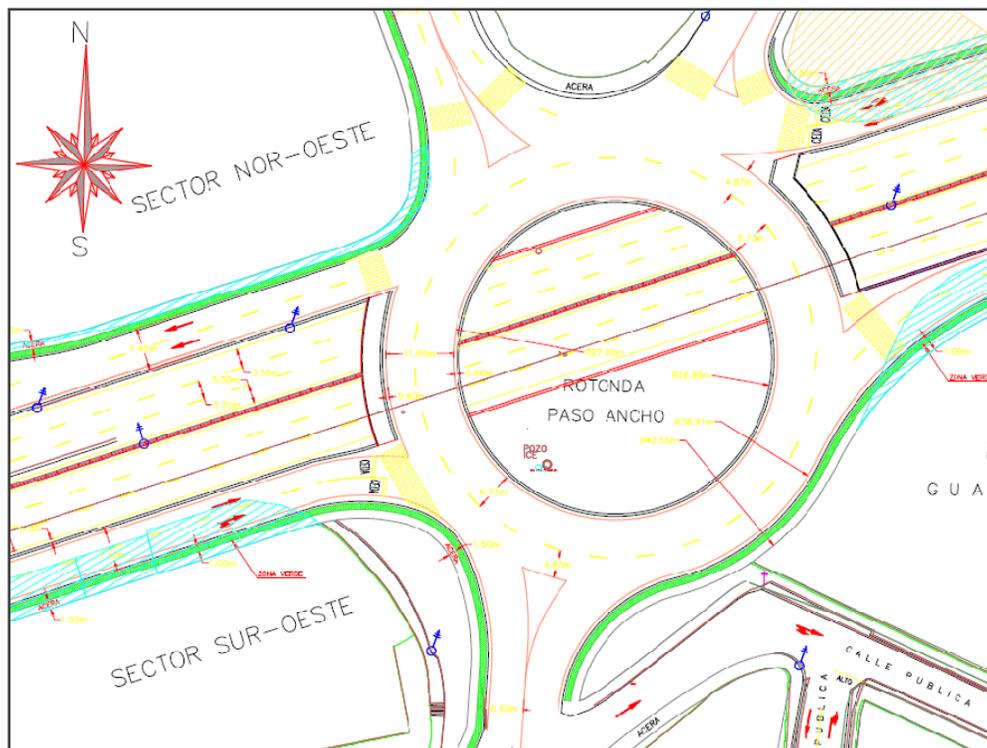


PROGRAMA DE INGENIERIA ESTRUCTURAL

LM-PIE-02-2014

REVISION DEL DISEÑO FINAL DE LOS PUENTES DE LA ROTONDA DEL INTERCAMBIO PASO ANCHO - RUTA NACIONAL 39



San José, Costa Rica
17 de noviembre 2014



PROGRAMA DE
**INGENIERÍA
ESTRUCTURAL**

Página intencionalmente dejada en blanco

1. Informe No: LM-PIE-02-2014		2. Copia No. 1
3. Título: REVISION DEL DISEÑO FINAL DE LOS PUENTES DE LA ROTONDA DEL INTERCAMBIO PASO ANCHO - RUTA NACIONAL 39		4. Fecha del informe 17 de noviembre 2014
5. Organización y dirección Programa de Ingeniería Estructural 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. Resumen Este informe presenta las conclusiones derivadas de la revisión realizada al diseño final de los puentes por construir en la nueva rotonda del Intercambio Paso Ancho en la Ruta Nacional No.39. Este documento es un producto de la cooperación técnica que brinda el Programa de Ingeniería Estructural a la Unidad de Auditoria Técnica.		
7. Palabras clave Intercambio, Paso Ancho, Puentes, Diseño Final, Ruta Nacional	8. Nivel de seguridad: Ninguno	9. Núm. de páginas 37
10. Informe preparado por: Ing. Rolando Castillo Barahona, PhD Coordinador Programa de Ing. Estructural <i>Rolando Castillo B</i> Fecha: 17/11/2014	11.	12.
13.	14.	15.



PROGRAMA DE
**INGENIERÍA
ESTRUCTURAL**

Página intencionalmente dejada en blanco

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	7
2. OBJETIVOS	7
3. ALCANCE	7
4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	8
4.1. Descripción del proyecto.....	8
4.2. Objeto de la licitación.....	9
5. ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL PROYECTO.....	9
6. REVISION DEL DISEÑO FINAL	11
6.1. General	11
6.2. Revisión de las especificaciones técnicas.....	12
6.3. Revisión de memoria de cálculo y planos constructivos.....	22
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	33
8. BIBLIOGRAFIA	37



PROGRAMA DE
**INGENIERÍA
ESTRUCTURAL**

Página intencionalmente dejada en blanco

1. INTRODUCCIÓN

Este informe presenta las conclusiones derivadas de la revisión al diseño final de los puentes en construcción para la nueva rotonda del Intercambio Paso Ancho en la Ruta Nacional No.39. Este documento es un producto de la cooperación técnica que brinda el Programa de Ingeniería Estructural a la Unidad de Auditoría Técnica.

2. OBJETIVOS

El objetivo general del estudio es revisar la documentación asociada con el diseño final de los puentes vehiculares y de servicio para determinar si el diseño final se adhiere a las especificaciones del cartel.

Los objetivos específicos son:

- a. Revisar si las especificaciones técnicas incluidas en los planos constructivos por parte del contratista cumplen con los requerimientos técnicos incluidos en el cartel de licitación.
- b. Revisar si el contenido y el procedimiento de análisis y diseño estructural incluido en la memoria de cálculo, se adhiere a las buenas prácticas internacionales para el análisis y diseño de puentes.
- c. Presentar conclusiones y brindar recomendaciones.

3. ALCANCE

Este informe se limita a analizar la documentación suministrada por la Unidad de Auditoría Técnica relacionada con el diseño de los puentes del nuevo paso subterráneo de Paso Ancho. La documentación examinada fue: (a) el cartel de licitación internacional, (b) las enmiendas al cartel, (c) las especificaciones técnicas especiales incluidas en los planos constructivos, (d) la memoria de cálculo y (e) los planos constructivos. La revisión realizada a las especificaciones técnicas y su enmiendas se limitó al contenido relacionado con los puentes vehiculares y de servicio. La revisión realizada a la memoria de cálculo se limitó a la revisión del contenido y al

procedimiento utilizado por el profesional responsable del diseño para el análisis y diseño de los puentes pero no se verifican los cálculos que realiza el profesional.

4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

4.1. Descripción del proyecto

En la sección II del cartel de licitación se presenta la información general del proyecto. El nombre del proyecto es: Primer Programa de Infraestructura Vial (PIV-I), el número y el nombre de la licitación pública internacional es: No.2012LI-000020-0DE00 (octubre 2012) y "Contratación del Diseño y Construcción del Intercambio Paso Ancho de la Carretera de Circunvalación, Ruta Nacional No.39", respectivamente. El contratante es el CONAVI.

El proyecto será construido en la rotonda ubicada en la intersección de la Ruta Nacional Nos. 39 (Carretera de Circunvalación) y la Ruta Nacional 213 (Radial Paso Ancho). Esta rotonda se ubica en el sector suroeste de la ciudad de San José (Distrito: 11 San Sebastián, Cantón: 1 San José, Provincia: 1 San José) según se muestra en la figura No.1.

