tablero.

6F.1.4 En la sección 4.4 de la memoria de cálculo se hace mención al artículo 5.7.3.3.2 de la normativa de AASHTO LRFD (2014) para el cálculo del momento de agrietamiento, a pesar de esto, en los cálculos realizados en la sección 5.2 de la memoria de cálculo se menciona la norma AASHTO LRFD (2010) y se hace uso de un coeficiente diferente al requerido por el artículo 5.7.3.3.2 de la normativa de AASHTO LRFD (2014).

6F.1.5 En la sección 4.3 de la memoria de cálculo se indica una reducción del recubrimiento mínimo requerido en la cara superior del tablero que establece el artículo 5.12.3 de AASHTO. Según la especificación de AASHTO, esto es válido únicamente si el concreto de la losa se prepara con una razón de agua/cemento (A/C) menor a 0,40. Sin embargo, no se observa que este requisito quedara debidamente establecido en las especificaciones técnicas, así como en los planos estructurales del proyecto.

➤ F.2. Diseño de las vigas principales

La lista de verificación utilizada para revisar el diseño de las vigas principales se muestra en el Cuadro B.2 del Apéndice B de este informe. A continuación, se presentan los resultados de dicha revisión:

6F.2.1 En la memoria de cálculo no se indica cómo se discretizó el modelo de elemento finito, por lo que no se puede determinar si se cumple con lo dispuesto en la sección 4.6.3.3.1 de AASHTO LRFD (2014), en cuanto a que las dimensiones de los elementos finitos no excedan una razón de 5.

6F.2.2 La memoria de cálculo no incluye la revisión de los límites de esfuerzos de tensión de los tendones de presfuerzo para el estado límite de resistencia y evento extremo, tal y como se establece en la sección 5.9.3 de AASHTO LRFD (2014).



- 6F.2.3 En cuanto a la definición de los límites de esfuerzo para el concreto, en la memoria de cálculo, no se indica el valor de la resistencia del concreto al momento de realizar la transferencia del tensado que se consideró en los cálculos, pero este valor si se indica en los planos constructivos en la lámina de notas generales. Tampoco se indica de manera explícita las pérdidas iniciales y finales que fueron consideradas.
- 6F.2.4 En cuanto a la revisión del espaciamiento del acero de refuerzo para el control de agrietamiento, en la sub sección 4 de la sección 5.2 de la memoria de cálculo se menciona lo siguiente: “*Como no se supera en ningún caso el valor de la tensión máxima de tracción, se cumple la verificación*”. De acuerdo con el artículo 5.7.3.4 de AASHTO LRFD (2014), el único caso donde se podría realizar tal omisión es en el diseño de la losa, por lo tanto, la justificación presentada en la memoria no es válida como parte del diseño de las vigas.
- 6F.2.5 En lo que respecta a la determinación de la resistencia nominal de cortante de las vigas principales, la memoria de cálculo en apariencia sigue el procedimiento establecido en la sección 5.8.3.3 de la norma AASHTO LRFD (2014). Sin embargo, en la determinación de los parámetros β y θ , no se adjunta un ejemplo de cálculo de cómo fueron determinados, e igualmente no se hace mención a la sección respectiva.
- 6F.2.6 En la determinación del refuerzo transversal, solo se adjunta el valor final obtenido, no se brinda un ejemplo de cálculo con su respectiva referencia a las secciones de la norma que fueron utilizadas en la determinación de dicho refuerzo. Misma situación sucede con la revisión de la transferencia de cortante horizontal en la interfase entre la viga y el tablero.
- 6F.2.7 A pesar que en los planos constructivos se incluye una tabla donde se indican las longitudes de desarrollo y empalmes, en la memoria de cálculo no se muestran los cálculos que las respaldan.



6F.2.8 En lo que respecta al refuerzo de confinamiento para las zonas de anclaje del postensado, no se observa evidencia de que se haya calculado o adjuntado como parte de la memoria de cálculo dada por el contratista, tal y como lo solicita la normativa de AASHTO LRFD (2014) en la sección 5.10.9.

➤ G. Diseño de los elementos de la subestructura

La lista de verificación utilizada para revisar el diseño de los elementos de la subestructura, correspondientes a los bastiones, pilas, pilotes y apoyos se muestra en los Cuadros B.3.1 al B.3.5 del Apéndice B de este informe.

Los resultados de la revisión fueron los siguientes:

➤ **G.1. Observaciones generales**

6G.1.1 En la sección 4.1.2 de la memoria de cálculo se indica que la longitud de asiento se obtuvo según los "Lineamientos para el Diseño Sismorresistente de Puentes CFIA", sin embargo, no se encontró su cálculo.

6G.1.2 En cuanto a la combinaciones de carga del Estado Limite Evento Extremo I, no queda claro cuál fue el factor de carga utilizado para la carga viva (γ_{EQ}).

6G.1.3 No se consideró el efecto de una colisión de vehículos sobre las pilas, tal y como se solicita en la sección 11.7.2.1 de la normativa de AASHTO LRFD, Y no se justifica el por qué no se realiza.

➤ **G.2. Bastiones**

6G.2.1 No hay evidencia dentro de la memoria de cálculo de que se haya revisado la transferencia de cortante en el plano de contacto entre la viga cabezal y los pilotes.

6G.2.2 La magnitud de las fuerzas sísmicas determinadas en la sección 6.1 de la memoria de cálculo difieren de las utilizadas para el cálculo de conexiones y bastiones que se detalla en la sección 6.3 del mismo documento.



6G.2.3 En la sección 4.3 de la memoria de cálculo se establece de manera correcta los recubrimientos a utilizar por elemento, de acuerdo con el Artículo 5.12.3 de AASHTO LRFD (2014), sin embargo, en el diseño del bastión se hace uso de un recubrimiento menor al solicitado por la normativa (elemento colocado contra el terreno).

➤ **G.3. Pilas**

6G.3.1 En la memoria de cálculo no se desglosan las cargas aplicadas a la pila y tampoco se indica cómo fueron utilizadas para realizar el cálculo de cada uno de los estados límite analizados. Solo se adjuntaron los diagramas de cortante y momento finales obtenidos.

6G.3.2 En la memoria de cálculo se revisa el cortante de las pilas en dos direcciones mediante ecuaciones contenidas en la normativa ACI 318S-14, en lugar de utilizar las contenidas en la sección 5.13.3.6.3. de AASHTO LRFD (2014).

6G.3.3 No hay evidencia dentro de la memoria de cálculo de que se haya revisado la transferencia de cortante en el plano de contacto entre las columnas de la pila y la placa de cimentación, y a su vez entre la placa de cimentación y los pilotes.

6G.3.4 En la memoria de cálculo no se indica la revisión por capacidad de la carga axial en los planos de contacto de la placa de cimentación con las columnas de la pila y los pilotes, como se establece en la sección 5.13.3.8 de AASHTO LRFD (2014).

6G.3.5 Para el diseño de las pilas se observa en la memoria de cálculo que se hace uso de la técnica de puntal – tensor, sin embargo, no se menciona el cumplimiento de los lineamientos que se establecen en la sección 5.6.3 de AASHTO LRFD (2014) respecto a este método. Adicionalmente, no se evidencia el cálculo del acero de refuerzo mínimo para el control de agrietamiento, el cual se establece en la sección 5.6.3.6 de AASHTO LRFD (2014).



➤ **G.4 Pilotes**

6G.4.1 En la memoria de cálculo no se incluye el cálculo del acero de refuerzo que se debe anclar la viga cabezal (o placa de cimentación) por encima del pilote como parte del cumplimiento de las disposiciones dadas en la sección 5.13.4.1 de AASHTO LRFD (2014), en el que se establece que este refuerzo debe ser capaz de soportar una fuerza de $1,25 * f_y * A_s$, contar con un mínimo de cuatro de barras o que la razón de acero con respecto al área de concreto sea mayor o igual a 0,005.

6G.4.2 En la memoria de cálculo no se incluye el análisis de efecto de grupo de pilotes, tal y como lo establece la sección 10.8.3.6.1 de AASHTO LRFD (2014), en la cual se menciona que para suelos cohesivos se deben seguir los lineamientos dados en la sección 10.7.3.9. En dicha sección, se detalla que se debe aplicar un factor de reducción de la resistencia cuando los espaciamientos entre pilotes se encuentran en un rango de entre 2,5 a 6 veces su diámetro.

➤ **G.5. Apoyos**

6G.5.1 En la memoria de cálculo no se incluye la revisión de deflexiones por compresión de almohadillas elastoméricas, tanto de la carga viva como la carga muerta según el método de diseño B, el cual es el que se indica que fue utilizado para llevar a cabo los cálculos, que se establecen en la norma AASHTO LRFD (2014) en la sección 14.7.5.3.6, como parte los requisitos por cumplir para el diseño para apoyos de neopreno reforzado.



7. CONCLUSIONES

Con el fin de evaluar la calidad de la memoria de cálculo de las estructuras del proyecto de intercambios en la intersección de las Rutas Nacionales N.º 2 - N.º 236, y la intersección de las Rutas Nacionales N.º 2 - N.º 10, del tramo Taras – La Lima, en la provincia de Cartago se realizó una revisión del cumplimiento por parte del contratista de las especificaciones técnicas establecidas en *el contrato*, así como el cumplimiento de la aplicación del apéndice A5 de la norma AASHTO LRFD (2014) para el puente sobre el paso elevado La Lima N.º 1. Este puente es representativo del proyecto. En el Cuadro 9 se resumen las conclusiones alcanzadas, en el que para cada conclusión se indican las observaciones asociadas con respecto a la sección 4 y 6 de este informe.

Cuadro 9. Resumen de conclusiones

Conclusión		Observaciones asociadas
1.	Las especificaciones técnicas establecidas en <i>el contrato</i> no especifican que el contratista tenga que presentar un plan de control y aseguramiento de la calidad en la etapa de diseño, a diferencia de como sí lo solicita para el proceso constructivo de la obra.	4A.2, 4A.3
2.	Se detecta, a partir de la revisión documental de las especificaciones técnicas establecidas en <i>el contrato</i> , que la Administración utiliza una plantilla de contrato que contiene las condiciones técnicas generales del proyecto con normativa desactualizada.	4A.5
3.	La memoria de cálculo del puente del Paso Elevado La Lima N.º 1 cumple en un 74% con los requerimientos de las especificaciones para el diseño que son parte de las condiciones técnicas generales establecidas en <i>el contrato</i> correspondiente a la etapa de diseño del proyecto.	General



Cuadro 9. Resumen de conclusiones (Cont.).

