



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-1254-2023

REVISIÓN DOCUMENTAL DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE ALCANTARILLAS DE CUADRO A CONSTRUIR EN LA RUTA NACIONAL N.º 35 Y N.º 700



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 cap. 7, art. 68 del reglamento al art. 6 de la precitada ley, publicado mediante el Decreto DE-37016-MOPT

San José, Costa Rica
06 de setiembre de 2023



Página intencionalmente dejada en blanco



1. Informe: EIC-Lanamme-INF-1254-2023		2. Versión N.º: 1
3. Título: REVISIÓN DOCUMENTAL DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE ALCANTARILLAS DE CUADRO A CONSTRUIR EN LA RUTA NACIONAL N.º 35 Y N.º 700		4. Fecha del Informe: 06 de setiembre de 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. Palabras clave 2023, alcantarilla de cuadro, memoria de cálculo, planos constructivos, diseño estructural, Ruta Nacional n.º 35, Ruta Nacional n.º 700, auditorías técnicas, informe de revisión documental.		
7. Resumen Dentro del presente informe de revisión documental se revisa la memoria de cálculo y los planos constructivos de las estructuras de alcantarillas de cuadro a construir en la Ruta Nacional n.º 35 (Alto Sucre – La Abundancia) y la Ruta Nacional n.º 700 (Alto Sucre – Ron Ron). La revisión de estos procedimientos se centró en verificar el cumplimiento de los requerimientos establecidos en el cartel de licitación y en la normativa vigente. El Programa de Ingeniería Estructural (PIE), a través de la Unidad de Puentes, 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. El proyecto Diseño y Construcción con la ejecución completa y detallada de las obras correspondientes a: Ruta Nacional 700 Alto Sucre – Ron Ron y Ruta Nacional 35 Alto Sucre – Abundancia, incluye la construcción de alcantarillas de cuadro de una celda de concreto reforzado, para la cual el contratista propone dos tipos de diseño, uno para una celda con abertura de 2 m de ancho por 2 m de altura bajo un relleno superior de 1,5 m, así como un diseño de una celda con abertura de 4 m de ancho por 2 m de altura sin relleno superior. Adicionalmente, a cada alcantarilla de cuadro se le adosaran aletones y una losa delantal, tanto aguas arriba como aguas abajo del cuerpo de agua que atraviesa la estructura.		
10. Elaborado por: Ing. Alexander Oviedo Campos Unidad de Puentes Programa de Ingeniería Estructural	11. Revisado y aprobado por: Ing. Julian Trejos Villalobos Coordinador Unidad de Puentes y Coordinador a.i. del Programa de Ingeniería Estructural	12. Revisado por: Asesoría Legal LanammeUCR



Página intencionalmente dejada en blanco



TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	9
2. OBJETIVOS.....	11
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	11
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	12
4. ALCANCE DE LA REVISIÓN.....	15
5. NORMATIVA APLICABLE AL DISEÑO ESTRUCTURAL DE ALCANATRILLAS DE CUADRO ...	16
6. REVISIÓN DOCUMENTAL DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE LAS ALCANTARILLAS DE CUADRO A CONSTRUIR EN RUTA NACIONAL N.º 35 Y N.º 700.....	17
6.1. ELEMENTOS ESCOGIDOS PARA LA REVISIÓN DOCUMENTAL.....	17
6.2. CRITERIOS CONSIDERADOS PARA LA REVISIÓN DE LA MEMORIA DE CÁLCULO Y LOS PLANOS CONSTRUCTIVOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL	17
6.3. RESULTADOS DE LA REVISIÓN DE LA MEMORIA DE CÁLCULO Y LOS PLANOS CONSTRUCTIVOS DEL DISEÑO ESTRUCTURAL.....	19
6.3.1. <i>Revisión del proceso de diseño contenido en la memoria de cálculo contra los requerimientos del cartel de licitación.....</i>	<i>19</i>
6.3.2. <i>Revisión del procedimiento de diseño estructural de la alcantarilla de cuadro, según AASHTO LRFD</i>	<i>22</i>
6.3.3. <i>Revisión de la confección de los planos constructivos estructurales contra los requerimientos del cartel de licitación.....</i>	<i>24</i>
6.3.4. <i>Resumen de los resultados de la revisión</i>	<i>25</i>
7. CONCLUSIONES	27
8. RECOMENDACIONES.....	29
9. REFERENCIAS.....	32
APÉNDICE A. LISTA DE VERIFICACIÓN PARA LA REVISIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE DISEÑO ESTRUCTURAL DE LAS ALCANTARILLAS DE CUADRO A CONSTRUIR EN LA RUTA NACIONAL N.º 35 Y EN LA RUTA NACIONAL N.º 700 CONTRA LOS REQUERIMIENTOS DEL CARTEL DE LICITACIÓN.....	34