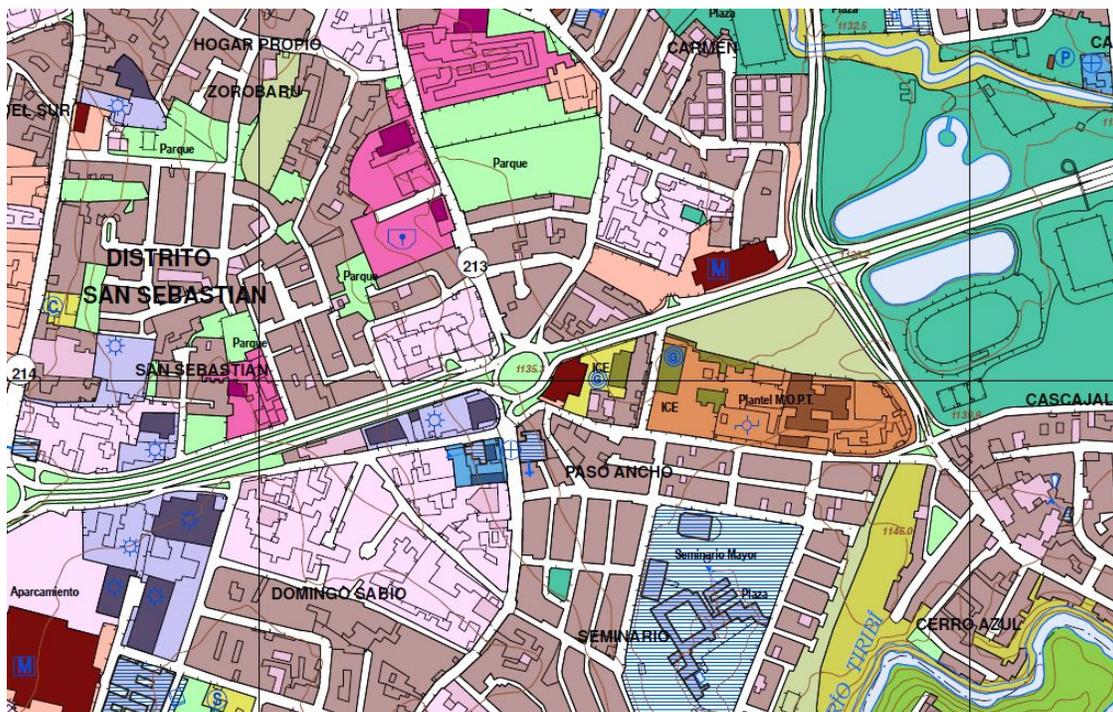


Figura No.1. Ubicación del nuevo Intercambio Paso Ancho (Hoja Cartográfica 1:10.000 GAM

(Fuente: MIVAH)

4.2. Objeto de la licitación

El objeto del contrato se incluye en la sección VI. Requisitos de las obras, Aparte 1 del cartel de licitación. En dicho aparte se indica lo siguiente:

"El objeto de esta licitación es contratar el proyecto ejecutivo o diseño final y la ejecución completa y detallada de las obras correspondientes al Intercambio en la intersección de la Carretera de Circunvalación (Ruta Nacional No. 39) con la Radial Paso Ancho (Ruta Nacional No. 213)."

"Este intercambio se realizará conforme a los lineamientos establecidos en el Diseño Funcional y en los planos de este diseño, documentos que se adjuntan en el Anexo No. 1: "Diseño Funcional y Planos de Expropiaciones" y de conformidad con las siguientes disposiciones y otras partes de este documento de licitación."

" El Diseño Funcional que se anexa al presente cartel tiene como propósito fundamental, servir de referencia para establecer el alcance de las obras del proyecto y los parámetros mínimos o máximos, según sea el caso, que deben cumplir los anteproyectos que se presenten a concurso, los que serán de responsabilidad exclusiva de cada oferente. Asimismo, este Diseño Funcional se tendrá como referencia para la revisión y aprobación del Proyecto Ejecutivo que presente el Adjudicatario. En todo caso, se aclara que tanto el Anteproyecto como el Proyecto Ejecutivo deben cumplir, además del Diseño Funcional, con las normas y parámetros de diseño establecidos en las presentes bases técnicas."

5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROYECTO

En la Tabla No1 se presenta un resumen de aquellas secciones del cartel de licitación donde se detallan consideraciones y especificaciones técnicas que están directamente relacionadas con el análisis y diseño estructural de los puentes vehiculares y el puente de servicios. Esta información es utilizada más adelante para verificar si efectivamente el contratista se apegó a los requerimientos técnicos especificados en el cartel de licitación.

Tabla No1. Secciones del cartel con información relevante para el diseño de los puentes.

SECCION DEL CARTEL	CONTENIDO
Sección VI - Requisitos de las obras; 1. Alcance de las obras; 3. Proyecto Ejecutivo (Diseño final)	a) Diseño del intercambio
	b) Resultados esperados
	i. Estudios técnicos
	ii. Planos constructivos
	iii. Memoria de calculo
Sección VI - Requisitos de las obras; 1. Alcance de las obras; 5. Documentación a entregar luego de aprobado el Proyecto Ejecutivo; C. Programa de control de calidad y plan de muestreo aleatorio	iv. Especificaciones técnicas especiales y generales
	Se indica que se debe presentar el programa de control de calidad y plan de muestreo aleatorio.
Sección VI - Requisitos de las obras; 2. Especificaciones; 3. Descripción de los trabajos a realizar	i. Construcción del paso subterráneo
	ii. Construcción de los dos puentes vehiculares
	iii. Construcción de las 4 rampas
	iv. Asegurar el tránsito vehicular en todo momento
Sección VI - Requisitos de las obras; 3. Condiciones técnicas generales	A. Especificaciones para el diseño final de las obras
	B. Diseño estructural
	C. Especificaciones par la construcción de las obras
	D. Construcción de pasos a desnivel
	E. Obras adicionales
	F. Acabados
	G. Detalle de la Baranda Peatonal tipo "MZ" y la Baranda tipo "New Jersey"
	H. Especificaciones de los materiales
	I. Estudio de amenaza sísmica
	J. Estudio Geotécnico
	k. Estructura de pavimento
	L. Estructuras de drenaje
	M. Señalización vertical y horizontal

Tabla No1. (Continuación) Secciones del cartel con información relevante para el diseño de los puentes.

SECCION DEL CARTEL	CONTENIDO
Enmiendas No.1, No.2 y No.5	Estas enmiendas no incluyen aclaraciones o modificaciones al cartel sobre el diseño de los puentes.
Enmienda No.3 - Noviembre 30, 2012	"Donde dice I. Estudio de amenaza sísmica....."
	"Donde dice J. Estudio geotécnico"
Enmienda No.4 - Diciembre 19, 2012	1) Ubicación y geometría en planta de los puentes peatonales y del puente de servicio
	5) Para la página No. 90 del cartel, en primer párrafo del inciso 4b) "Rotonda", se establece lo siguiente:
	7) Para la página No. 94 del cartel, en el punto J. "Estudio Geotécnico", se establece lo siguiente:
Enmienda No.6 - Febrero 25, 2013	13) En la página No. 91 del pliego, en el punto A. "Especificaciones para el diseño final de las obras" de la Sección VI, se modifica de la siguiente forma:
Enmienda No.7 - Marzo 19, 2013	1) En la página No. 91 del pliego, el aparte A. "Especificaciones para el diseño final de las obras", se modifica de la siguiente forma:

6. REVISION DEL DISEÑO FINAL

6.1. General

El diseño de puentes con superestructuras de vigas de acero y curvas en su plano horizontal presenta desafíos particulares si se compara con los requerimientos para el diseño de una superestructura con vigas de acero rectas. Entre los puntos particulares a considerar están los efectos de torsión, flexión lateral de las alas, la inherente falta de estabilidad, y los cuidados especiales que se deben tener durante la construcción. Además, debido al comportamiento complejo de este tipo de puentes, se requiere del análisis del sistema como un todo.

Una característica particular de puentes curvos es el hecho de que los marcos de arriostre transversal (cross frames) son clasificados como elementos primarios de carga. Esto significa que la falla de esos elementos podría llevar al colapso del puente por lo que su diseño requiere de mucha atención.

6.2. Revisión de las especificaciones técnicas

En la Tabla No2 se presenta una comparación entre las especificaciones técnicas incluidas en el cartel de licitación con las especificaciones técnicas especiales incluidas por el contratista en los planos constructivos. En la tabla se subrayan varias notas para indicar la falta de información sobre el tema en cuestión.

Tabla No2. Comparación entre las especificaciones técnicas incluidas en el cartel con aquellas incluidas en los planos constructivos.

1. ESPECIFICACIONES PARA EL DISEÑO GEOMETRICO	
<u>ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CARTEL</u>	<u>ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CONTRATISTA</u>
Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales (SIECA) 3era 3d 2011 utilizando como fuente de referencia AASHTO 2001, cuando corresponda. (sección VI) numeral 3)	Si se hace referencia. Las especificaciones técnicas especiales incluidas en la lámina 5.3 hace referencia a este manual.
<u>ENMIENDA AL CARTEL No.07</u>	-
Para el diseño de los accesos: (a) El diseño geométrico debe cumplir con el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales (SIECA), 2da. Edición, 2004, utilizando como fuente de referencia AASHTO 2001, cuando corresponda. (sección VI, numeral 3)	Si se hace referencia. Las especificaciones técnicas especiales incluidas en la lámina 5.3 hace referencia a este manual.