Conclusión		Observaciones asociadas (Sección 6.1.2)
3.	Se identificaron incumplimientos parciales y totales con respecto a lo solicitado en <i>el contrato</i> en cuanto a las condiciones técnicas para el diseño del puente, entre los principales incumplimientos se destacan los siguientes:	-
	3.1. Presentación de la información en idioma distinto al español.	6D.1
	3.2. No se realizó la consideración de la estructura como puente crítico.	6A.2, 6E.1
	3.3. No se tomaron en cuenta las consideraciones de carga de colisión establecidas en <i>el contrato</i> para el diseño de la estructura.	6A.5
	3.4. No se incluye el cálculo de razones capacidad/demanda.	6A.3, 6A.4
	3.5. No se adjunta un análisis de vibraciones.	6B.1
	3.6. Se hace uso de un sistema de unidades distinta a las establecidas por parte del Sistema Internacional.	6B.4
	3.7. Omisión de inclusión de las cargas aplicadas en el diseño de las pilas como parte de la información utilizada en programas de cálculo y hojas electrónicas.	6C.1
	3.8. Uso de versiones desactualizadas de las normativas. Adicionalmente, no se indican las secciones utilizadas.	6A.1, 6B.2, 6D.4, 6E.2, 6G.3.5
3.9. En el diseño de los topes (apoyos elastoméricos) no se adjunta el esquema de las secciones transversales y geometría.	6B.3, 6D.2	
4.	La memoria de cálculo del puente del Paso Elevado La Lima N.º 1 cumple en un 67% con los requerimientos especificados en el apéndice A5 de la normativa para diseño estructural AASHTO LRFD (2014).	General



Cuadro 9. Resumen de conclusiones (Cont.).

Conclusión		Observaciones asociadas (Sección 6.2.2)
Se identificaron incumplimientos parciales y totales con respecto a lo solicitado en la normativa de AASHTO LRFD (2014) en su apéndice A5, Entre los incumplimientos se destacan los siguientes:		--
5.1.	Existen inconsistencias en el uso de la carga sísmica longitudinal, puesto que el valor utilizado para el cálculo de las conexiones, bastiones, pilas y pilotes, difiere de la calculada en la sección 6.1 del documento de la memoria de cálculo.	6E.4, 6G.2.2
5.2.	No se observa el cálculo de acero de refuerzo por efectos de retracción, temperatura ni por acero de distribución, así como en el espaciamiento mínimo.	6F.1.1, 6F.2.5, 6G.2.2
5.3	En el diseño del tablero no se incluye la revisión de los efectos de colisión de la barrera vehicular y momento de agrietamiento.	6F.1.2, 6F.1.3, 6F.1.4.
5.	En el diseño de las vigas no se incluye la revisión de los requisitos de revisión de razón dimensional de los elementos finitos, los límites de esfuerzos de tensión en los tendones de prefuerzo, no se indica la resistencia del concreto al momento de la transferencia del prefuerzo, no se adjuntan ejemplos de cálculo con la determinación de las longitudes de desarrollo, empalmes y el refuerzo adicional requerido en la zona de anclaje del postensado y el refuerzo transversal para confinamiento de la zona de anclaje de los tendones.	6F.2.1 a la 6F.2.8
5.5	En cuanto al diseño de las subestructuras, no se incluyó el cálculo de la longitud de asiento de las vigas principales, no se indica el factor de carga para la carga viva en las combinaciones de carga, y no se revisa la resistencia a cortante entre los planos de la viga cabezal del bastión y los pilotes, columna de la pila con la placa de cimentación, y la placa de cimentación de la pila con los pilotes.	6G.1.1, 6G.1.2, 6G.2.1, G.3.3
5.6	No se consideró el cálculo de colisión en los elementos de las pilas de la subestructura.	6G.1.4



Cuadro 9. Resumen de conclusiones (Cont.).

Conclusión		Observaciones asociadas (Sección 6.2.2)
5.	Se identificaron incumplimientos parciales y totales con respecto a lo solicitado en la normativa de AASHTO LRFD (2014) en su apéndice A5, Entre los incumplimientos se destacan los siguientes:	--
	5.7. En el cálculo de los apoyos no se observó la revisión de las deflexiones por efectos de compresión de las almohadillas elastoméricas.	6G.5.1
	5.8. El diseño de aparato de apoyo transversal (almohadillas elastoméricas) posee una relación capacidad/demanda de 0,967, por lo que se encuentra por debajo de lo necesario para cumplir con su función.	6A.4
	5.9. En el diseño de las pilas no se incluyó el desglose de cargas utilizadas para cada estado limite considerado. Adicionalmente, no se incluyó la revisión por capacidad de carga axial.	6G.3.1 y 6G.3.4
	5.10. En el diseño de las pilas, en cuanto a la resistencia del cortante en dos direcciones, se hace uso de ecuaciones de la norma ACI-318S-14 en lugar de las especificada en la norma AASHTO LRFD (2014).	6G.3.2
	5.11. En el diseño de los pilotes no se adjunta los cálculos del acero de refuerzo que se debe embeber en la placa de cimentación por encima del pilote y el análisis de efecto de grupo de pilotes, como lo establecen las secciones 5.13.4.1 y 10.8.3.6.1 de AASHTO LRFD (2014), respectivamente.	6G.4.1 y 6G.4.2
	5.12. No se adjunta el cálculo de la longitud de asiento.	6G.1.1



Cuadro 9. Resumen de conclusiones (Cont.).

Conclusión		Observaciones asociadas (Sección 6.2.2)
6.	A partir de los incumplimientos parciales y totales detectados con respecto a lo solicitado en <i>el contrato</i> en cuanto a las condiciones técnicas para el diseño del puente, así como con respecto a lo solicitado en la normativa de AASHTO LRFD (2014) en su apéndice A5, se puede concluir que el proceso de control y aseguramiento de la calidad para garantizar la calidad del contenido de las memorias de cálculo llevados a cabo por parte del diseñador así como de la Administración para el recibido y aprobación de estas no fue el adecuado.	General



8. RECOMENDACIONES

Con base en la revisión del cumplimiento por parte del contratista de las especificaciones técnicas establecidas en *el contrato* de diseño, así como el cumplimiento de la aplicación del apéndice A5 de la norma AASHTO LRFD (2014) en la memoria de cálculo, para el puente sobre el paso elevado La Lima N.º 1, se recomienda ejecutar las acciones que se presentan en el Cuadro 10, mostrado a continuación. Para cada recomendación se indican las observaciones asociadas a la sección 4 y 6 de este informe.

Cuadro 10. Recomendaciones finales derivadas de la revisión de la memoria de cálculo.

Recomendación		Observaciones asociadas (Sección 5.3)
1.	Reportar a la Administración las observaciones brindadas en este informe con respecto a la omisión parcial y total de información en la memoria de cálculo y la posible aplicación incompleta o incorrecta de la normativa de diseño que se especificó en los documentos contractuales.	General
2.	Solicitar al diseñador que se incluya en las memorias de cálculo una aclaración de los aspectos que se destacan a continuación, en donde adicionalmente, en aquellos casos en los que aplique, se deberán de realizar las modificaciones respectivas de los cálculos realizados y su actualización en los planos constructivos.	-
	2.1. Por qué no se realizó el cambio en los factores modificadores de carga, en específico el de clasificación operacional, y en el factor de importancia para el cálculo de la acción sísmica.	6A.2, 6E.1,
	2.2. Justificaciones del por qué se considera “admisible” que el aparato de apoyo transversal (almohadillas elastoméricas) se haya diseñado con una relación capacidad/demanda de 0,967.	6A.4,
	2.3. Por qué se diseña el acero por flexión del diafragma con una capacidad que excede la demanda en más de un 33% (límite que está establecido en <i>el contrato</i>).	6A.3
	2.4. Por qué la carga sísmica de diseño utilizada como diseño de las conexiones y bastiones establecida en la sección 6.3 de la memoria de cálculo, es distinta con respecto a la calculada en la sección 6.1 de la memoria de cálculo.	6G.2.2



Cuadro 10. Recomendaciones finales derivadas de la revisión de la memoria de cálculo.
(Cont.).

Recomendación		Observaciones asociadas (Sección 5.3)
2.	2.5. Justificación del por qué no se adjuntó el análisis de vibraciones en la estructura.	6B.1
	2.6. Se aclare el por qué no se consideraron cargas de colisión para el diseño de las pilas.	6G.1.3, 6G.3
	2.7. Se indique el por qué no se tomó en cuenta el análisis de efecto de grupo de pilotes en el diseño de los pilotes de la pila, adicionalmente se solicita que se adjunte el cumplimiento de requisitos para el acero de los pilotes que se embebe en la viga cabezal de los bastiones y en la placa de cimentación de las pilas, tal y como se establece en la sección 5.13.4.1 de AASHTO.	6G.4.1, 6G.4.2
3.	Solicitar al diseñador que se adjunte en las memorias de cálculo los aspectos que se destacan a continuación:	
	3.1. El cálculo del diseño estructural de la barrera vehicular y las implicaciones que tiene en el diseño de la sección en voladizo del tablero. Adicionalmente, se solicita adjuntar el detalle de anclaje de la barrera a la losa.	6A.5, 6F.1.2
	3.2. Se indique a lo largo del documento de la memoria de cálculo el número de las secciones de las normativas utilizadas.	6B.2
	3.3. El esquema de las cargas aplicadas en el modelo de análisis de la pila.	6C.2, 6G.3.1
	3.4. El esquema de fuerzas internas utilizadas en el método de análisis puntal – tensor realizado para el diseño de las pilas.	6G.3.5
	3.5. El esquema de ubicación del refuerzo por difusión del acero pretensado, que se calculó en la subsección 14.1, sección 5.2 de la memoria de cálculo.	6F.2



Cuadro 10. Recomendaciones finales derivadas de la revisión de la memoria de cálculo.
(Cont.).

Recomendación		Observaciones asociadas (Sección 5.3)
	Solicitar al diseñador que se adjunte en las memorias de cálculo los aspectos que se destacan a continuación:	-
3.6.	El cálculo de revisión de la transferencia de cortante en los planos de contacto entre los planos de la viga cabezal de los bastiones y los pilotes, la columna de la pila con la placa de cimentación, y la placa de cimentación de la pila con los pilotes.	6G.2.1, 6G.3.3
3.7.	El cálculo de revisión de deflexiones por compresión que se realizaron para el diseño de los apoyos de neopreno reforzado, mediante el método A.	6G.5.1
3.8.	El cálculo de los empalmes y las longitudes de desarrollo realizados para los distintos elementos que componen la estructura.	General
3.9.	El cálculo de la longitud de asiento de los elementos de la subestructura.	6G.1.1
3.10.	El cálculo o resumen de las pérdidas de presfuerzo obtenidas diseño de las vigas principales, tanto iniciales como finales. Adicionalmente se solicita adjuntar las revisiones de los límites de esfuerzos en los tendones.	6F.2.3
3.11.	El nombre y número de carné de los profesionales responsables del diseño estructural, así como de los profesionales responsables de realizar la revisión independiente del diseño.	4A.5



Cuadro 10. Recomendaciones finales derivadas de la revisión de la memoria de cálculo.
(Cont.).