APÉNDICE B. LISTA DE VERIFICACIÓN PARA LA REVISIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE DISEÑO ESTRUCTURAL PARA LAS ALCANTARILLAS DE CUADRO A CONSTRUIR EN LA RUTA NACIONAL N.º 35 Y EN LA RUTA NACIONAL N.º 700..... 40

APÉNDICE C. LISTA DE VERIFICACIÓN PARA LA REVISIÓN DE LOS PLANOS CONSTRUCTIVOS ESTRUCTURALES DE LAS ALCANTARILLAS DE CUADRO A CONSTRUIR EN LA RUTA NACIONAL N.º 35 Y EN LA RUTA NACIONAL N.º 700 CONTRA LOS REQUERIMIENTOS DEL CARTEL DE LICITACIÓN..... 46



RESUMEN EJECUTIVO

A partir de la revisión documental del diseño estructural de las alcantarillas de cuadro a construir en la Ruta Nacional n.º 35 y en la Ruta Nacional n.º 700, se encontró lo siguiente:

- El procedimiento mostrado en la memoria de cálculo y los planos constructivos del diseño estructural cumple en un **60,6 %** con los requerimientos del cartel de licitación y los requerimientos de la normativa aplicable vigente al momento de realizarse el proyecto.
- Se observaron hallazgos de atención inmediata, que pueden llegar a derivar en un posible impacto a nivel de incremento de costos y duración del proceso constructivo producto de cambios que se deban realizar en el diseño estructural presentado por el contratista, los cuales se enlistan a continuación:
 - No se incluyó la memoria de cálculo del diseño estructural de las obras complementarias de las alcantarillas de cuadro, como lo son los aletones y la losa delantal. Adicionalmente, no se incluye el diseño de las barreras vehiculares, así como su correspondiente anclaje.
 - Se detectó la omisión total o parcial de los siguientes aspectos en la memoria de cálculo:
 - a) En el uso de programas de computadoras no se adjuntó el nombre del programa utilizado, los datos de entrada, las secciones transversales de los elementos modelados, las cargas aplicadas, las condiciones de apoyo de la estructura y los datos de salida de las combinaciones de carga del análisis estructural.
 - b) La determinación del factor modificador de carga por ductilidad e importancia operacional.
 - c) Justificación de la no aplicación de cargas sísmicas ante la presencia de fallas cercanas.
 - d) El procedimiento de cálculo para la determinación del acero de refuerzo de distribución requerido en la cara inferior de la losa superior de las alcantarillas, la cantidad de refuerzo requerido por la presencia de chaflanes (cartelas), y las longitudes de desarrollo, ganchos estándar y los empalmes por traslazo del acero de refuerzo.



Al respecto, se hace las siguientes recomendaciones dirigidas a la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR:

- Reportar a la Administración las observaciones brindadas en este informe con respecto a la omisión de la información que debería contener la memoria de cálculo, para que solicite a la empresa diseñadora la información faltante y aclaraciones necesarias que permitan verificar el cumplimiento de los requerimientos de la normativa aplicable.
- Se detectó que el contrato de licitación incorporó un requerimiento en relación a la inclusión de un plan de aseguramiento de la calidad en la etapa de diseño. Por lo tanto, se recomienda solicitar el documento de “*Descripción de la metodología de diseño*” que debió entregar el contratista como parte de los documentos de la oferta técnica. Esto con el fin de que se pueda analizar el contenido del plan de aseguramiento de la calidad, y preparar posibles oportunidades de mejora que puedan ser incorporadas en futuros carteles de licitación. Adicionalmente, se debe indicar a la Administración que se debe velar y dar seguimiento a que este requisito continúe siendo incorporado en todos los nuevos carteles de licitación que surjan en los próximos años.
- Recomendar a la Administración que se solicite en los carteles de licitación no solo un plan de aseguramiento de la calidad, sino que también abarque el proceso de control de calidad. Para la elaboración de los lineamientos, tanto del plan de control de calidad, así como del de aseguramiento de la calidad, se recomienda consultar el documento titulado “*Guidance on Quality Control and Quality Assurance (QC/QA) in Bridge Design*” (FHWA, 2011).