Tabla No2. (Continuación) Comparación entre las especificaciones técnicas incluidas en el cartel con aquellas incluidas en los planos constructivos

2. ESPECIFICACIONES GEOMETRICAS	
<u>ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CARTEL</u>	<u>ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CONTRATISTA</u>
Altura mínima inferior de los puentes =5.50m	Si cumple con lo especificado. En la lámina 5.5 se muestra una altura mínima inferior de 5 678 mm.
Longitud de puentes medidos perpendicularmente entre las caras externas de las paredes de los bastiones =23,90m	En la lámina 5.5 se muestra una distancia de entre las caras externas de las paredes de los bastiones = 23 864 mm. Existe una pequeña diferencia de 36mm.
Radio externo de superestructura = 43,71m	Si cumple con lo especificado. En la lámina 5.4 se muestra un radio externo de 43 710 mm.
Radio interno de superestructura= 26,89m	Si cumple con lo especificado. En la lámina 5.4 se muestra un radio interno de 26 887 mm.
Espaldones interno y externo de 0,60m	Si cumple con lo especificado. El diseño geométrico mostrado en la lámina 3.7 indica un espaldón exterior de 0,70 m y un espaldón interno de 0,65 m.
Carril interno = 5,00 m	Excede lo especificado. El diseño geométrico mostrado en la lámina 3.7 indica un carril de 5,10 m
Carril externo = 6,60 m	Excede lo especificado. El diseño geométrico mostrado en la lámina 3.7 indica un carril de 6,65 m

Tabla No2. (Continuación) Comparación entre las especificaciones técnicas incluidas en el cartel con aquellas incluidas en los planos constructivos

3. ESPECIFICACIONES PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL	
<u>ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CARTEL</u>	<u>ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CONTRATISTA</u>
Especificaciones Estándar para puentes de carreteras AASHTO 17th Edición – 2002 o edición vigente, con el tren de cargas HS20-44 incrementada en un 25% o con las especificaciones AASHTO LRFD con el tren de cargas HL-93, ediciones vigentes en ambos casos. (sección VI, numeral 3)	La lámina 5.3 no hace referencia a la especificación estándar. Esta especificación fue remplazada según se indica en la enmienda al cartel No.07.
Código de cimentaciones de Costa Rica - edición vigente (sección VI, numeral 3)	La lámina 5.3 (puentes vehiculares) hace referencia a esta especificación. <u>NOTA: No se hace referencia a este código en las especificaciones técnicas del puente de servicios.</u>
Se hace referencia al Código Sísmico de Costa Rica año 2012 cuando en código vigente es año 2010 (sección VI, numeral 3)	Si se hace referencia en la especificaciones técnicas del puente para servicios públicos (Lámina 7.2) Las especificaciones técnicas incluidas en los planos de los puentes vehiculares no hacen referencia a esta especificación pero si se hace referencia a AASHTO LRFD 2014.
<u>ENMIENDA AL CARTEL No.06</u>	-
El diseño estructural debe cumplir con las especificaciones AASHTO LRFD, edición vigente.	La lámina 5.3 hace referencia a esta especificación
<u>ENMIENDA AL CARTEL No.07</u>	-
AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, Sixth Edition. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2012.	La lámina 5.3 hace referencia a los tres documentos. Adicionalmente hace referencia al Bridge Welding Code y al Estudio de Amenaza Sísmica de María Laporte del 2008.
AASHTO Guide Specifications for LRFD Seismic Bridge Design, 2nd Edition. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2011.	
Lineamientos de Diseño Sismo Resistente para Puentes, Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica, 2013	

Tabla No2. (Continuación) Comparación entre las especificaciones técnicas incluidas en el cartel con aquellas incluidas en los planos constructivos

4. ESPECIFICACIONES PARA CONSTRUCCION	
<u>ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CARTEL</u>	<u>ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CONTRATISTA</u>
CR 2010 - Especificaciones para la construcción de caminos y puentes 2010.	La lámina 5.3 si hace referencia a las especificaciones, manuales, y reglamentos indicados.
Manual de normas para la colocación de dispositivos de seguridad para la protección del publico en obras viales, de la dirección General de Ingeniería de Transito.	
Reglamento de dispositivos de seguridad para la protección de obras según decreto 26041 MOPT Gaceta No 103 del 30 de mayo del 1997.	
Control de calidad de materiales y procedimientos constructivos de conformidad con la Disposición General No. CM-002-97 del Área de obras públicas del CONAVI.	

5. BARANDA PEATONAL Y BARANDA VEHICULAR	
<u>ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CARTEL</u>	<u>ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CONTRATISTA</u>
Baranda Peatonal tipo MZ - según detalle anexo No2 del cartel	En la lámina 5.3 se muestra la ubicación de las barandas y las barreras. En la lámina 5.58 se presenta el detalle de cada una. <u>Nota: No hay indicación en planos de la fuerza lateral de diseño de la baranda peatonal y la barrera vehicular. Esta información debería ser incluida en los planos definitivos ("AS BUILT") de ambos puentes.</u>
Barrera Vehicular tipo New Jersey - según detalle anexo No2 del cartel	
Se aclara que la dimensión de la base de la barrera vehicular tipo New Jersey es 0,423 m en vez de 0,41 m	

Tabla No2. (Continuación) Comparación entre las especificaciones técnicas incluidas en el cartel con aquellas incluidas en los planos constructivos

6. PUENTE PEATONAL	
<u>ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CARTEL</u>	<u>ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CONTRATISTA</u>
La enmienda No. 4 muestra la ubicación en planta y configuración transversal de los puentes peatonales.	<p>El paso peatonal sobre los puentes no ha cambiado. Sin embargo el acceso al paso peatonal de los puentes de la rotonda es diferente. El acceso se hará por medio de una losa en voladizo, aparentemente conectada al extremo superior de los muros cosidos del paso subterráneo.</p> <p><u>Nota: La ubicación de la nueva losa que sirve de paso peatonal si se indica en el diseño geométrico mostrado en la lámina 3.3. Sin embargo, los planos estructurales no muestran un detalle del paso peatonal en voladizo y tampoco existe informacion al respecto en la memoria de calculo.</u></p>
El puente de servicio se deberá diseñar considerando, en el caso del ICE, el peso por carga muerta de ductos y cables de fibra óptica una carga de 95 kg/ml.	<p>No se observó en las láminas 7.1 a 7.4 indicación de la carga utilizada para el diseño del puente de servicios. Por otro lado, la memoria de cálculo si indica cuales fueron los pesos considerado para diseño.</p> <p><u>Nota: Incluir en los planos definitivos ("AS BUILT") de ambos puentes el peso de diseño de las tuberías.</u></p>
El puente de servicio se deberá diseñar considerando, en el caso del AyA, se deberá considerar el peso de una tubería de hierro dúctil tipo K9 de 400 mm de diámetro lleno de agua a presión.	
También se indica la ubicación del puente de servicios.	En la lámina 7.2 Se muestran las coordenadas de cada extremo del puente.

Tabla No2. (Continuación) Comparación entre las especificaciones técnicas incluidas en el cartel con aquellas incluidas en los planos constructivos

7. REQUERIMIENTOS PARA DRENAJE DE AGUA DE LLUVIA	
<u>ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CARTEL Y SUS ENMIENDAS</u>	<u>ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CONTRATISTA</u>
Bombeo de losa para el drenaje adecuado de agua de lluvia	La lámina de 5.5 indica una superelevación del 2% y una pendiente longitudinal del 1.5% para el puente oeste. La lámina 5.31 exhibe una pendiente transversal del 2% y longitudinal del 0.5%. <u>Nota: El alcance de este estudio no contempla verificar si las pendientes son apropiadas.</u>
Drenes sobre la calzada del puente .10m diámetro o cuadrados de 0.10m separación no mayor a 3.0m	Si cumple con lo especificado. La separación de drenes de 3,0 m se muestra en la lámina 5.5 y el diámetro de los drenes de 0,10 m se muestra en la lámina 5.58. <u>Nota: El alcance de este informe no contempla verificar si el diámetro y separación de los drenes es el indicado para el desagüe apropiado del agua.</u>

8. ELEMENTOS REQUERIDOS	
<u>ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CARTEL</u>	<u>ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CONTRATISTA</u>
Losa de aproximación -Longitud mínima 5.0 m y un ancho igual a calzada+espaldones+vereda	La lámina 5.57 muestra como la losa de aproximación mas el durmiente tiene una longitud de 5,0 m. La lámina 5.39 muestra que la losa de aproximación tiene un ancho igual al ancho de la losa del puente.