Recomendación		Observaciones asociadas (Sección 5.3)
4.	Recomendar a la Administración que en los documentos contractuales de futuros proyectos de diseño de puentes solicite específicamente la entrega de la siguiente información:	-
	4.1. Un plan de control y aseguramiento de la calidad de todos los entregables y actividades relacionadas con el diseño estructural, el cual permita detectar errores e inconsistencias antes de la entrega del producto final por parte del diseñador. Este plan debe ser revisado y aprobado por la Administración antes del inicio de los trabajos. Se recomienda consultar el documento titulado "Guidance on Quality Control and Quality Assurance (QC/QA) in Bridge Design" (FHWA, 2011).	6F.2, 4A.2, 4A.3, 4A.4
	4.2. El nombre y número de carné de los profesionales responsables del diseño estructural, así como de los profesionales responsables de los procesos de revisión independiente del diseño.	6G.2.1, 6G.3.3, 4A.5
	4.3. Solicitar a la Administración revisar la vigencia de la normativa y las especificaciones técnicas de diseño estructural a cumplir, que se solicita en los documentos contractuales o contrato.	4A.4
	4.4. Solicitar a la administración una corrección en la solicitud de inclusión de la razón "capacidad/demanda", dado que lo correcto es indicar que se solicite la inclusión de una razón "demanda/capacidad". Esto por motivos de que, el primer termino está asociado más la determinación de un factor de seguridad, mientras que el segundo termino es lo apropiado cuando se solicita el uso de metodologías de diseño como lo es el LRFD.	6A.4
	4.5. Solicitar a la administración que cuando se solicite "un análisis de vibraciones" se debe ser más específico en cuanto a si lo que se requiere verificar es con respecto a la carga sísmica, a la carga vehicular, u ambos casos.	6B.1



9. REFERENCIAS

- A. American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO. (2014). *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications*. (7ta edición). Washington DC: AASHTO.
- B. Consejo Nacional de Vialidad, CONAVI. (2017). *Contrato para servicios de consultoría: Diseño Funcional de los Intercambios entre la Intersección de las Rutas Nacionales No. 2 y 236 (Taras), y la Intersección de las Rutas Nacionales No. 2 y 10 (Cartago), incluyendo el Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 2. Sección: Taras-La Lima, en la Provincia de Cartago*. Documento proporcionado por la Unidad de Auditoría Técnica del Lanamme-UCR.
- C. Consorcio IDOM-DHEC. (2018). *Diseño de los Intercambios entre la Intersección de las Rutas Nacionales No. 2 y 236 (Taras), y la Intersección de las Rutas Nacionales No. 2 y 10 (Cartago), incluyendo el Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 2, Sección: Taras- La Lima, en la Provincia de Cartago*. Documento proporcionado por la Unidad de Auditoría Técnica del Lanamme-UCR.
- D. Federal Highway Administration, FHWA. (2011). *Guidance on Quality Control and Quality Assurance (QC/QA) in Bridge Design*. Documento recuperado de <https://www.fhwa.dot.gov/bridge/h0817.pdf>



Anexo 1.

Especificaciones para diseño incluidas en el contrato para servicios de consultoría del proyecto



El diseño de las estructuras y el diseño geométrico de los intercambios principales se deberán realizar tomando en cuenta las siguientes especificaciones:

El diseño geométrico debe cumplir con el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales (SIECA), 3era. Edición, 2011, utilizando como fuente de referencia AASHTO 2001, cuando corresponda.

El diseño de las estructuras de puentes vehiculares, debe considerarse dentro de la categoría de "puente crítico" definida en los "Lineamientos para el diseño sismo resistente de puentes" del Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (CFIA).

El diseño de los puentes vehiculares nuevos se deberá realizar tomando en cuenta las siguientes especificaciones:

- a) AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, Seventh Edition. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2014 o edición vigente.*
- b) AASHTO Guide Specifications for LRFD Seismic Bridge Design, 2nd Edition. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2011, o edición vigente.*
- c) Lineamientos de Diseño Sismo Resistente para Puentes, Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica (CFIA), 2013.*
- d) Circulares de Ingeniería Hidráulica de la Administración Federal de Carreteras de Estados Unidos: HEC N°18, FHWA HI-96-031, 2012, 5º edición; HEC N°20, FHWA HI-96-032, 2012, 4º edición; HEC N°23, FHWA HI-97-030, 2009, 5º edición, o ediciones vigentes.*
- e) Código de Cimentaciones de Costa Rica, edición vigente.*
- f) En soluciones de puentes con superestructuras constituidas por tableros (losas) y vigas principales longitudinales (no curvas (*)), se deben incluir vigas diafragmas según se indica:*

- Diafragmas en los apoyos*

Para todas las luces, obligatoriamente se debe incluir diafragmas en los extremos de las vigas alineados con los apoyos en bastiones y pilas.



- *Diafragmas intermedios*
 - ✓ *Luces menores o iguales a 12,00 metros no requieren diafragmas.*
 - ✓ *En luces mayores a 12,00 metros y menores o iguales a 20 metros se debe colocar como mínimo un diafragma en el punto de máximo momento.*
 - ✓ *En luces mayores a 20,00 metros y menores o iguales a 40,00 metros se debe colocar un mínimo de 3 diafragmas uniformemente distribuidos a lo largo de la luz, asegurándose que al menos un diafragma coincida con el punto de máximo momento.*
 - ✓ *Para el caso de luces mayores a 40,00 metros, colocar diafragmas con un espaciamiento máximo de 12,00 metros, asegurándose que al menos un diafragma coincida con el punto de máximo momento.*

() Para superestructuras curvas, aplica lo establecido en la normativa AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 7th Edición 2014.*

- *Las estructuras deberán cumplir con las solicitaciones de carga establecidas por la metodología LRFD mencionada anteriormente, para una vida útil de al menos 75 (setenta y cinco años), aspecto a considerar en el diseño o chequeo por fatiga.*
- *Todas las estructuras deberán ser sismo-resistentes, con categoría operacional "puente crítico" definida en los "Lineamientos para el diseño sismo resistente de puentes del Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (CFIA).*
- *Con el propósito de tener estructuras eficientes estructuralmente hablando, se requiere que el diseño de todos los elementos primarios de la estructura esté optimizado, por tanto, el contratista se compromete a cumplir con que las dimensiones y el refuerzo (concreto reforzado) de las secciones recomendadas responden a un diseño estructural eficiente. Si existen elementos principales cuya capacidad, ya sea por diseño último o por condiciones de servicio, supere la demanda por más de un 33% se deberá justificar, mediante los cálculos de deflexiones, vibraciones, fatiga u otra consideración que respalde y amerita el exceso de capacidad.*

El contratista deberá presentar una memoria de cálculo con su respectiva descriptiva, en



un formato claro, tanto por escrito como digital, que cumpla con los siguientes requerimientos:

- *Indicar las especificaciones de diseño.*
- *Indicar las capacidades de soporte de diseño.*
- *Indicar claramente el cálculo de los coeficientes sísmicos de diseño.*
- *Presentar en un orden lógico: elementos de superestructura, elementos de subestructura, obras adicionales.*
- *Presentar un desglose de las características, peso, resistencia y propiedades de los materiales considerados en los diseños.*
- *Presentar el desglose y cálculo de todas las cargas (acciones) consideradas en el diseño, por ejemplo: cargas permanentes, cargas vivas (incluyendo el efecto del impacto, fuerza de frenado, fuerza centrífuga, etc.), eventos extremos (sismo, viento, etc.), empujes de suelo (estático y por sismo) y cualquier otro que se deba tomar en cuenta.*
- *Justificar el uso de cualquier parámetro que no sea dado en los estudios preliminares o establecido como único en las normativas (como un parámetro que vaya en función del tipo de material, deberá aclarar que se está utilizando ese material y justificar el por qué).*
- *Presentar revisión de deflexiones y vibraciones de la estructura.*
- *Hacer referencia al artículo correspondiente a la norma utilizada cada vez que utilice una fórmula o tabla específica.*
- *Presentar el desarrollo completo del cálculo del elemento al menos en una ocasión, si el mismo cálculo se repite para otros elementos, podrá presentar una tabla de resultados o solamente el resultado, siempre y cuando haga referencia al artículo de donde extrajo el método de cálculo, ver punto anterior.*
- *Para todos los elementos se deberá presentar el valor de la relación capacidad/demanda (con la respectiva combinación de esfuerzo en donde aplique).*



- *Presentar un diagrama con las dimensiones propuestas para los elementos diseñados dentro de la memoria de cálculo.*
- *En caso de emplear algún programa de computadora especializado se deberá presentar como mínimo:*
 - *Datos de entrada referente a las propiedades de los materiales.*
 - *Secciones transversales de los elementos estructurales.*
 - *Cargas aplicadas para el análisis estructural.*
 - *Condiciones de apoyo de la estructura.*
 - *Parámetros de diseño sísmico.*
 - *Esquemas que describan la geometría de la estructura analizada (en planta, sección y elevación como mínimo).*
 - *Datos de salida del análisis estructural. Los datos de salida del programa deberán ser seleccionados con los criterios descritos en el párrafo anterior (elementos a diseñar y combinaciones de carga más desfavorables para diseño por flexión, torsión, cortante, carga axial, flexocompresión, entre otros).*
 - *Datos de salida del diseño estructural, los cuales además de presentarse en forma clara, precisa, lógica y ordena, deberán estar en concordancia con lo indicado en los planos estructurales.*
- *En caso de emplear hojas de cálculo electrónicas estas deberán ser impresas y presentadas de manera ordenada, incluyendo en el cuerpo de la hoja, como mínimo las siguientes partes:*
 - *Datos de entrada referente a las propiedades de los materiales,*
 - *Secciones transversales y geometría de los elementos estructurales,*
 - *Cargas aplicadas para el análisis estructural,*
 - *Condiciones de apoyo de la estructura,*



- *Parámetros de diseño sísmico,*
- *Esquemas que describan la geometría de la estructura analizada (en planta, sección y elevación como mínimo),*
- *Acciones y reacciones que controlan el diseño estructural (respaldadas a través del análisis estructural),*
- *Proceso de diseño en una secuencia clara, precisa, lógica y ordenada. En este caso, los diversos pasos del proceso de diseño deben ser referencias a los artículos respectivos del Documento Principal para Diseño, y de ser aplicables, a los Documentos Auxiliares para Diseño. Asimismo, la simbología utilizada debe estar claramente identificada.*
- *Se deberán incluir las hojas electrónicas auxiliares para la hoja principal.*



Anexo 2.