1. INTRODUCCIÓN

El proyecto denominado Diseño y Construcción con la ejecución completa y detallada de las obras correspondientes a: Ruta Nacional 700 Alto Sucre – Ron Ron y Ruta Nacional 35 Alto Sucre, de ahora en adelante denominado como proyecto Diseño de alcantarilla de cuadro, incluye la construcción de alcantarillas de cuadro de una celda de concreto reforzado, para la cual el contratista propone dos tipos de diseño, uno para una alcantarilla de cuadro de una celda con abertura de 2 m de ancho por 2 m de altura bajo un relleno superior de 1,5 m, y otro para una celda con abertura de 4 m de ancho por 2 m de altura sin relleno superior. Adicionalmente, a cada alcantarilla de cuadro se le adosarán aletones y una losa delantal, tanto aguas arriba como aguas abajo del cuerpo de agua que atraviesa la estructura.

Con el fin de cumplir con las labores que la Ley 8114 le otorga al Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR), se procedió a realizar la revisión documental del diseño estructural del proyecto Diseño de alcantarilla de cuadro, elaborada por la empresa Grupo Santa Fe. Esta revisión se centró en verificar el cumplimiento de los requerimientos establecidos en la normativa vigente y en el cartel de licitación del proyecto. Adicionalmente, se verificó si la información incluida en la memoria de cálculo se presenta de forma clara, congruente y ordenada, de manera que pueda ser seguida por parte de un revisor externo especializado.

La revisión efectuada es relevante para garantizar el adecuado uso de la normativa técnica, así como cerciorarse que exista consistencia entre la memoria de cálculo, los planos constructivos y las especificaciones técnicas. Además, permite detectar posibles errores u omisiones en el procedimiento de diseño estructural, con el fin de comunicarlos oportunamente a la Administración. De esta manera, se busca que estos errores u omisiones puedan ser corregidos antes de que los planos constructivos sean terminados y así prevenir un aumento en la duración y el costo del proyecto.

Para realizar la revisión de la memoria de cálculo y los planos constructivos del diseño estructural del proyecto Diseño de alcantarilla de cuadro, se utilizaron como herramienta tres listas de verificación. La primera lista se utilizó para revisar el cumplimiento de los requerimientos especificados en el cartel de licitación para el documento de la memoria de cálculo presentado



por el contratista. La segunda lista se utilizó para revisar el procedimiento de diseño estructural de alcantarillas de cuadro, según los requerimientos establecidos en la especificación de diseño AASHTO LRFD (AASHTO, 2020), que forma parte de la normativa a cumplir según el cartel. La tercera lista se utilizó para revisar el cumplimiento de los requerimientos especificados en el cartel de licitación para los planos constructivos estructurales presentado por el contratista. Por último, a partir de la evaluación realizada, se presentan conclusiones y recomendaciones técnicas dirigidas a la Administración.

Este informe de revisión documental es un producto de la asesoría técnica que brinda la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural (PIE) a la Unidad de Auditoría Técnica (UAT) del LanammeUCR, como parte de las competencias de fiscalización de la Red Vial Nacional descritas en la Ley 8114, el cual se realiza ante la solicitud de criterio técnico de parte de la UAT, según consta en la solicitud enviada mediante memorando EIC-Lanamme-416-2023 remitido por la Ing. Wendy Sequeira Rojas con fecha de 8 de agosto de 2023.



2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Revisar la memoria de cálculo y los planos constructivos del diseño estructural de alcantarillas de cuadro a construir en la Ruta Nacional n.º 35 y en la Ruta Nacional n.º 700, mediante el uso de listas de verificación elaboradas a partir de las disposiciones contractuales del proyecto, que permita alertar a la Administración de posibles incumplimientos, errores u omisiones en los productos entregados por el consultor estructural.