Tabla No2. (Continuación) Comparación entre las especificaciones técnicas incluidas en el cartel con aquellas incluidas en los planos constructivos

9. RESISTENCIA DE MATERIALES	
<u>ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CARTEL</u>	<u>ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CONTRATISTA</u>
Elementos estructurales de concreto preesforzado - Concreto clase D - Resistencia a la compresión (28 días) $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$	Los puentes no fueron diseñados con elementos de concreto preesforzado. Es por ello que las especificaciones técnicas del cartel no especifican concreto para elementos preesforzados.
Resistencia mínima de losa o sobre losa de concreto colada en sitio = 280 kg/cm^2	La especificaciones técnicas especiales incluidas en la lámina 5.3 indica una resistencia a la compresión del concreto de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días para la losa de rodamiento, los pilotes pre excavados y la losa de aproximación.
Elementos estructurales de subestructura - Concreto clase A - Resistencia a la compresión (28 días) $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$	
Acero estructural - AASHTO M270 grado 50 - Equivalente a ASTM A588 grado 50 con $F_u = 4,078 \text{ kg/cm}^2$ y $F_y= 3500 \text{ kg/cm}^2$. (Sección VI, numeral 3-H). <u>NOTA: Las especificaciones técnicas incluidas en el cartel no especifica el uso de acero ASTM A36.</u> <u>NOTA: Se indica que ASTM A588 grado 50 es equivalente a AASHTO M270 grado 50. Esta equivalencia es incorrecta.</u>	La especificaciones técnicas especiales incluidas en la lámina 5.3 indican acero estructural AASHTO M270 grado 50 (equivalente a ASTM A-709 Grado 50) con resistencia mínima en tensión de $F_u=4571 \text{ kg/cm}^2$ (449MPa) y un límite de fluencia mínimo de $F_y=3516 \text{ kg/cm}^2$ (345MPa) en los siguientes elementos: Trabes armadas a base de platinas, diafragmas, placas de asiento, rigidizadores, conectores de cortante en forma de canal y demás elementos no especificados. La especificaciones técnicas especiales incluidas en la lámina 5.3 especifican acero tipo ASTM A36 para las laminas de acero de cojinetes, placas de asiento y esquineros. <u>NOTA: Este tipo de acero no se especifica en el cartel de licitación.</u>
No se especifica para elementos de acero tubular, pernos de anclaje y pernos de alta resistencia. <u>NOTA: Estos elementos debieron ser especificados en el cartel de licitación.</u>	El diseñador estructural especifica los siguientes elementos de acero los cuales no están incluidos en el cartel de licitación: <ul style="list-style-type: none"> • Elementos de acero tubular HSS ASTM A500 GR.B. • Pernos de anclaje según Norma ASTM F1554 Gr. 36. • Pernos de alta resistencia según norma ASTM A325

Tabla No2. (Continuación) Comparación entre las especificaciones técnicas incluidas en el cartel con aquellas incluidas en los planos constructivos

9. RESISTENCIA DE MATERIALES (Continuación)	
<p>Acero de refuerzo (varillas) deberá ser grado 60 con un límite de fluencia $f_y=4200$ kg/cm².</p> <p><u>NOTA: No se indica explícitamente si el acero de refuerzo es ASTM 615 grado 60 y ASTM A706 grado 60.</u></p> <p><u>NOTA: No se especifica el acero de refuerzo grado 40.</u></p>	<p>La especificaciones técnicas especiales incluidas en la lámina 5.3 indica varilla deformada grado 60 de acero de lingote (Billet steel) acorde con la designación ASTM 615 grado 60.</p> <p>Las especificaciones técnicas del puente de servicio incluidas en la lamina 7.2 indican que las varillas No2 y No3 serán de acero tipo ASTM A615 grado 40. El resto de las varillas serán acero tipo ASTM A706 grado 60.</p> <p><u>NOTA: El acero grado 40 no se especifica en las especificaciones técnicas del cartel.</u></p>
<p>Elementos estructurales de concreto colado en sitio - Concreto clase A con una resistencia a la compresión (28 días) $f'_c=225$ kg/cm².</p> <p><u>NOTA: En las especificaciones técnicas no se indica explícitamente en cuales elementos estructurales se permite el uso de esta resistencia del concreto.</u></p>	<p><u>NOTA: Las especificaciones técnicas especiales, no indican cuales elementos de concreto deben contar con esta resistencia mínima. Faltó ser mas específico.</u></p>

10. APOYOS DE VIGAS DE ACERO	
<u>ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CARTEL</u>	<u>ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CONTRATISTA</u>
<p>Almohadillas de neopreno reforzada con acero. Dureza Shore A 60+/- 5. Cumplir con AASHTO 2002 Sección 14</p>	<p>La lamina 5.57 muestra el detalle de las almohadillas de neopreno de Dureza Shore A60. Todas las almohadillas se indican reforzadas con varias laminas de acero A36 de 19mm de espesor. El numero de láminas de refuerzo y el espesor total de la almohadilla varía según se muestra en planos.</p>

Tabla No2. (Continuación) Comparación entre las especificaciones técnicas incluidas en el cartel con aquellas incluidas en los planos constructivos.

11. DEMARCACION VIAL DEL PUENTE	
CARTEL	PLANOS CONSTRUCTIVOS
Líneas de centro	<p><u>NOTA: La verificación de la demarcación esta fuera de alcance de este estudio.</u></p>
Líneas divisorias de carril	
Líneas de borde	
Fechas direccionales	
Captales	
Otros	
Señales verticales informativas a la entrada y a la salida con el nombre del puente	

12. JUNTAS DE EXPANSION	
<u>ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CARTEL</u>	<u>ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CONTRATISTA</u>
No se permiten juntas constituidas por perfiles metálicos tipo 'C' invertido.	<p>Se cumple con la restricción especificada. La lámina 5.9 y 5.35 muestran una junta de expansión con angulares de protección a ambos lados de 127x127x9.5 y un sello de neopreno. La junta cuenta con una abertura de 75mm.</p> <p><u>NOTA: No se indica el tipo de sello a utilizar.</u></p>

13. ESTUDIO DE AMENAZA SISMICA	
<u>ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CARTEL</u>	<u>ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CONTRATISTA</u>
Diseño final - Utilizar el estudio de INSUMA o realizar uno nuevo. El nuevo debe mostrar espectros de diseño normalizados.	La lámina de especificaciones técnicas especiales 5.3 especifica el uso del estudio amenaza sísmica de INSUMA. En las páginas 011 y 015 de la memoria de cálculo también se hace referencia al uso del este estudio.
<u>ENMIENDA No.03</u>	
Diseño preliminar y final - Se debe utilizar el estudio de amenaza sísmica de INSUMA del 2008	La lámina de especificaciones técnicas especiales 5.3 especifica el uso del estudio amenaza sísmica de INSUMA. En las páginas 011 y 015 de la memoria de cálculo también se hace referencia al uso del este estudio.

Tabla No2. (Continuación) Comparación entre las especificaciones técnicas incluidas en el cartel con aquellas incluidas en los planos constructivos.

14. ESTUDIO GEOTECNICO	
<u>ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CARTEL</u>	<u>ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CONTRATISTA</u>
Diseño final - Realizar los estudios geotécnicos necesarios para determinar la capacidad de soporte del suelo de fundación. Realizar como mínimo perforaciones en el eje de cada bastión y pila mediante SPT y extracción de testigos cada metro hasta una profundidad de 12m. Realizar un análisis geológico-geotécnico que contenga información específica.	El estudio de suelos fue realizado por la firma Geotecnia y Construcción correspondiente a los informes GEOCONSTRU 198-13 y GEOCONSTRU 28-13 según se indica en la lámina 7.2
<u>ENMIENDA No.4</u>	
Se indica que se adjunta en el Anexo No.8, con carácter referencial, el estudio geotécnico de INSUMA S.A 2008 para ser utilizado bajo responsabilidad del oferente en su propuesta o el adjudicatario en la etapa del diseño final	El estudio de suelos fue realizado por la firma Geotecnia y Construcción correspondiente a los informes GEOCONSTRU 198-13 y GEOCONSTRU 28-13 según se indica en la lámina 7.2

15. SOLDADURA Y PINTURA	
<u>ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CARTEL</u>	<u>ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CONTRATISTA</u>
No existen requerimientos específicos sobre soldadura y pintura. Sin embargo, la especificación AASHTO LRFD 2012 y la especificación CR 2010 contienen especificaciones sobre soldadura y pintura.	<p>En cuanto a soldadura, el diseñador estructural hace referencia al AASHTO/AWS D1.5M/D1.5 Bridge Welding Code.</p> <p><u>NOTA: No se conoce si el contratista cuenta con un plan formal (por escrito) con el procedimiento para verificar la calidad del proceso de soldadura.</u></p> <p>En cuanto a pintura, se hace referencia a AASHTO 2012.</p> <p><u>NOTA: No se conoce si el contratista cuenta con un plan formal (por escrito) con el procedimiento para aplicar el sistema de protección a la corrosión de todos los elementos de acero. No se indica cual es la vida de diseño del sistema de pintura seleccionado.</u></p>

6.3. Revisión de memoria de cálculo y planos constructivos

En la tabla No.3 se presenta la revisión de la memoria de cálculo y los planos constructivos. Para efectos de que la revisión sea objetiva, esta se realizó tomando como referencia el Apéndice C6 incluido en la especificación de diseño AASHTO LRFD 2012 [1] titulado: Pasos básicos para superestructuras de acero y también el ejemplo de diseño de la FHWA [2] titulado: "Design example 3: Three span continuous horizontally curved composite steel I-Girder Bridge".