Apéndice A5 de la norma *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications* 2014 (7ta edición), para el diseño de puentes de concreto



APPENDIX A5—BASIC STEPS FOR CONCRETE BRIDGES

A5.1—GENERAL

This outline is intended to be a generic overview of the design process using the simplified methods for illustration. It should not be regarded as complete, nor should it be used as a substitute for a working knowledge of the provisions of this section.

A5.2—GENERAL CONSIDERATIONS

- A. Design Philosophy (1.3.1)
- B. Limit States (1.3.2)
- C. Design Objectives and Location Features (2.3) (2.5)

A5.3—BEAM AND GIRDER SUPERSTRUCTURE DESIGN

- A. Develop General Section
 - 1. Roadway Width (Highway-Specified)
 - 2. Span Arrangements (2.3.2) (2.5.4) (2.5.5) (2.6)
 - 3. Select Bridge Type
- B. Develop Typical Section
 - 1. Precast P/S Beams
 - a. Top Flange (5.14.1.2.2)
 - b. Bottom Flange (5.14.1.2.2)
 - c. Webs (5.14.1.2.2)
 - d. Structure Depth (2.5.2.6.3)
 - e. Minimum Reinforcement (5.7.3.3.2) (5.7.3.4)
 - f. Lifting Devices (5.14.1.2.3)
 - g. Joints (5.14.1.3.2)
 - 2. CIP T-Beams and Multiweb Box Girders (5.14.1.5)
 - a. Top Flange (5.14.1.5.1a)
 - b. Bottom Flange (5.14.1.5.1b)
 - c. Webs (5.14.1.5.1c)
 - d. Structure Depth (2.5.2.6.3)
 - e. Reinforcement (5.14.1.5.2)
 - (1) Minimum Reinforcement (5.7.3.3.2) (5.7.3.4)
 - (2) Temperature and Shrinkage Reinforcement (5.10.8)
 - f. Effective Flange Widths (4.6.2.6)
 - g. Strut-and-Tie Areas, if Any (5.6.3)
- C. Design Conventionally Reinforced Concrete Deck
 - 1. Deck Slabs (4.6.2.1)
 - 2. Minimum Depth (9.7.1.1)
 - 3. Empirical Design (9.7.2)
 - 4. Traditional Design (9.7.3)
 - 5. Strip Method (4.6.2.1)
 - 6. Live Load Application (3.6.1.3.3) (4.6.2.1.5)
 - 7. Distribution Reinforcement (9.7.3.2)
 - 8. Overhang Design (A13.4) (3.6.1.3.4)
- D. Select Resistance Factors
 - Strength Limit State (Conventional) (5.5.4.2.1)
- E. Select Load Modifiers
 - 1. Ductility (1.3.3)
 - 2. Redundancy (1.3.4)
 - 3. Operational Importance (1.3.5)
- F. Select Applicable Load Combinations and Load Factors (3.4.1, Table 3.4.1-1)
- G. Calculate Live Load Force Effects
 - 1. Live Loads (3.6.1) and Number of Lanes (3.6.1.1.1)
 - 2. Multiple Presence (3.6.1.1.2)
 - 3. Dynamic Load Allowance (3.6.2)
 - 4. Distribution Factor for Moment (4.6.2.2.2)



- a. Interior Beams with Concrete Decks (4.6.2.2.2b)
- b. Exterior Beams (4.6.2.2.2d)
- c. Skewed Bridges (4.6.2.2.2e)
5. Distribution Factor for Shear (4.6.2.2.3)
 - a. Interior Beams (4.6.2.2.3a)
 - b. Exterior Beams (4.6.2.2.3b)
 - c. Skewed Bridges (4.6.2.2.3c, Table 4.6.2.2.3c-1)
6. Reactions to Substructure (3.6)
- H. Calculate Force Effects from Other Loads as Required
- I. Investigate Service Limit State
 1. P/S Losses (5.9.5)
 2. Stress Limitations for P/S Tendons (5.9.3)
 3. Stress Limitations for P/S Concrete (5.9.4)
 - a. Before Losses (5.9.4.1)
 - b. After Losses (5.9.4.2)
 4. Durability (5.12)
 5. Crack Control (5.7.3.4)
 6. Fatigue, if Applicable (5.5.3)
 7. Deflection and Camber (2.5.2.6.2) (3.6.1.3.2) (5.7.3.6.2)
- J. Investigate Strength Limit State
 1. Flexure
 - a. Stress in P/S Steel—Bonded Tendons (5.7.3.1.1)
 - b. Stress in P/S Steel—Unbonded Tendons (5.7.3.1.2)
 - c. Flexural Resistance (5.7.3.2)
 - d. Limits for Reinforcement (5.7.3.3)
 2. Shear (Assuming No Torsional Moment)
 - a. General Requirements (5.8.2)
 - b. Sectional Design Model (5.8.3)
 - (1) Nominal Shear Resistance (5.8.3.3)
 - (2) Determination of β and θ (5.8.3.4)
 - (3) Longitudinal Reinforcement (5.8.3.5)
 - (4) Transverse Reinforcement (5.8.2.4) (5.8.2.5) (5.8.2.6) (5.8.2.7)
 - (5) Horizontal Shear (5.8.4)
- K. Check Details
 1. Cover Requirements (5.12.3)
 2. Development Length—Reinforcing Steel (5.11.1) (5.11.2)
 3. Development Length—Prestressing Steel (5.11.4)
 4. Splices (5.11.5) (5.11.6)
 5. Anchorage Zones
 - a. Post-Tensioned (5.10.9)
 - b. Pretensioned (5.10.10)
 6. Ducts (5.4.6)
 7. Tendon Profile Limitation
 - a. Tendon Confinement (5.10.4)
 - b. Curved Tendons (5.10.4)
 - c. Spacing Limits (5.10.3.3)
 8. Reinforcement Spacing Limits (5.10.3)
 9. Transverse Reinforcement (5.8.2.6) (5.8.2.7) (5.8.2.8)
 10. Beam Ledges (5.13.2.5)

5.4—SLAB BRIDGES

Generally, the design approach for slab bridges is similar to beam and girder bridges with some exceptions, as detailed below.

- A. Check Minimum Recommended Depth (2.5.2.6.3)
- B. Determine Live Load Strip Width (4.6.2.3)
- C. Determine Applicability of Live Load for Decks and Deck Systems (3.6.1.3.3)
- D. Design Edge Beam (9.7.1.4)
- E. Investigate Shear (5.14.4.1)
- F. Investigate Distribution Reinforcement (5.14.4.1)



- G. If Not Solid
 - 1. Check if Voided Slab or Cellular Construction (5.14.4.2.1)
 - 2. Check Minimum and Maximum Dimensions (5.14.4.2.1)
 - 3. Design Diaphragms (5.14.4.2.3)
 - 4. Check Design Requirements (5.14.4.2.4)

A5.5—SUBSTRUCTURE DESIGN

- A. Establish Minimum Seat Width
- B. Compile Force Effects Not Compiled for Superstructure
 - 1. Wind (3.8)
 - 2. Water (3.7)
 - 3. Effect of Scour (2.6.4.4.2)
 - 4. Ice (3.9)
 - 5. Earthquake (3.10) (4.7.4)
 - 6. Temperature (3.12.2) (3.12.3) (4.6.6)
 - 7. Superimposed Deformation (3.12)
 - 8. Ship Collision (3.14) (4.7.5)
 - 9. Vehicular Collision (3.6.5)
 - 10. Braking Force (3.6.4)
 - 11. Centrifugal Force (3.6.3)
 - 12. Earth Pressure (3.11)
- C. Analyze Structure and Compile Load Combinations
 - 1. Table 3.4.1-1
 - 2. Special Earthquake Load Combinations (3.10.8)
- D. Design Compression Members (5.7.4)
 - 1. Factored Axial Resistance (5.7.4.4)
 - 2. Biaxial Flexure (5.7.4.5)
 - 3. Slenderness Effects (4.5.3.2.2) (5.7.4.3)
 - 4. Transverse Reinforcement (5.7.4.6)
 - 5. Shear (Usually EQ and Ship Collision Induced) (3.10.9.4.3)
 - 6. Reinforcement Limits (5.7.4.2)
 - 7. Bearing (5.7.5)
 - 8. Durability (5.12)
 - 9. Detailing (As in Step A5.3K) and Seismic (5.10.11)
- E. Design Foundations (Structural Considerations)
 - 1. Scour
 - 2. Footings (5.13.3)
 - 3. Abutments (Section 11)
 - 4. Pile Detailing (5.13.4)



Apéndice A.

Lista de verificación para la revisión de la memoria de cálculo del puente del paso elevado La Lima N° 1 con respecto a los requerimientos solicitados en el contrato

EIC-Lanamme-INF-0053-2023	16 de enero, 2023	Página 52 de 77
---------------------------	-------------------	-----------------



Cuadro A.1. Verificación de la calidad de la memoria de cálculo del puente del paso elevado La Lima N°1 con respecto a los requerimientos solicitados en el contrato.

Requerimiento especificado en el contrato		Cumplimiento	Comentarios	Puntaje Obtenido
1. Requerimientos generales del diseño:				8 / 11
1.1	¿Se utiliza la normativa para diseño de puentes vehiculares nuevos solicitada en el contrato?	Parcialmente	<p>El contrato establece que el diseño estructural se debe realizar con la especificación AASHTO LRFD, 7ma edición (2014) o edición vigente. Aunque el diseño de la gran mayoría de elementos se realizó con la norma establecida en el contrato, se encontraron algunos casos puntuales en los que se utilizó una versión más antigua de la norma, los cuales se mencionan a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • En la verificación del momento de agrietamiento de las vigas se indica que se utiliza la versión 2010 del documento. • En el cálculo de los aparatos de apoyo existen secciones que no coinciden con las que se dan en AASHTO 2014. • Se indica en el diseño de los topes transversales (Sección 6.4.5 del documento) se utiliza la versión 2004 del documento. • Se destaca que en los planos generales de todo el proyecto se menciona que se utilizó la especificación de AASHTO LRFD 2012, en el plano propio de la estructura revisada si se indica 2014. 	0.5
1.2	¿Se considera a la estructura como "Puente crítico" en los cálculos realizados?	No	<p>Primeramente, en las combinaciones de carga que surgen de los Estados Limite, en ninguno de los casos se muestra la consideración de los factores modificares de carga, por ende, no se contempló el criterio de que se trata de un puente crítico. Adicionalmente, en la Sección 3.1 de los lineamientos para diseño sismorresistente de puentes de Costa Rica se tiene que para estructuras críticas se debe de multiplicar los coeficientes sísmicos por un factor de importancia de 1,25, este aspecto no fue considerado en los cálculos realizados.</p>	0



Cuadro A.1. (cont.) Verificación de la calidad de la memoria de cálculo del puente del paso elevado La Lima N°1 con respecto a los requerimientos solicitados en el contrato.