2.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos son los siguientes:

- a. Verificar que, en la memoria de cálculo de diseño estructural, se cumplan los requerimientos del cartel de licitación del proyecto.
- b. Revisar que, en la memoria de cálculo de diseño estructural, la normativa vigente se haya aplicado de manera completa.
- c. Verificar que, los planos constructivos estructurales, se cumplan los requerimientos del cartel de licitación del proyecto.
- d. Presentar conclusiones y recomendaciones con base en las observaciones realizadas.



3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En el proyecto de Diseño de alcantarillas de cuadro se proponen dos tipos diferentes a construir los cuales se describen en la Tabla 1, donde se presenta un resumen de las características de cada propuesta de diseño. Adicionalmente, en las figuras 1 a 4 se puede observar de manera gráfica dichas características.

Cuadro 1. Características generales de las alcantarillas de cuadro a construir en la Ruta Nacional n.º 35 y en la Ruta Nacional n.º 700.

Características de la alcantarilla de cuadro	Propuesta No.1	Propuesta No.2
Ancho libre de abertura de celda (m)	2,0	4,0
Altura libre de abertura de celda (m)	2,0	2,0
Relleno superior (m)	1,5	0,0
Espesor de losa superior (mm)	250	250
Espesor de losa inferior (mm)	250	250
Espesor de pared (mm)	200	250
Ancho de chaflán (mm)	250	250
Altura de chaflán (mm)	250	250

Adicionalmente, se destaca que tanto aguas arriba como aguas abajo de cada alcantarilla de cuadro, se construirán aletones y una losa tipo delantal. En los documentos aportados por el contratista, fueron facilitados a la UP, por parte de la UAT del LanammeUCR, no vienen especificadas las dimensiones de estos elementos.

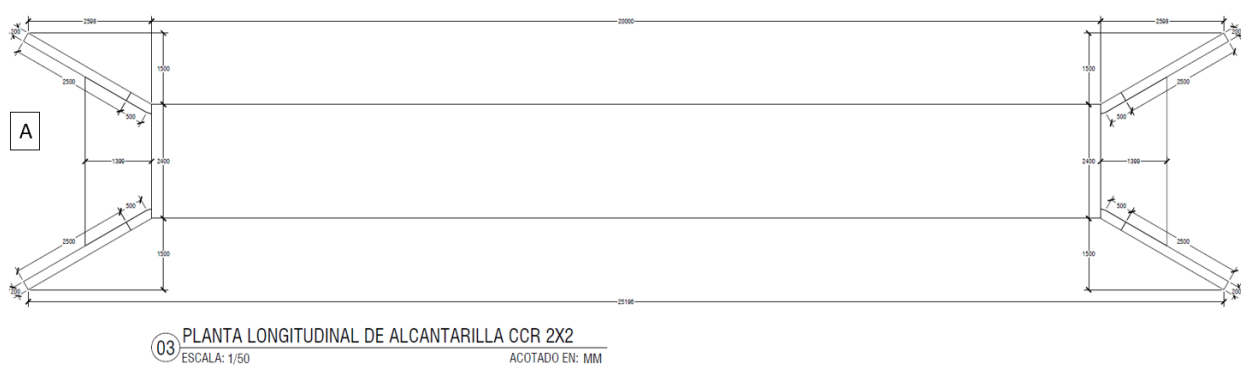


Figura 1. Vista en planta de la alcantarilla de cuadro de una celda con dimensión de ancho de 2 m y altura de 2 m, a construir para el proyecto Diseño de alcantarilla de cuadro