La tabla No.3 resalta con color gris varios pasos no incluidos explícitamente en el Apéndice 6. Estos pasos complementan el procedimiento establecido en dicho apéndice. Adicionalmente, se resaltan los pasos para el diseño de la subestructura según el procedimiento que se sigue en el ejemplo de diseño de la FHWA (2).

Tabla No3. Revisión de la memoria de cálculo utilizando como referencia el contenido y el proceso de análisis y diseño recomendado por AASHTO LRFD 2012 [1] y el ejemplo de diseño FHWA [2].

DISEÑO DE SUPERESTRUCTURA DE ACERO - APENDICE C6.3 - DISEÑO DE LA SUPERESTRUCTURA - ESPECIFICACIONES AASHTO LRFD 2012 - REQUERIMIENTOS	COMENTARIOS TECNICOS DERIVADOS A PARTIR DE LA REVISION DE LA MEMORIA DE CALCULO Y LOS PLANOS SUMINISTRADOS POR LA UNIDAD DE AUDITORIA TECNICA
---	--

A. DESARROLLO GENERAL	REVISION DE MEMORIA DE CALCULO Y PLANOS
1. Ancho de la calzada	El ancho total del puente según se indica en planos es de 16,84 m
2. Disposición de tramos (2.3.2) (2.5.4) (2.5.5) (2.6)	El diseñador eligió una separación de vigas de 2,90m (9.5 ft)
3. Selección del tipo de vigas	El diseñador seleccionó una viga tipo 'I'

Tabla No3. (Continuación) Revisión de la memoria de cálculo utilizando como referencia el contenido y el proceso de análisis y diseño recomendado por AASHTO LRFD 2012[1] y el ejemplo de diseño FHWA[2].

B. DESARROLLO DE LA SECCION TIPICA	REVISION DE MEMORIA DE CALCULO Y PLANOS
1. Compuesta (6.10.1.1) o No compuesta (6.10.1.2)	<p>El diseñador eligió una sección compuesta. En la lámina 5.3 se indica que el diseño está basado en un apuntalamiento completo de la superestructura durante la construcción.</p> <p><u>NOTA: No se encontró información sobre el plan de de erección de los puentes para conocer cuando se tiene planeado eliminar el apuntalamiento de la superestructura durante el proceso constructivo.</u></p>
2. Híbrida o no híbrida (6.10.1.3)	Se diseñan vigas de acero armadas no híbridadas. Se utiliza el mismo grado de acero para las alas como para el alma.
3. Peralte variable del alma (6.10.1.4)	El peralte de las vigas elegidas es constante. El peralte de la viga seleccionado es de 1 261 mm como se muestra en la lamina 5.15.
4. Límites para el proporcionamiento de la sección transversal (6.10.2)	En la pagina 020 se muestra la revisión realizada para el proporcionamiento del alma y las alas.
5. Separación de marcos arriostrados transversales (cross frames) (6.7.4.2)	Se seleccionó una separación entre marcos arriostrados transversales que cumple con la formula 6.7.4.2-1 AASHTO LRFD 2012

C. DISEÑO CONVENCIONAL DE UN TABLERO DE CONCRETO REFORZADO	REVISION DE MEMORIA DE CALCULO Y PLANOS
1. Tablero (4.6.2.1)	Se diseñó un tablero de concreto reforzado.
2. Espesor mínimo (9.7.1.1)	El espesor de losa elegido fue 215 mm. Si se le resta un espesor de desgaste de 15mm resulta una losa con un espesor estructural de 200mm el cual resulta mayor al espesor estructural mínimo de 175mm recomendado por AASHTO LRFD 2012.
3. Diseño Empírico (9.7.2)	Se utiliza el método empírico para el diseño de la losa. La pagina 037 de la memoria de cálculo muestra el cumplimiento de los requerimientos para el uso de dicho método.

Tabla No3. (Continuación) Revisión de la memoria de cálculo utilizando como referencia el contenido y el proceso de análisis y diseño recomendado por AASHTO LRFD 2012(1) y el ejemplo de diseño FHWA(2).

D. SELECCIÓN DE LOS FACTORES DE RESISTENCIA	REVISIÓN DE MEMORIA DE CÁLCULO Y PLANOS
1. Estado límite de resistencia (6.5.4.2)	En la memoria de cálculo se observó el uso de factores de reducción de la resistencia.

E. SELECCIÓN DE LOS MODIFICADORES DE CARGA	REVISIÓN DE MEMORIA DE CÁLCULO Y PLANOS
1. Ductilidad (1.3.3)	En la memoria de cálculo no se hace referencia a los factores de modificación de carga utilizados para estimar la demanda sobre el puente.
2. Redundancia (1.3.4)	
3. Importancia operacional (1.3.5)	

E1. CARGAS	REVISIÓN DE MEMORIA DE CÁLCULO Y PLANOS
1. Cargas permanentes (3.5)	Se indica en la memoria de cálculo que se consideró las siguientes cargas permanentes superimpuesta: barandas (barrera vehicular y baranda peatonal) y la carpeta de rodamiento. Es probable que el programa de análisis estructural consideró las siguientes cargas permanentes: el peso propio de: las vigas principales, los marcos arriostrados, los rigidizadores, los conectores de cortante y la losa concreto.
2. Carga peatonal(3.6.1.6), carga vehicular(3.6.1.1), fuerza centrífuga(3.6.3) y fuerza de frenado(3.6.4)	Se indica el uso de la carga viva vehicular HL-93 y carga peatonal. Se indica el cálculo de la fuerza centrífuga pero se desconoce a cual combinación de carga fue asignada. <u>NOTA: En la memoria de cálculo no se hace referencia a la fuerza por frenado.</u>
3. Cargas de viento (3.8)	<u>NOTA: No se hace referencia a la consideración de fuerzas de viento sobre el puente durante su construcción y en su estado final.</u>
4. Carga de sismo (Lineamientos para puentes)	<u>NOTA: Se define un espectro de respuesta sin embargo no existe información específica sobre las consideraciones utilizadas en su derivación.</u>

Tabla No3. (Continuación) Revisión de la memoria de cálculo utilizando como referencia el contenido y el proceso de análisis y diseño recomendado por AASHTO LRFD 2012 [1] y el ejemplo de diseño FHWA [2].

F. SELECCIONAR LAS COMBINACIONES DE CARGA Y FACTORES DE CARGA	REVISION DE MEMORIA DE CALCULO Y PLANOS
1. Estado limite de resistencia (6.5.4.1) (6.10.6.1) (6.11.6.1)	<p>En la memoria de cálculo (página 139) se muestra una tabla con las combinaciones de carga incluidas en la especificación AASHTO LRFD 2012.</p> <p>NOTA: No se indica cuales fueron las <u>combinaciones de carga</u> y los <u>factores de carga</u> utilizados en el análisis.</p>
2. Estado limite de servicio (6.10.4.2.1)	
3. Estado limite de fatiga y fractura (6.5.3)	

F1. ANALISIS	REVISION DE MEMORIA DE CALCULO Y PLANOS
1. Tipo de análisis (4.4) (4.6.1.2)	<p>El diseñador modeló la superestructura en tres dimensiones. El modelo incluyó la losa, las vigas de acero, los marcos arriostrados, los apoyos con sus respectivas restricciones y la viga cabezal del bastión. Adicionalmente, el diseñador utilizó un modelo independiente para el análisis de la subestructura el cual consiste de una viga cabezal sobre columna/pilotes.</p> <p>La superestructura y la subestructura se analizaron por separado.</p> <p>NOTA: No es claro cómo el diseñador se asegura que los apoyos indicados funcionan como apoyos fijo en el sentido vertical (U1). No se menciona si se revisó la posibilidad de levantamiento (uplift) de algún apoyo. No se observaron cálculos o comentarios que demuestre cual debe ser la separación que debe existir entre la viga diafragma de concreto y las llaves de concreto para permitir el movimiento durante cargas de servicio.</p> <p>NOTA: En la memoria de cálculo no es claro si se consideró la interacción suelo -estructura en el diseño de la subestructura.</p>

Tabla No3. (Continuación) Revisión de la memoria de cálculo utilizando como referencia el contenido y el proceso de análisis y diseño recomendado por AASHTO LRFD 2012 [1] y el ejemplo de diseño FHWA [2].