Requerimiento especificado en el contrato		Cumplimiento	Comentarios	Puntaje Obtenido
1.3	¿Está optimizado el diseño de todos los elementos principales de la estructura, y están debidamente justificados los casos en los que la capacidad excede la demanda en más de un 33%?	Parcialmente	Acero por flexión de los diafragmas posee un exceso de capacidad del 72% excediéndose el límite establecido en el contrato, y no se presenta una justificación al respecto. Adicionalmente, en el diseño del tope sísmico transversal se tiene una razón de capacidad menor a la requerida para soportar la demanda (0,967, calculado según la información presentada en la memoria) y no justifica.	0.5
1.4	¿Se diseña la estructura para que cumpla con una vida útil de 75 años?	Si	Se analizo tanto en el comportamiento sísmico de las estructuras, y adicionalmente se contempló en los análisis de fatiga realizados.	1
1.5	¿Se cumplen las disposiciones dadas en el apartado de diseño estructural que establece el contrato?	Si	Sin comentarios.	1
1.6	¿Se cumplen las disposiciones dadas en el apartado de drenajes que establece el contrato?	Sí	Sin comentarios.	1
1.7	¿Se cumplen las disposiciones dadas en el apartado de especificaciones de los materiales que establece el contrato?	Parcialmente	En el documento de la memoria de cálculo no se adjunta ningún cálculo en relación al diseño de la barrera vehicular, por lo que se desconoce si se realizó para la fuerza de colisión que establece el contrato.	0.5
1.8	¿Se cumplen las disposiciones dadas en el apartado de estudio de amenaza sísmica de los materiales que establece el contrato?	Sí	Sin comentarios.	1
1.9	¿Se hace uso de las unidades del sistema internacional?	Parcialmente	Se presentaron casos puntuales en los que se utilizan otras unidades. Esta situación provocó que se presentaran dificultades para el seguimiento de los cálculos.	0.5
1.10	¿Se colocan diafragmas en los extremos de las vigas, alineados con los apoyos en bastiones y pilas?	Sí	Sin comentarios.	1
1.11	¿Se colocan al menos tres diafragmas intermedios, donde uno de ellos coincide con el punto de máximo momento, cuando la luz de la estructura está entre 20 m y 40 m?	Sí	Sin comentarios.	1



Cuadro A.1. (cont.) Verificación de la calidad de la memoria de cálculo del puente del paso elevado La Lima N°1 con respecto a los requerimientos solicitados en el contrato.

Requerimiento especificado en el contrato	Cumplimiento	Comentarios	Puntaje Obtenido	
2. Requerimientos generales de la memoria de cálculo:			12,5/16	
2.1	¿Se indica en la memoria las especificaciones de diseño?	Sí	Sin comentarios.	1
2.2	¿Se indica en la memoria las capacidades de soporte de diseño?	Parcialmente	En el documento de la memoria de cálculo no se adjunta, sin embargo, en los planos de la estructura sí se indican.	0,5
2.3	¿Se incluye el cálculo de los coeficientes sísmicos de diseño?	Parcialmente	En la sección 6.1 del documento de la memoria de cálculo se presenta el cálculo de los coeficientes, sin embargo, en el posterior diseño de los elementos de la subestructura, conexiones y topes sísmicos se utiliza un valor de fuerza de sismo longitudinal diferente.	0,5
2.4	¿Se presenta la información en un orden lógico (superestructura, subestructura, obras adicionales)?	Sí	Sin comentarios.	1
2.5	¿Se presenta un desglose de las propiedades de los materiales consideradas en el diseño?	Sí	Sin comentarios.	1
2.6	¿Se presenta el desglose y cálculo de todas las cargas consideradas en el diseño?			
	a. Cargas permanentes	Sí	Sin comentarios.	1
	b. Cargas vivas	Sí	Sin comentarios.	1
	c. Eventos extremos (sismo, viento)	Parcialmente	No se adjuntó en la memoria los cálculos correspondientes a la colisión en la barrera vehicular y los efectos que esto tiene sobre el voladizo del tablero de concreto.	0,5
	d. Empujes de suelo (estático y por sismo)	Sí	Sin comentarios.	1
	e. Otros	Sí	Sin comentarios.	1



Cuadro A.1. (cont.) Verificación de la calidad de la memoria de cálculo del puente del paso elevado La Lima N°1 con respecto a los requerimientos solicitados en el contrato.

Requerimiento especificado en el contrato		Cumplimiento	Comentarios	
2.7	¿Se justifica el uso de los parámetros considerados en el diseño que no estén dados en la normativa o los estudios preliminares?	Si	Sin comentarios.	1
2.8	¿Se presenta la revisión de deflexiones de la estructura?	Sí	Sin comentarios.	1
2.9	¿Se presenta la revisión de vibraciones de la estructura?	No	No hay una sección del documento que justifique la no determinación del cálculo de vibraciones.	0
2.10	¿Se hace referencia al artículo correspondiente de la norma cada vez que se utiliza una fórmula o tabla específica?	Parcialmente	De manera general, independientemente del diseño de elemento estructural que se adjunta en la memoria, con la única excepción del cálculo de los apoyos de neopreno, se omite el mencionar las secciones utilizadas en la mayor parte de los cálculos.	0,5
2.11	¿Se presenta el desarrollo completo de los cálculos para cada elemento, al menos en una ocasión?	Sí	Sin comentarios.	1
2.12	¿Se presenta el valor de la relación capacidad/demanda para cada elemento?	No	En ninguno de los diseños de los elementos estructurales del puente se presenta el valor de la relación capacidad/demanda.	0
2.13	¿Se presenta un diagrama con las dimensiones propuestas para cada elemento diseñado?	Parcialmente	Para el diseño de los apoyos de neopreno no se presenta este diagrama.	0,5



Cuadro A.1. (cont.) Verificación de la calidad de la memoria de cálculo del puente del paso elevado La Lima N°1 con respecto a los requerimientos solicitados en el contrato.

Requerimiento especificado en el contrato	Cumplimiento	Comentarios	Puntaje Obtenido
3. Requerimientos con respecto a programas de computadora:			6/7
3.1 ¿Se presentan los datos de entrada referentes a las propiedades de los materiales?	Parcialmente	La información se presenta en idioma inglés, cuando el contrato establece que el idioma oficial es el español. Adicionalmente en el cálculo de las pilas, no se indican los datos de entrada y no se justifica una explicación al respecto.	0,5
3.2 ¿Se presentan las secciones transversales de los elementos estructurales?	Sí	Sin comentarios.	1
3.3 ¿Se presentan las cargas aplicadas para el análisis estructural?	Parcialmente	En el modelo de cálculo de las pilas no se presenta cuáles fueron las cargas aplicadas, únicamente se adjunta la consideración de la acción sísmica y el resultado final de las combinaciones de cargas de los estados limite.	0,5
3.4 ¿Se indican las condiciones de apoyo de la estructura?	Sí	Sin comentarios.	1
3.5 ¿Se indican los parámetros de diseño sísmico?	Sí	Sin comentarios.	1
3.6 ¿Se presentan esquemas que describan la geometría de la estructura analizada (en planta, sección y elevación)?	Sí	Sin comentarios.	1
3.7 ¿Se presentan los datos de salida del análisis estructural utilizados en el diseño del elemento (combinaciones de carga más desfavorables)?	Sí	Sin comentarios.	1



Cuadro A.1. (cont.) Verificación de la calidad de la memoria de cálculo del puente del paso elevado La Lima N°1 con respecto a los requerimientos solicitados en el contrato.

Requerimiento especificado en el contrato		Cumplimiento	Comentarios	Puntaje Obtenido
4. Requerimientos con respecto a hojas de cálculo electrónicas:				8,5 de 10
4.1	¿Se presentan las hojas electrónicas de forma ordenada?	Sí	Sin comentarios.	1
4.2	¿Se incluyen los datos de entrada referentes a las propiedades de los materiales?	Parcialmente	En la hoja de cálculo electrónica de los aparatos de apoyo se presenta esta información en inglés a pesar de que en el contrato se establece que el idioma oficial es el español.	0,5
4.3	¿Se muestran las secciones transversales y esquemas que muestran la geometría de los elementos estructurales?	No	No se observa la inclusión de las secciones transversales y esquemas de la geometría de los elementos diseñados mediante hojas electrónicas, a pesar de que así lo establece el contrato.	0
4.4	¿Se presentan las cargas aplicadas para el análisis estructural?	Sí	Sin comentarios.	1
4.5	¿Se indican las condiciones de apoyo de la estructura?	NA	Para las hojas de cálculo electrónicas presentadas no se requiere establecer esta condición.	NA
4.6	¿Se indican los parámetros de diseño sísmico?	Sí	Sin comentarios.	1
4.7	¿Se indican las acciones y reacciones que controlan el diseño estructural (respaldadas a través del análisis estructural)?	Sí	Sin comentarios.	1
4.8	¿El proceso de diseño se presenta de forma clara, precisa, lógica y ordenada?	Sí	Sin comentarios.	1
4.9	¿Se hace referencia al artículo correspondiente de la norma cada vez que se utiliza una fórmula o tabla específica?	Parcialmente	En el cálculo de la acción sísmica se omite mencionar las secciones utilizadas de la normativa.	0,5
4.10	¿Se identifica claramente la simbología utilizada?	Sí	Sin comentarios.	1
4.11	¿Se incluyen las hojas electrónicas auxiliares para la hoja principal?	Sí	Sin comentarios.	1
Puntaje total obtenido				36 / 47



Apéndice B.