Modificado de: MOPT, 2023

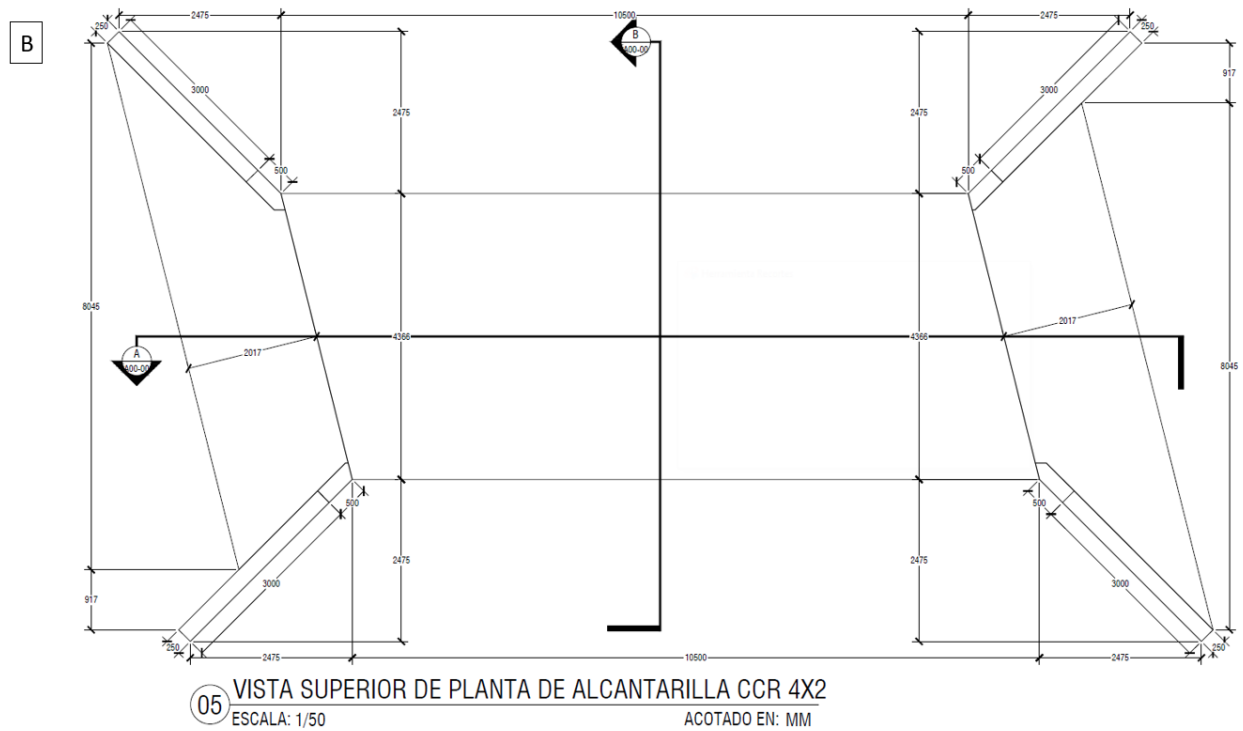


Figura 2. Vista en planta de la alcantarilla de cuadro de una celda con dimensión de ancho de 4 m y altura de 2 m, a construir para el proyecto Diseño de alcantarilla de cuadro
Modificado de: MOPT, 2023

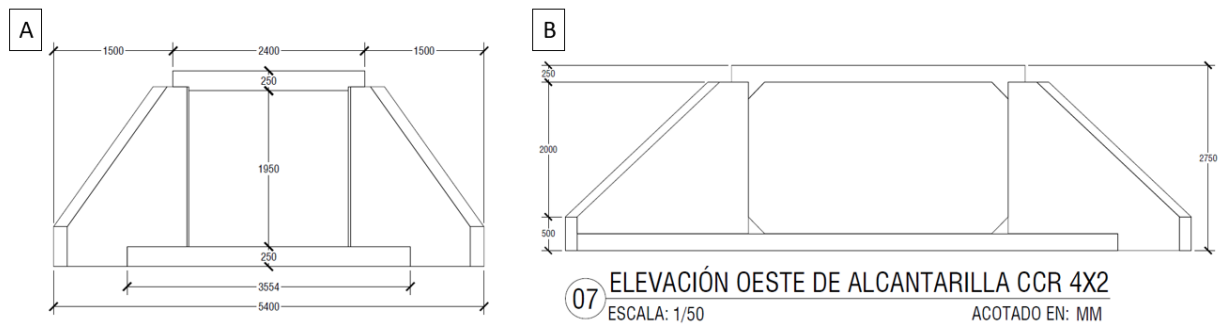


Figura 3. Vista en elevación de la alcantarilla de cuadro (a) celda con dimensión de ancho de 2 m y altura de 2 m, y (b) celda con dimensión de ancho de 4 m y altura de 2 m, a construir para el proyecto Diseño de alcantarilla de cuadro
Modificado de: MOPT, 2023.