G. CALCULAR LOS EFECTOS DE LAS CARGA VIVA	REVISION DE MEMORIA DE CALCULO Y PLANOS
1. Seleccionar la carga viva (3.6.1) y número de carriles (3.6.1.1.1)	<p>La carga viva vehicular utilizada fue HL.93K (camión + carga de carril) y HL-93M(tándem + carga de carril). En cuanto al número de carriles, varios cálculos indican la consideración de 3 carriles de diseño según se extrae de las paginas 041, 043 y 049. Sin embargo, una revisión realizada a la descripción del modelo analítico específicamente en las páginas 127-129 de la memoria de cálculo, el análisis aparentemente considera únicamente dos carriles de carga.</p> <p><u>NOTA: No se tiene claro si se consideraron dos o tres carriles en el análisis estructural de la superestructura utilizando CSI Bridge.</u></p>
2. Presencia múltiple (3.6.1.1.2)	En los cálculos se utiliza un valor de 0,85 asociados con 3 carriles de diseño.
3. Incremento por carga dinámica (3.6.2)	Se observó un incremento de carga viva de 1,33 para el Estado Limite de Resistencia.
4. Factores de distribución de carga viva para momento (4.6.2.2.2)	No se utilizó el método simplificado de factores de distribución de momento y cortante para realizar el análisis de los puentes vehiculares.
5. Factores de distribución de carga viva para cortante (4.6.2.2.3)	Más bien el diseñador estructural realizó un análisis tridimensional de un modelo que consideró la superestructura, la viga cabezal de los bastiones y la flexibilidad de los apoyos de neopreno reforzado.
6. Rigidez (6.10.1.5)	<p>NOTA: La memoria de cálculo no incluye información que indique el uso de diferentes secciones (sección compuesta o sección no compuesta) para el análisis de la superestructura. Las rigideces de esta secciones están asociadas con sección no compuesta(solo la viga), sección compuesta para cargas a largo plazo (cargas permanentes) y sección compuesta para cargas a corto plazo (carga viva vehicular).</p>
7. Efecto del viento (4.6.2.7)	<p>La memoria de cálculo muestra que se consideró el efecto del viento sobre el vehículo de diseño.</p> <p><u>NOTA: No hay evidencia de que se considerara el efecto del viento sobre la superestructura durante su construcción y su estado final.</u></p>
8. Reacciones a la subestructura (3.6)	<u>NOTA: No existe información que indique cuales fueron las carga, combinaciones de carga, dirección de las cargas utilizadas para el análisis y diseño de la subestructura.</u>

Tabla No3. (Continuación) Revisión de la memoria de cálculo utilizando como referencia el contenido y el proceso de análisis y diseño recomendado por AASHTO LRFD 2012 [1] y el ejemplo de diseño FHWA [2].

<p>H. CALCULAR LOS EFECTOS DE LAS CARGAS DEBIDO A OTRAS CARGAS</p>	<p>En la memoria de cálculo se observa que se consideraron todos los estados limite.</p> <p><u>NOTA: No se tiene información sobre cuáles fueron las combinaciones de carga y factores de carga utilizados. Esta información es crucial para poder darle seguimiento a los cálculos realizados.</u></p>
---	---

<p>I. DISEÑO DE LA SECCION</p>	<p>REVISION DE MEMORIA DE CALCULO Y PLANOS</p>
<p><u>1. Diseño por flexión</u></p>	
<p>a. Esfuerzos en la sección compuesta (6.10.1.1.1)</p>	<p>Las especificaciones técnicas especiales incluidas en la página 5.3 indican que el diseño está basado en un apuntalamiento completo de la superestructura durante la construcción.</p> <p>Una revisión de la memoria de cálculo muestra en la página 142 que el diseñador estructural utilizó el programa de análisis y diseño estructural de puentes CSI Bridge para el diseño a flexión de los elementos de la superestructura.</p>
<p>b. Esfuerzos en el ala y momentos flectores del elemento (6.10.1.6)</p>	<p><u>NOTA: La memoria de cálculo no menciona cuando se permite eliminar el apuntalamiento. Esta información es relevante porque permite determinar cuáles propiedades de la sección (ya sea compuesta o no compuesta) y las cargas asociadas con cada etapa de carga fueron consideradas para el análisis y diseño.</u></p>
<p>c. Propiedades fundamentales de la sección (D6.1) (D6.2) (D6.3)</p>	<p><u>NOTA: Se desconoce, si la relación Demanda/Capacidad incluida en la memoria de cálculo (página 141) corresponde a la envolvente de todas las combinaciones de carga de resistencia o de una en específico.</u></p>
<p>d. Constructibilidad (6.10.3)</p>	<p><u>NOTA: La memoria de cálculo no muestra que se haya realizado una revisión de esfuerzos en los elementos durante las etapas constructivas del puente.</u></p> <p><u>NOTA: No existe información que indique hasta cuando, durante la construcción, la superestructura estará completamente apuntalada.</u></p>

Tabla No3. (Continuación) Revisión de la memoria de cálculo utilizando como referencia el contenido y el proceso de análisis y diseño recomendado por AASHTO LRFD 2012 [1] y el ejemplo de diseño FHWA [2].

I. DISEÑO DE LA SECCION	REVISIÓN DE MEMORIA DE CÁLCULO Y PLANOS
1. Diseño por flexión	
e. Estado límite de servicio (6.5.2) (6.10.4)	<p>Los planos muestran la construcción de las vigas de acero con contraflecha. <u>NOTA: Se desconoce qué estado límite y combinaciones de carga fueron consideradas para la elección de dicha contraflecha.</u></p> <p>Se indica que el desplazamiento máximo es menor a los permisibles. <u>NOTA: No se conoce cual estado límite y combinaciones de carga fueron utilizadas para determinar el desplazamiento máximo y cuál fue la viga que lo presentaba.</u></p> <p><u>NOTA: La memoria de cálculo no muestra o menciona la revisión de esfuerzos por cargas de servicio. Se desconoce si esta revisión la realiza automáticamente el programa de análisis y diseño estructural.</u></p>
f. Estado límite de Fatiga y Fractura (6.5.3) (6.10.5)	Se revisan los esfuerzos de fatiga en las vigas de acero para la combinación de carga de fatiga I (fatiga infinita). Se revisa la fatiga del alma.
g. Estado límite de Resistencia (6.5.4) (6.10.6)	El diseño parece realizarse con el programa de análisis y diseño CSI y en la página 141 se presenta la relación Capacidad/Demanda para flexión de las vigas.
2. Diseño por cortante	
a. General (6.10.9.1)	<p>La revisión del cortante en las vigas de acero parece realizarse con el programa CSI Bridge según se muestra en la página 141 de la memoria de cálculo. Ahí se muestra la relación capacidad/demanda de las vigas.</p> <p><u>NOTA: Se desconoce si este resultado muestra la envolvente de todas las combinaciones de carga examinadas y asociadas al estado límite de resistencia o de una combinación en particular.</u></p>
b. Alma no rigidizada (6.10.9.2)	
c. Alma rigidizada (6.10.9.3)	
d. Diseño de rigidizadores (6.10.11)	
3. Conectores de cortante (6.10.10)	
a. General (6.10.10.1)	En las páginas 030, 031 y 032 de la memoria de cálculo se muestra el diseño de los conectores. Se revisó fatiga y resistencia.
b. Resistencia a la fatiga (6.10.10.2)	
c. Requerimientos especiales para puntos inflexión debido a carga permanente (6.10.10.3)	
d. Estado límite de resistencia (6.10.10.4)	

Tabla No3. (Continuación) Revisión de la memoria de cálculo utilizando como referencia el contenido y el proceso de análisis y diseño recomendado por AASHTO LRFD 2012 [1] y el ejemplo de diseño FHWA [2].