Listas de verificación para la revisión del procedimiento de diseño del puente paso elevado La Lima N° 1, con respecto al Apéndice A5 de AASHTO LRFD 2014



Cuadro B.1. Verificación de la calidad del procedimiento de diseño del paso elevado La Lima N° 1, diseño del tablero

DISEÑO DEL TABLERO [AASHTO A5.3]				
Ítem AASHTO A5.3	Criterio	Cumplimiento	Comentarios	Puntaje Obtenido
C.	Diseño convencional de un tablero de concreto reforzado:			5,5/10
1	¿Se definen todas las cargas permanentes de diseño (DC)? [3.5.1]	Si	Se indica que se consideró las cargas de peso propio, pavimento, barreras.	1
5	¿Se realiza un método aproximado para el análisis estructural del tablero (método de franjas)? [4.6.2.1]	NA	No se utiliza el método de franjas, se hace uso de un método refinado de cálculo.	NA
	¿Se verifica la aplicabilidad del método aproximado implementado en el análisis? [4.6.2.1]			
	En caso de utilizar métodos refinados de análisis. ¿Se hace uso de uno de los métodos aceptables de análisis estructural? [4.4]	Si	Se hace uso del método de análisis por elemento finito.	1
	¿Se hace uso de los lineamientos para el uso de métodos refinados de análisis? [4.6.3.1]	Si	Para el caso del tablero, existe una sección en la memoria de cálculo donde se observa las posiciones de la ubicación de la carga vehicular a lo largo de la estructura.	1
	¿Se coloca la carga viva vehicular considerando el área de contacto de la rueda? [3.6.1.2.5]	Si	En la sub sección 1.8.2 de la sección 5.1 de la memoria de cálculo se observa que si se consideró las dimensiones del área de contacto de la rueda.	1



Cuadro B.1. (cont.) Verificación de la calidad del procedimiento de diseño del paso elevado La Lima N° 1, diseño del tablero

DISEÑO DEL TABLERO [AASHTO A5.3] (CONT.)				
Ítem AASHTO A5.3	Criterio	Cumplimiento	Comentarios	Puntaje Obtenido
6	¿Se verifica la carga viva vehicular aplicable según el caso de estudio? [3.6.1.3.3]	Si	Sin comentarios.	1
	¿Se determinan los anchos de franjas equivalentes para aplicar la distribución de la carga viva vehicular? [4.6.2.1.5]	NA	Se hace uso de un método refinado de análisis y por ende no aplica esta sección que es para métodos aproximados.	NA
7	¿Se calcula el acero de refuerzo de distribución requerido en la dirección longitudinal del tablero? [9.7.3.2]	Parcialmente	En el cálculo del refuerzo de la losa, se observa que se realizaron análisis para determinar el refuerzo longitudinal superior e inferior, sin embargo, no se hace mención a si estos ya consideran los porcentajes de acero por distribución.	0,5
8	¿Se aplican los casos de carga necesarios para el diseño del voladizo del tablero? [A13.4.1]	No	En el análisis presentado en la memoria de cálculo no se observa la consideración de los efectos de la carga colisión como Estado Limite de Evento Extremo II, adicionalmente, en la descripción de cargas del documento, no se menciona la carga de colisión en ningún momento.	0
	¿Está definido el tipo de barrera vehicular, las propiedades geométricas y las fuerzas de diseño? [13.7.2] [A13.2]	No	En el documento no hay evidencia de que se hayan considerado los efectos que produce la colisión vehicular en el voladizo del tablero.	0
	¿Se calcula la resistencia nominal de la barrera vehicular a las cargas transversales, las cuales son transmitidas al voladizo? [A13.3.1]	No		0
	¿Se consideran los criterios para aplicar la carga viva de diseño al voladizo del tablero? [3.6.1.3.1] [3.6.1.3.4]	No		0



Cuadro B.1. (cont.) Verificación de la calidad del procedimiento de diseño del paso elevado La Lima N° 1, diseño del tablero

DISEÑO DEL TABLERO [AASHTO A5.3] (CONT.)				
Ítem AASHTO A5.3	Criterio	Cumplimiento	Comentarios	Puntaje Obtenido
D.	Selección de factores de resistencia:			1/1
1	¿Se definen los factores de resistencia para el estado límite de resistencia? [5.5.4.2.1]	Si	En la memoria de cálculo, cuando se definen las combinaciones de carga de manera general, se indica que se está haciendo uso de la sección de AASHTO LRFD 3.11, cuando lo correcto es que se use la sección 3.4, a pesar de esto, los valores presentados son correctos.	1
E.	Selección de modificadores de carga:			0,5/1
1,2,3	¿Se definen los modificadores de carga para el estado límite de resistencia? [1.3.3] [1.3.4] [1.3.5]	Parcialmente	Se hace una mención al inicio del documento, sin embargo, posteriormente cuando se realizan los cálculos no hay evidencia de que se hayan utilizado modificadores de carga o no se especifica las razones del valor seleccionado. Adicionalmente, el puente es catalogado según contrato como de tipo crítico, por lo que se debió haber utilizado los modificadores de carga correspondientes.	0,5
F.	Selección de combinaciones y factores de carga:			0/1
1	¿Se definen las combinaciones de carga de los estados límite a considerar y los factores de carga correspondientes? [3.4.1]	Si	Sin comentarios.	0
G.	Cálculo de los efectos por carga viva:			3/3
1	¿Se definen las cargas vivas de diseño (LL) que actúan sobre la estructura y el número de carriles de diseño? [3.6.1]	Si	Sin comentarios.	1



Cuadro B.1. (cont.) Verificación de la calidad del procedimiento de diseño del paso elevado La Lima N° 1, diseño del tablero

DISEÑO DEL TABLERO [AASHTO A5.3] (CONT.)				
Ítem AASHTO A5.3	Criterio	Cumplimiento	Comentarios	Puntaje Obtenido
2	¿Se definen los factores de presencia múltiple a aplicar según el número de carriles cargados? [3.6.1.1.2]	Si	Sin comentarios.	1
3	¿Se define el factor de amplificación dinámica (IM) aplicable al componente y estado límite considerado? [3.6.2]	Si	Sin comentarios.	1
I.	Estado límite de servicio:			1/1
5	¿Se verifica el espaciamiento requerido del acero de refuerzo para el control de agrietamiento? [5.7.3.4]	Si	Sin comentarios.	1
J.	Estado límite de resistencia:			3/5
1	Flexión:			
1c	¿Se determina la resistencia nominal a flexión del tablero y se comprueba que sea suficiente? [5.7.3.2]	Sí	Sin comentarios.	1
	¿Se determina la resistencia nominal a flexión negativa del voladizo del tablero y se comprueba que sea suficiente? [5.7.3.2]	Parcialmente	Como se ha indicado previamente, no se observa la consideración de los efectos de la carga de colisión sobre el tablero, por lo que no se puede asegurar que el refuerzo colocado sea suficiente.	0,5
1d	¿Se verifican los límites del acero de refuerzo y/o presfuerzo para la resistencia a flexión? [5.7.3.3]	Parcialmente	En la sección 4.4 de la memoria de cálculo se hace mención al artículo 5.7.3.3.2 para el cálculo del momento de agrietamiento, a pesar de esto se hace uso de un coeficiente diferente al requerido de 1,33 Mcr.	0,5
2	Cortante:			
2a	¿Se revisa la capacidad del tablero para resistir cortante?	Si	Sin comentarios.	1



Cuadro B.1. (cont.) Verificación de la calidad del procedimiento de diseño del paso elevado La Lima N° 1, diseño del tablero

DISEÑO DEL TABLERO [AASHTO A5.3] (CONT.)				
Ítem AASHTO A5.3	Criterio	Cumplimiento	Comentarios	
2b (5)	¿Se revisa la transferencia de cortante a través del plano de contacto entre el tablero y la barrera vehicular? [5.8.4]	No	No se observa en la memoria de cálculo que se haya realizado este tipo de análisis.	0
K.	Revisión del detallado:			1,5/4
1	¿Se provee el recubrimiento necesario para proteger el acero de refuerzo y/o presfuerzo del tablero? [5.12.3]	Parcialmente	En la sección 4.3 de la memoria de cálculo se indican los recubrimientos requeridos según norma, los cuales están correctos, sin embargo, cuando introducen los datos al programa de cálculo utilizado no corresponden a los mismos mencionados inicialmente en el documento que se iban a utilizar. Adicionalmente se destaca que en la sección 4.3 de la memoria de cálculo se reduce la magnitud de recubrimiento necesario en cara superior de la losa, esto es válido únicamente si el concreto de la losa se prepara con una razón de A/C menor a 0,40, a pesar de esto, ni en la memoria ni en los planos, de destaca este aspecto.	0,5
2	¿Se calcula la longitud de desarrollo de las barras adicionales colocadas en el voladizo del tablero? [5.11.1.2] [5.11.2.1.1]	No	No se adjuntó este cálculo en el documento de la memoria de cálculo	0
4	¿Se definen los empalmes por traslape de las barras de acero de refuerzo del tablero? [5.11.5]	Parcialmente	En los planos constructivos de la estructura se adjunta una tabla que define las longitudes de traslape, sin embargo, en la memoria de cálculo no se adjuntan ejemplos del cálculo realizado.	0,5
8	¿Se revisan los límites para el espaciamiento del acero de refuerzo? [5.10.3.1] [5.10.3.2]	Parcialmente	No hay evidencia de que se haya realizado cálculos para determinar los espaciamientos mínimos que debe de tener el acero de refuerzo.	0,5
Puntaje total obtenido				15,5/26

Cuadro B.2. Verificación de la calidad del procedimiento de diseño del puente del paso elevado La Lima N° 1, diseño de las vigas principales

DISEÑO DE LAS VIGAS PRINCIPALES [AASHTO A5.3]				
Ítem AASHTO A5.3	Criterio	Cumplimiento	Comentarios	Puntaje Obtenido
B.	Definición de la sección típica:			1/1
1	Vigas de concreto presforzado:			
1a,1b,1c	¿Se verifica que la sección de la viga utilizada cumpla con los espesores mínimos? [5.14.1.2.2]	Si	Sin comentarios.	1
D.	Selección de factores de resistencia:			1/1
1	¿Se definen los factores de resistencia para el estado límite de resistencia? [5.5.4.2.1]	Si	En la memoria de cálculo, cuando se definen las combinaciones de carga de manera general, se indica que se está haciendo uso de la sección de AASHTO LRFD 3.11, cuando lo correcto es que se use la sección 3.4, a pesar de esto, los valores presentados son correctos.	1
E.	Selección de modificadores de carga:			0,5/1
1, 2, 3	¿Se definen los modificadores de carga para el estado límite de resistencia? [1.3.3] [1.3.4] [1.3.5]	Parcialmente	Se hace una mención al inicio del documento, sin embargo, posteriormente cuando se realizan los cálculos no hay evidencia de que se hayan utilizado modificadores de carga o no se especifica las razones del valor seleccionado. Adicionalmente, la estructura según contrato se considera como puente crítico, por ende, se debió haber utilizado los modificadores de carga correspondientes.	0,5

Cuadro B.2. (cont.) Verificación de la calidad del procedimiento de diseño del puente del paso elevado La Lima N° 1, diseño de las vigas principales

DISEÑO DE LAS VIGAS PRINCIPALES [AASHTO A5.3] (CONT.)				
Ítem AASHTO A5.3	Criterio	Cumplimiento	Comentarios	Puntaje Obtenido
G.	Cálculo de los efectos por carga viva:			4,5/5
1	¿Se definen las cargas vivas de diseño (LL) que actúan sobre la estructura y el número de carriles de diseño? [3.6.1]	Si	Sin comentarios.	1
2	¿Se definen los factores de presencia múltiple a aplicar según el número de carriles cargados? [3.6.1.1.2]	Si	Sin comentarios.	1
3	¿Se define el factor de amplificación dinámica (IM) aplicable al componente y estado límite considerado? [3.6.2]	Si	Sin comentarios.	1
4	¿Se calculan los factores de distribución para el momento producido por carga viva? [4.6.2.2.2]	NA	En lugar del método simplificado de análisis, se hizo uso de un modelo de elemento finito para el cálculo.	NA
5	¿Se calculan los factores de distribución para el cortante producido por carga viva? [4.6.2.2.3]			
4, 5	En caso de que haga uso de método refinado de análisis, ¿Se indica la razón de elemento finito y que esta no exceda de 5? [4.6.3.3.1]	Parcialmente	En la memoria de cálculo no se indica cómo fueron realizadas las divisiones del mallado del modelo de elemento finito, por lo que no se puede determinar las divisiones del mallado no excedan el uso de una razón dimensional, es decir la razón entre largo y ancho o viceversa, de 5.	0,5
6	¿Se obtienen las reacciones transmitidas por la superestructura hacia la subestructura? [3.6]	Si	Se reportan en la sección 5.6	1



Cuadro B.2. (cont.) Verificación de la calidad del procedimiento de diseño del puente del paso elevado La Lima N° 1, diseño de las vigas principales

DISEÑO DE LAS VIGAS PRINCIPALES [AASHTO A5.3] (CONT.)				
Ítem AASHTO A5.3	Criterio	Cumplimiento	Comentarios	Puntaje Obtenido
H.	Cálculo de los efectos por otras fuerzas:			1/1
1	¿Se realiza el cálculo de los efectos de otras fuerzas adicionales, según se requiera?	Si	Se consideran los efectos que produce el transporte de las vigas y su izaje. Adicionalmente en las subestructuras se muestran los cálculos de las fuerzas de viento, sísmica, temperatura, frenado y centrifuga.	1
I.	Estado límite de servicio:			3,5/6
1	¿Se definen las pérdidas de presfuerzo consideradas en los cálculos? [5.9.5]	Parcialmente	Se realiza con ayuda de un método refinado de cálculo, sin embargo, no se indica el porcentaje final obtenido para las pérdidas iniciales y finales, ni en la memoria de cálculo ni en los planos se menciona.	0,5
2	¿Se definen los límites de esfuerzos de tensión en los tendones de presfuerzo? [5.9.3]	No	No se incluye esta revisión en la memoria.	0
3	¿Se definen los límites de esfuerzos en el concreto antes y después de las pérdidas? [5.9.4]	Si	Se debe destacar, que, si bien este proceso se indica en la memoria de cálculo, no se indica la resistencia del concreto al momento de hacer la transferencia.	1
5	¿Se verifica el espaciamiento requerido del acero de refuerzo para el control de agrietamiento? [5.7.3.4] [5.7.3.3.2]	No	No se realiza el cálculo, dado que se indica en la sub sección 4, de la sección 5.2, del documento de la memoria de cálculo, que como cumple esfuerzos de tensión entonces no se realiza este cálculo, lo cual no es válido para este caso.	0
6	¿Se revisa el estado límite de fatiga, siempre que este sea aplicable? [5.5.3.1]	Si		1



Cuadro B.2. (cont.) Verificación de la calidad del procedimiento de diseño del puente del paso elevado La Lima N° 1, diseño de las vigas principales

DISEÑO DE LAS VIGAS PRINCIPALES [AASHTO A5.3] (CONT.)				
Ítem AASHTO A5.3	Criterio	Cumplimiento	Comentarios	Puntaje Obtenido
7	¿Se verifica que las deflexiones en las vigas producidas por la carga viva estén dentro de límite establecido? [2.5.2.6.2]	Si	Se adjunta en la sub sección 11.4, de la sección 5.2 del documento de la memoria de cálculo.	1
J.	Estado límite de resistencia:			4,5/9
1	Flexión:			
1a, 1b	¿Se calcula el esfuerzo promedio en el acero de presfuerzo, de acuerdo con el tipo de tendón utilizado? [5.7.3.1]	Si	Si, y se revisa cumplimiento en cada etapa.	1
1c	¿Se determina la resistencia nominal a flexión de las vigas principales y se comprueba que sea suficiente? [5.7.3.2]	Si	Sin comentarios.	1
1d	¿Se verifican los límites del acero de refuerzo y/o presfuerzo para la resistencia a flexión? [5.7.3.4]	No	se menciona en la sub sección 4, de la sección 5.2, de la memoria de cálculo, que como cumple esfuerzos de tensión entonces no se realiza este cálculo. De acuerdo con el artículo 5.7.3.4 de la normativa de AASHTO LRFD (2014), el único caso donde se podría omitir este cálculo es con la restricción dada para el diseño de la losa, por lo tanto, la justificación presentada en la memoria no es válida	0
2	Cortante:			
2b (1)	¿Se obtiene la resistencia nominal a cortante como el menor de los dos valores calculados? [5.8.3.3]	Parcialmente	Se realiza un cálculo de cortante, que en apariencia tiende a mostrar los parámetros que se solicitan en esta sección, sin embargo, no se hace mención de ella, y no se hace la comparativa de valores, solo se muestra el valor final seleccionado, por lo cual se dificultó su revisión.	0,5
2b (2)	¿Se determinan los parámetros β y θ para el cálculo de la resistencia a cortante en la sección considerada? [5.8.3.4]	Parcialmente	Si se determinan, pero no se muestra el cálculo asociado que se realizó para obtenerlos.	0,5



Cuadro B.2. (cont.) Verificación de la calidad del procedimiento de diseño del puente del paso elevado La Lima N° 1, diseño de las vigas principales

DISEÑO DE LAS VIGAS PRINCIPALES [AASHTO A5.3] (CONT.)				
Ítem AASHTO A5.3	Criterio	Cumplimiento	Comentarios	Puntaje Obtenido
2b (3)	¿Se verifica que en cada sección del elemento el refuerzo longitudinal colocado es suficiente para resistir la tensión adicional generada por la fuerza cortante? [5.8.3.5]	Si	Si, este se adjunta en la sub sección 14 de la sección 5.2 de la memoria de cálculo.	1
2b (4)	¿Se revisa el límite mínimo permitido para el refuerzo transversal? [5.8.2.5]	Parcialmente	En el documento de la memoria de cálculo se adjunta el valor final obtenido, sin embargo, no se realiza un ejemplo de la forma en que se determina, ni tampoco se menciona la sección de la normativa utilizada para su cálculo.	0,5
	¿Se revisa el espaciamiento máximo permitido para el refuerzo transversal? [5.8.2.7]	Parcialmente	En el documento de la memoria de cálculo se adjunta el valor final obtenido, sin embargo, no se realiza un ejemplo de la forma en que se determina, ni tampoco se menciona la sección de la normativa utilizada para su cálculo.	0,5
2b (5)	¿Se revisa la transferencia de cortante a través del plano de contacto entre la viga y el tablero? [5.8.4]	Parcialmente	Existe una sección denominada "Rasante Viga-Losa" en el documento de la memoria de cálculo, sin embargo, no se indica un ejemplo de cómo se realiza, y adicionalmente no se indica las secciones de la normativa que se utilizaron para la determinación de los coeficientes y del cálculo propiamente.	0,5
K.	Revisión del detallado:			5/9
1	¿Se provee el recubrimiento necesario para proteger el acero de refuerzo y/o presfuerzo de las vigas principales? [5.12.3]	Si	Existe una sección en donde se muestran los recubrimientos seleccionados y la sección respectiva que lo respalda.	1



Cuadro B.2. (cont.) Verificación de la calidad del procedimiento de diseño del puente del paso elevado La Lima N° 1, diseño de las vigas principales

DISEÑO DE LAS VIGAS PRINCIPALES [AASHTO A5.3] (CONT.)				
Ítem AASHTO A5.3	Criterio	Cumplimiento	Comentarios	Puntaje Obtenido
3	¿Se revisa la longitud de desarrollo requerida del acero de presfuerzo en la viga? [5.11.4]	Parcialmente	Esta se define en planos, sin embargo, en la memoria no se mostró el cálculo respectivo.	0,5
4	¿Se definen los empalmes por traslape de las barras de acero de refuerzo de las vigas principales? [5.11.5]	Parcialmente	Esta se define en planos, sin embargo, en la memoria no se mostró el cálculo respectivo.	0,5
5a	¿Se diseña el refuerzo para las zonas de anclaje en la viga para el acero postensado? [5.10.9]	Parcialmente	No se hace mención a esta sección de la normativa, en el documento de la memoria de cálculo se adjunta un cálculo de revisión tensional producto del postensado, pero no queda claro el refuerzo que se está calculando.	0,5
6	¿Se indica en los cálculos el material y el tamaño del ducto, así como la configuración del perfil dentro de la viga? [5.4.6]	Parcialmente	No se indica el tipo de material del ducto.	0,5
7a	¿Se considera en el diseño el acero de refuerzo transversal para confinamiento de los tendones de acero preesforzado? [5.10.4.3]	Parcialmente	No se hace mención a esta sección de la normativa, en el documento de la memoria de cálculo se adjunta un cálculo de revisión tensional producto del postensado, pero no queda claro el refuerzo que se está calculando.	0,5
8	¿Se verifican los límites para el espaciamiento del acero de refuerzo convencional de la viga? [5.10.3.1] [5.10.3.2]	Parcialmente	No se observa que se haya realizado cálculos para determinar los espaciamientos mínimos que debe de tener el acero de refuerzo.	0,5
	¿Se verifican los límites para el espaciamiento de los ductos de postensado dentro de la viga? [5.10.3.3.2]	No	No se adjunta este cálculo.	0
10	¿Se muestran los cálculos y consideraciones para el diseño de los elementos secundarios (diafragmas)? [5.13.2.2]	Si	Sin comentarios.	1
Puntaje total obtenido				21/33



Cuadro B.3.1 Verificación de la calidad del procedimiento de diseño del puente del paso elevado La Lima N° 1, diseño de la subestructura – aspectos generales

DISEÑO DE LA SUBESTRUCTURA [AASHTO A5.5]				
Ítem AASHTO A5.5	Criterio	Cumplimiento	Comentarios	Puntaje Obtenido
A.	Longitud de asiento mínima:			0/1
1	¿Se verifica la longitud de asiento mínima de las vigas sobre los bastiones? [4.7.4.4]	No	En la sección 4.1.2 de la memoria de cálculo se menciona que la longitud de asiento se ha dispuesto según los "Lineamientos para el Diseño Sismorresistente de Puentes CFIA", sin embargo, en ninguna parte del documento se realiza el cálculo de este parámetro.	0
B.	Cálculo de los efectos de fuerzas no calculados para la superestructura:			6,5/8
1	¿Se analiza el efecto de la carga de viento sobre la estructura (WS)? [3.8]	Si	Sin comentarios.	1
2	¿Se analiza el efecto del agua (WA) sobre la subestructura? [3.7]	NA	No aplica dado que la estructura no se encuentra sobre un cuerpo de agua.	NA
5	¿Se analiza el efecto de la fuerza de sismo (EQ) y los requerimientos mínimos de diseño? [3.10] [4.7.4]	Si	Sin comentarios.	1
6	¿Se analiza el efecto de las fuerzas inducidas por deformación térmica (TU, TG)? [3.12.2]	Si	Sin comentarios.	1