J. REQUISITOS ASOCIADOS CON DIMENSIONAMIENTO Y DETALLES	REVISION DE MEMORIA DE CALCULO Y PLANOS
1. Espesor del material (6.7.3)	Se cumple con el espesor mínimo de los elementos de acero que indica AASHTO LRFD 2012.
2. Conexiones atornilladas (6.13.2)	El diseñador no consideró conexiones atornilladas en este proyecto.
3. Conexiones soldadas (6.13.3)	Elementos como rigidizadores, conectores de cortante, marcos arriostrados y placas de asiento en apoyos son soldados a la vigas principales. <u>NOTA: Las especificaciones técnicas especiales no hacen referencia a la necesidad de contar con un inspector de soldadura.</u>
4. Resistencia a cortante de la ruptura en bloque (6.13.4)	La memoria de cálculo y los planos constructivos no indican el uso de conexiones atornilladas para vigas con alma recortada.
5. Elementos de conexión (6.13.5)	Se revisa la conexión de los angulares a las placas rigidizadoras de los marcos arriostrados.
6. Empalmes (6.13.6)	En los planos no se indican empalmes soldados o atornillados.
7. Placas de refuerzo (Cover plates) (6.10.12)	En planos no se indica el uso de placas de refuerzo.
8. Diafragmas y marcos arriostrados (6.7.4)	La memoria de cálculo muestra el diseño de los marcos arriostrados. También muestra el espaciamiento, la capacidad de los elementos a compresión y tensión y las longitudes de soldadura requeridas para desarrollar los esfuerzos máximos asociados. <u>NOTA: En la memoria de cálculo no hay información sobre cual combinación de carga resultó ser la crítica y cuales otras combinaciones fueron consideradas.</u> <u>NOTA: La memoria de cálculo no incluye los cálculos del diseño de los diafragmas de concreto de los extremos del puente. Los planos no muestran una sección longitudinal de la viga diafragma mostrando la disposición del acero de refuerzo longitudinal y transversal a lo largo de su longitud y si éste debe atravesar las vigas de acero.</u>
9. Arriostre lateral (6.7.5)	Los planos no indican el uso de arriostramiento lateral permanente o temporal.

Tabla No3. (Continuación) Revisión de la memoria de cálculo utilizando como referencia el contenido y el proceso de análisis y diseño recomendado por AASHTO LRFD 2012 [1] y el ejemplo de diseño FHWA [2].

DISEÑO DE APOYOS SEGÚN EL EJEMPLO - LRFD Design Example FHWA NHI-04-042 for Steel Girder Superstructure Bridge	REVISION DE MEMORIA DE CALCULO Y PLANOS
1. Obtener los criterios de diseño	<p>El diseñador estructural utilizó el método B para realizar el diseño de los almohadillas elastoméricas reforzadas. Se muestra un diseño de almohadillas para cada viga. Consideró las combinaciones de carga de Resistencia 1 y Servicio 1. Aparentemente ningún apoyo está sujeto a fuerzas de levantamiento.</p> <p>NOTA: No hay evidencia del diseño de los anclajes.</p>
2. Seleccionar el tipo de apoyo óptimo	
3. Seleccionar las propiedades preliminares de los apoyos	
4. Seleccionar el método de diseño (A o B)	
5. Calcular el factor de forma	
6. Revisar los esfuerzos de compresión	
7. Revisar la deformaciones por compresión	
8. Revisar las deformaciones por cortante	
9. Revisar la rotación o la compresión combinada	
10. Revisar la estabilidad	
11. Revisar el refuerzo	
12. Diseñar los anclajes	

DISEÑO DE BASTIONES SEGÚN EL EJEMPLO - LRFD Design Example FHWA NHI-04-042 for Steel Girder Superstructure Bridge	REVISION DE MEMORIA DE CALCULO Y PLANOS
1. Obtener los criterios de diseño	La memoria de cálculo provee información general sobre la calidad de los materiales (concreto y acero de refuerzo), dimensiones de elementos, número de vigas, etc.
2. Seleccionar el tipo óptimo de bastión	El diseñador estructural seleccionó un bastión tipo viga cabezal sobre columna/pilotes.
3. Seleccionar las dimensiones preliminares de los bastiones	Se provee las dimensiones definitivas de la viga cabezal y el diámetro de las columnas/pilotes.
4. Calculo del efecto de la carga permanente	<p>La memoria de cálculo provee información sobre cargas permanentes muertas y superimpuestas, carga vehicular, carga peatonal, fuerza centrífuga, carga de viento sobre vehículos y carga de sismo.</p> <p>NOTA: No se incluye el efecto de la carga de viento sobre la superestructura y las cargas del suelo.</p>
5. Calculo de los efectos de la carga viva	
6. Calculo de otras cargas	NOTA: No hay información sobre cuáles fueron las combinaciones de carga analizadas y los factores de carga utilizados.
7. Analizar y combinar los efectos de las cargas	

Tabla No3. (Continuación) Revisión de la memoria de cálculo utilizando como referencia el contenido y el proceso de análisis y diseño recomendado por AASHTO LRFD 2012 [1] y el ejemplo de diseño FHWA [2].

DISEÑO DE BASTIONES SEGÚN EL EJEMPLO - LRFD Design Example FHWA NHI-04-042 for Steel Girder Superstructure Bridge	REVISIÓN DE MEMORIA DE CÁLCULO Y PLANOS
8. Análisis del bastión. Revisión de los requisitos de estabilidad y seguridad	<p>Se observó el cálculo de la capacidad lateral del marco del bastión en la dirección transversal considerando cierto acero de refuerzo (no se conoce como fue determinado) y utilizando la metodología y sistema sismoresistente recomendada en la especificación Guía AASHTO LRFD 2011.</p> <p><u>NOTA: A pesar de lo anterior, no se indica como se calcula y cual fue la fuerza de diseño del marco.</u></p> <p><u>NOTA: En el sentido longitudinal del marco (o eje débil) no es claro que consideraciones se hicieron para estimar su capacidad lateral. No se demuestra que la capacidad derivada excede la fuerza de diseño. Se desconoce si se consideró el aporte del suelo circundante en la capacidad lateral de bastión a lo largo de su eje débil o si solo se asumió el empotramiento de los pilotes.</u></p> <p><u>NOTA: No hay evidencia de un análisis del bastión considerando diferentes combinaciones de carga asociadas a diferentes estados limites tanto en su dirección transversal(eje fuerte) y como en su dirección longitudinal (eje débil). No se indica cual es la fuerza de diseño.</u></p>
9. Diseño de la pared de la viga cabezal	<p><u>NOTA: No hay información sobre el diseño de la pared de la viga cabezal. No hay información que indique que este elemento se encarga de resistir fuerzas de sismo inducidas por la superestructura a lo largo del eje débil del bastión.</u></p>
10. Diseño de la viga cabezal	<p><u>NOTA: No hay información sobre las consideraciones para el diseño de la viga cabezal.</u></p>
11. Diseño de las columnas/pilotes	<p><u>Se muestran los pilotes con acero de refuerzo sin indicar como este fue derivado. No es claro cuál es la fuerza de diseño de los bastiones.</u></p> <p><u>NOTA: No hay información del diseño de estos elementos.</u></p>
12. Llaves de cortante	<p>Se muestra el diseño de las llaves de cortante.</p>
13. longitud de asiento	<p>Se muestra el cálculo de la longitud de asiento.</p>

Tabla No3. (Continuación) Revisión de la memoria de cálculo utilizando como referencia el contenido y el proceso de análisis y diseño recomendado por AASHTO LRFD 2012 [1] y el ejemplo de diseño FHWA [2].

DISEÑO DE ALETONES SEGÚN EL EJEMPLO - LRFD Design Example FHWA NHI-04-042 for Steel Girder Superstructure Bridge	REVISION DE MEMORIA DE CALCULO Y PLANOS
1. Seleccionar el tipo optimo de aletón	El diseñador eligió un aletón en voladizo conectado al bastión en voladizo. Las dimensiones del aletón son 2,0m de largo, 0,50 m de espesor y entre 2,80-3,20 de altura. En la memoria de cálculo pagina 044 se muestra el diseño de los aletones para la combinación de carga por sismo. Se indica que ellos aportan a la resistencia del sismo transversal. Se considera la resistencia que ofrece la presión pasiva del suelo.
2. Seleccionar las dimensiones preliminares de los aletones	
3. Calcular los efectos de la carga permanente	
4. Calcular los efectos de la carga viva	
5. Calcular los efectos de otras cargas	
6. Analizar y combinar los efectos de las fuerzas	
7. Diseñar el cuerpo del aletón	

DISEÑO DE LOSA DE APROXIMACION	REVISION DE MEMORIA DE CALCULO Y PLANOS
1. Seleccionar el tipo de losa de aproximación	Se seleccionó una losa de aproximación de concreto de 5,0m de longitud y 0,30 m de espesor La losa se analizó como una losa simplemente apoyada sobre el bastión en un extremo y sobre un durmiente en el otro extremo. La losa fue cargada con carga permanente y a la carga viva vehicular HL-93. Se analizó y diseño para la combinación de carga: resistencia I.
2. Seleccionar la dimensión preliminar de la losa de aproximación	
3. Calcular los efectos de la carga permanente	
4. Calcular los efectos de la carga viva	
5. Calcular los efectos de otras cargas	
6. Analizar y combinar los efectos de las fuerzas	
7. Diseñar el cuerpo del aletón	

6.4. Revisión de la memoria de cálculo del puente de servicios

La memoria de cálculo del puente de servicio presenta muchos de los problemas ya expuestos. Por lo tanto, también es necesario completar el contenido y el procedimiento de análisis y diseño utilizado por el profesional responsable del diseño estructural.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este informe se presenta información sobre la revisión realizada al diseño final utilizando como referencia los documentos enumerados en la sección 3 de este informe. La revisión de la memoria de cálculo se limita a analizar el contenido y procedimiento utilizado por el profesional responsable para el análisis y diseño de los puentes pero no se verifican los cálculos realizados.

A partir de la revisión realizada a los diferentes documentos se llega a las siguientes conclusiones:

A. ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CARTEL DE LICITACION

- A.1. El cartel no especifica información mínima que debe incluir la memoria de calculo que debe suministrar el contratista.
- A.2. El cartel no especifica el contenido mínimo que debe contar el programa de control de calidad y el plan de muestreo aleatorio que debe suministrar el contratista.
- A.3. El cartel se queda corto en especificar los grados del acero estructural de varios elementos de acero indicados en los planos constructivos como son: secciones huecas de acero, pernos, tuerca, arandelas, barras roscadas y placas.
- A.4. El cartel no especifica la entrega de un programa para inspección de soldadura.
- A.5. El cartel no indica la vida útil que debe tener el sistema de protección de elementos de acero.
- A.6. El cartel no especifica la entrega de un programa sobre el sistema de protección de elementos de acero.
- A.7. El cartel no especifica la entrega de un programa para inspeccionar la preparación de superficies y la aplicación de pintura sobre los elementos de acero.
- A.8. El cartel no especifica o hace referencia a la clase de acabado requerido para las superficies de concreto, específicamente la superficie de rodamiento.

B. MEMORIA DE CALCULO

- B.1. La memoria de cálculo suministrada por el contratista no contiene información suficiente para que un ingeniero revisor de la memoria de cálculo, pueda darle un seguimiento completo a las consideraciones de análisis y diseño estructural elegidas por el diseñador estructural.
- B.2. La memoria no informa sobre el proceso constructivo de los puentes. Las especificaciones técnicas incluida en planos indican el apuntalamiento completo de los puentes vehiculares durante la construcción. Sin embargo, no se indica el momento específico cuando el apuntalamiento puede ser eliminado.
- B.3. Los planos constructivos y la memoria de cálculo no presentan información la secuencia de construcción de los puentes.
- B.4. La memoria de cálculo no hace referencia al valor de los factores de modificación de carga utilizados en el análisis de los diferentes elementos.
- B.5. La memoria de cálculo de los puentes vehiculares no incluye información sobre los parámetros utilizados para estimar las fuerza de diseño por viento.
- B.6. La memoria de cálculo no indica si, para el análisis de la superestructura, se consideró el efecto del viento durante su construcción y en su condición final.
- B.7. La memoria de cálculo no detalla los parámetros considerados para construir el espectro de diseño utilizado para el análisis sísmico.
- B.8. La memoria de cálculo no indica cuales fueron las combinaciones de carga y factores de carga utilizados durante el análisis para los estados limites de resistencia, servicio, fatiga y evento extremo. Se desconoce si la combinación de carga asociada con el estado limite de evento extremo considera parte de la carga viva vehicular junto con el efecto del sismo.
- B.9. La memoria de cálculo no indica cual es o cuáles fueron las combinaciones de carga que rigieron el diseño de los diferentes elementos estructurales del puente.

- B.10. La memoria de cálculo no comenta sobre la estabilidad del puente, específicamente el posible levantamiento de apoyos para las diferentes combinaciones de cargas analizadas por cada estado limite.
- B.11. La memoria de cálculo no brinda una explicación general del proceso de diseño mediante el programa de análisis y diseño estructural CSI bridge. Solamente se presentan las relaciones capacidad/demanda para flexión y cortante de las vigas principales. Tampoco hay información completa sobre las consideraciones para el diseño de los elementos que conforman los marcos arriostrados.
- B.12. El modelo estructural incluido en la memoria de cálculo indica una rigidez en direcciones ortogonales para los apoyos de almohadillas de neopreno reforzadas. Se desconoce que contempla el cálculo de esta rigidez y como fue calculado.
- B.13. No hay información sobre el diseño del anclaje de los apoyos.
- B.14. No hay información sobre las consideraciones para el diseño de la pared del cabezal. Se desconoce si la pared del cabezal fue diseñada para proveer resistencia al desplazamiento de la superestructura durante un sismo.
- B.15. No se tiene claro cuáles fueron los criterios utilizados para el análisis de los bastiones en la dirección transversal y longitudinal. Por ejemplo: Cuales factores de carga fueron utilizados y cuales combinaciones de carga fueron analizadas para cada dirección? Cuáles fueron las fuerzas internas utilizadas para el diseño de la viga cabezal y de los pilotes? Si se consideró el empuje de suelo activo y pasivo en el análisis? Si se consideró la resistencia de los aletones en el análisis y diseño de los bastiones?
- B.16. No se menciona como seria el funcionamiento de los apoyos durante un sismo. Qué elementos proveen restricción al movimiento en el caso de sismo? Cuál es la separación que debe existir entre la viga diafragma y las llaves de cortante que permita el movimiento para la condición de servicio? (los planos constructivos no muestran este detalle y tampoco se menciona en la memoria de cálculo).

- B.17. La memoria de cálculo incluye ciertos resultados del análisis estructural. Específicamente, incluye el desplazamiento de las diferentes nudos, sin embargo en ninguna parte del documento se hace mención para que fue utilizada esta información.

C. PLANOS ESTRUCTURALES

- C.1. Los planos estructurales no muestran el detalle del paso peatonal en voladizo.
- C.2. Los planos estructurales no indican la carga de diseño del puente para servicios.
- C.3. Los planos estructurales de los puentes vehiculares no incluyen información suficiente que permita construir la viga diafragma de concreto ubicada en los extremos de los puentes.
- C.4. Los planos constructivos no indican la separación que debe existir entre la viga diafragma de concreto y las llaves de cortante.

Las conclusiones anteriores ponen en evidencia la necesidad de realizar mejoras a las especificaciones técnicas incluidas en el cartel de licitación. Adicionalmente, se observó la necesidad de complementar el contenido de la memoria de cálculo y de mejorar la descripción del procedimiento de análisis y diseño. El documento titulado: "Guidelines for the structural engineer of record for the design of buildings and submittal of structural plans & calculations" [3] provee información valiosa sobre el contenido mínimo que debe contener una memoria de cálculo y los planos estructurales de un proyecto de edificación, Esta información continua siendo válida para estructuras de puentes.

8. BIBLIOGRAFIA

- [1] American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2012. "AASHTO LRFD Bridge Design Specifications", 6th Edition, Washington DC.
- [2] Federal Highway Administration (FHWA), 2012. "Design Example 3: Three-Span Continuous Horizontally Curved Composite Steel I-Girder Bridge"; Steel Bridge Design Handbook; Publication No, FHWA-IF-12-052 - Vol. 23; November.
- [3] The Structural Engineers Association of Utah, 2006. "Guidelines for the structural engineer of record for the design of buildings and submittal of structural plans & calculations", <http://old.seau.org/resources/Library/Guidelines-pdf.pdf> The Professional Practices & Ethics Committee, February.