Cuadro B.3.1 (cont.) Verificación de la calidad del procedimiento de diseño del puente del paso elevado La Lima N° 1, diseño de la subestructura – aspectos generales

DISEÑO DE LA SUBESTRUCTURA [AASHTO A5.5] (CONT.)				
Ítem AASHTO A5.5	Criterio	Cumplimiento	Comentarios	Puntaje Obtenido
7	¿Se considera dentro del análisis el efecto de otras fuerzas inducidas por deformaciones superpuestas? [3.12.4] [3.12.5] [3.12.7]	Parcialmente	En la sección 1.11 del documento de la memoria de cálculo se menciona que se consideran las deformaciones por retracción entre la viga y la losa, sin embargo, no se explica cómo se realizó dicho cálculo.	0,5
9	¿Se analiza el efecto o la posibilidad de colisión en las pilas dada su cercanía con la carretera de paso inferior? [11.7.2.2]	No	No se observa que se haya contemplado el considerar cargas de colisión en la sub estructura, específicamente en las pilas, a pesar de que estos elementos se encuentran expuestos al tráfico, adicionalmente no se adjunta una justificación del por qué descartar el contemplar el análisis de estas cargas, las cuales son solicitadas en la normativa de AASHTO LRFD en la sección 11.7.2.1.	0
10	¿Se incluye la fuerza de frenado (BR) en las consideraciones de la carga vehicular? [3.6.4]	Si	Sin comentarios.	1
12	¿Se establecen las presiones laterales del suelo (EH) que actúan sobre los bastiones? [3.11.5]	Si	Sin comentarios.	1
	¿Se analiza el efecto de una sobrecarga sobre el material retenido detrás de los bastiones (ES, LS)? [3.11.6]	Si	Sin comentarios.	1
Puntaje total obtenido				6,5/9



Cuadro B.3.2 Verificación de la calidad del procedimiento de diseño del puente del paso elevado La Lima N° 1, diseño de la subestructura - Bastiones

DISEÑO DE LA SUBESTRUCTURA - BASTIONES [AASHTO A5.5]				
Ítem AASHTO A5.5	Criterio	Cumplimiento	Comentarios	Puntaje Obtenido
C	Análisis de la estructura y combinaciones de carga:			2/2
1	¿Se definen las combinaciones de carga de los estados límite a considerar y los factores de carga correspondientes? [3.4.1]	Sí	En la memoria de cálculo, cuando se definen las combinaciones de carga de manera general, se indica que se está haciendo uso de la sección de AASHTO LRFD 3.11, cuando lo correcto es que se use la sección 3.4, a pesar de esto, los valores presentados son correctos.	1
2	¿Se consideran las combinaciones de los efectos por fuerza de sismo en las dos direcciones perpendiculares de la estructura? [3.10.8]	Si	Sin comentarios.	1
E	Consideraciones estructurales - Diseño del bastión:			3/4
3	¿Se determina la resistencia nominal a flexión y se comprueba que sea suficiente? [5.7.3.2]	Si	Sin comentarios.	1
	¿Se verifican los límites del acero de refuerzo para la resistencia a flexión? [5.7.3.3]	Si	Sin comentarios.	1
	¿Se revisa la capacidad para resistir cortante en ambos planos? [5.8.3.3]	Si	Sin comentarios.	1
	¿Se revisa la transferencia de cortante a través del plano de contacto entre el bastión y el pilote? [5.8.4]	No	No se observa en la memoria de cálculo que se haya realizado este tipo de análisis. Esto se debe realizar dado que califica como elementos colados en tiempos distintos.	0
Puntaje total obtenido				5/6



Cuadro B.3.3 Verificación de la calidad del procedimiento de diseño del puente del paso elevado La Lima N° 1, diseño de la subestructura - Pilas

DISEÑO DE LA SUBESTRUCTURA [AASHTO A5.5]				
Ítem AASHTO A5.5	Criterio	Cumplimiento	Comentarios	Puntaje Obtenido
C.	Análisis de la estructura y combinaciones de carga:			1,5/2
1	¿Se definen las combinaciones de carga de los estados límite a considerar y los factores de carga correspondientes? [3.4.1]	Parcialmente	Solo se adjunta los diagramas de momento y cortantes finales obtenidos, no se muestra el desglose de cargas aplicados para cada estado límite a considerar	0,5
2	¿Se consideran las combinaciones de los efectos por fuerza de sismo en las dos direcciones perpendiculares de la estructura? [3.10.8]	Si	Sin comentarios.	1
D.	Diseño de elementos a compresión:			5,5/8
1	¿Se revisa la capacidad para resistir la carga axial en los planos de contacto de la placa de cimentación con la columna de la pila y los pilotes? [5.13.3.8]	Parcialmente	Se determinó la fuerza axial que actúa, pero no se hizo la revisión de la capacidad del elemento.	0,5
2	¿Se determina la resistencia nominal a flexión y se comprueba que sea suficiente? [5.7.3.2]	Si	Sin comentarios.	1
2	¿Se verifican los límites del acero de refuerzo para la resistencia a flexión? [5.7.3.3 y 5.7.4.2]	Si	Sin comentarios.	1
4	¿Se revisa los requerimientos de acero transversal? [5.7.4.6]	Si	Sin comentarios.	1
5	¿Se revisa la capacidad para resistir cortante en dos direcciones? [5.8.3.3] (Viga cabezal y columnas)	Si	Sin comentarios.	1



Cuadro B.3.3 (cont.) Verificación de la calidad del procedimiento de diseño del puente del paso elevado La Lima N° 1, diseño de la subestructura - Pilas

DISEÑO DE LA SUBESTRUCTURA [AASHTO A5.5] (CONT.)				
Ítem AASHTO A5.5	Criterio	Cumplimiento	Comentarios	Puntaje Obtenido
5	¿Se revisa la capacidad para resistir cortante en dos direcciones? [5.8.3.3] (Plano de interfaces entre elementos)	Parcialmente	Se realiza la revisión mediante ecuaciones dadas en la normativa ACI 318S-14, a pesar de que AASHTO LRFD contiene ecuaciones para esta situación dadas en la sección 5.13.3.6.3.	0,5
5	¿Se revisa la transferencia de cortante a través del plano de contacto entre la columna de la pila y la placa de cimentación? [5.8.4]	No	No se adjuntan el cálculo de resistencia de cortante en las interfaces.	0
5	¿Se revisa la transferencia de cortante a través del plano de contacto entre la placa de cimentación y el pilote? [5.8.4]			
9	¿Se verifican el cumplimiento de los lineamientos dados para el uso del método puntal - tensor como método de análisis? [5.6.3]	Parcialmente	A pesar de que se usa este método para la determinación del refuerzo de la viga cabezal, no se hace mención de las secciones de AASHTO LRFD utilizadas. Adicionalmente, no se observa que se haya hecho la revisión del refuerzo por control de agrietamiento, el cual se establece en la sección 5.6.3.6	0,5
Puntaje total obtenido				7/10



Cuadro B.3.4 Verificación de la calidad del procedimiento de diseño del puente del paso elevado La Lima N° 1, diseño de la subestructura - Pilotes

DISEÑO DE LA SUBESTRUCTURA – PILOTES [AASHTO A5.5]				
Ítem AASHTO A5.5	Criterio	Cumplimiento	Comentarios	Puntaje Obtenido
D.	Diseño de elementos a compresión:			3/3
1	¿Se determina la resistencia axial factorizada de los pilotes y se comprueba que sea suficiente? [5.7.4.4]	Si	Sin comentarios.	1
2	¿Se revisa que los pilotes tengan capacidad suficiente para resistir los momentos de diseño en las dos direcciones principales de la estructura? [5.7.4.5]	Si	Sin comentarios.	1
4	¿Se diseña el refuerzo transversal de los pilotes y se toma en cuenta los requerimientos sísmicos que apliquen? [5.7.4.6]	Si	Sin comentarios.	1
E.	Diseño de cimentaciones (Consideraciones estructurales):			1,5/3
4	¿Se verifica las disposiciones generales para pilotes de concreto? [5.13.4.1]	Parcialmente	En planos se observa que, si embebió el acero dentro de la viga cabezal, sin embargo, a nivel de memoria de cálculo no se adjunta el cálculo de la cuantía de acero, y la determinación de la resistencia mínima a desarrollar por parte del refuerzo.	0,5
	¿Se revisa que el pilote de concreto colado en sitio cumpla con las disposiciones de acero de refuerzo? [5.13.4.5.2]	Si	Sin comentarios.	1
	¿Se determina la influencia del efecto de grupo en la resistencia que proporcionan los pilotes? [10.8.3.6.1]	No	En la memoria de cálculo no se observa que haya realizado este análisis.	0
Puntaje total obtenido				4,5/6



Cuadro B.3.5 Verificación de la calidad del procedimiento de diseño del puente del paso elevado La Lima N° 1, diseño de la subestructura - Apoyos

DISEÑO DE LA SUBESTRUCTURA [AASHTO A5.5]				
Ítem AASHTO A5.5	Criterio	Cumplimiento	Comentarios	Puntaje Obtenido
D	Diseño de elementos a compresión:			6/8
7	¿Se verifica la resistencia factorizada en la zona de los elementos de apoyos? [5.7.5]	Parcialmente	No se revisa si la configuración de pernos colocada es suficiente y/o eficiente para las cargas aplicadas.	0,5
	¿Se realiza el diseño de los apoyos para las cargas y desplazamientos calculados? [14.4]	Si	Sin comentarios.	1
	¿Se revisa la altura mínima del apoyo? [14.7.5.3.2]	Si	Se destaca que como parte de la sección 14.7.5.3.2 de AASHTO LRFD se adjunta una revisión de esfuerzos de compresión, a nivel de normativa esta revisión es parte del método B de diseño, y no del método A que se presenta en el documento de la memoria de cálculo.	1
	¿Se calcula el factor de forma del apoyo? [14.7.5.1]	Si		1
	¿Se revisa la estabilidad en el apoyo? [14.7.5.3.4]	Si		1
	¿Se revisa que el espesor del acero de refuerzo del neopreno cumpla con el estado límite de fatiga y de servicio? [14.7.5.3.5]	Parcialmente		0,5
	¿Se revisan las deflexiones por compresión, tanto de la carga viva como la carga muerta, en el apoyo? [14.7.5.3.6]	No		No se adjunta esta revisión
	¿Se revisa y calcula la acción combinada de los efectos de compresión, rotación y cortante en el apoyo? [14.7.5.3.3]	Si	Sin comentarios.	1
Puntaje total obtenido - Apoyos				6/8
Puntaje total obtenido – Diseño subestructura				28/38