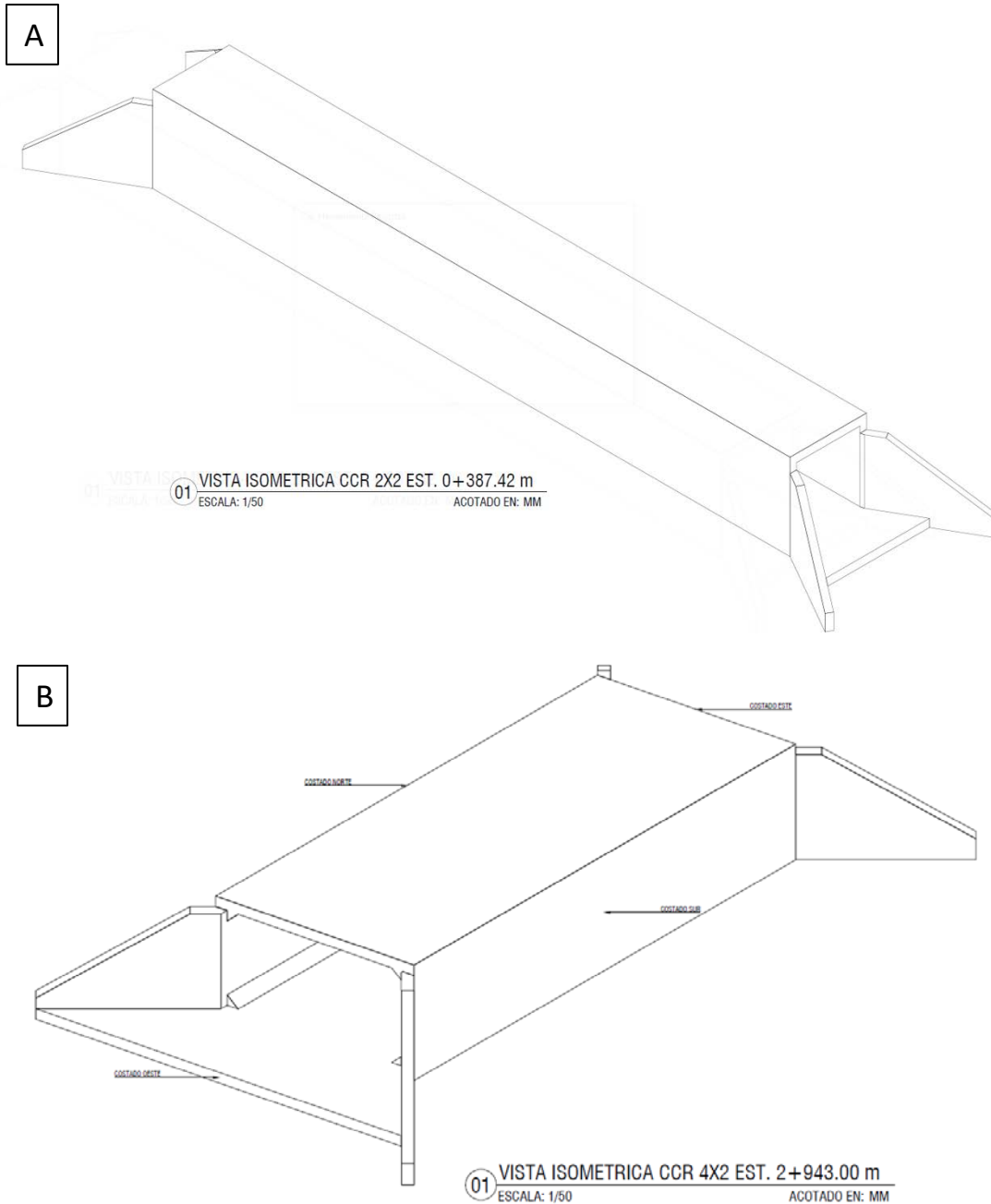


Figura 4. Vista isométrica de la alcantarilla de cuadro (a) celda con dimensión de ancho de 2 m y altura de 2 m, y (b) celda con dimensión de ancho de 4 m y altura de 2 m, a construir para el proyecto Diseño de alcantarilla de cuadro Modificado de: MOPT, 2023.



4. ALCANCE DE LA REVISIÓN

Este informe presenta los resultados de la revisión de la memoria de cálculo y los planos constructivos del diseño estructural de las alcantarillas de cuadro a construir en la Ruta Nacional n.º 35 y Ruta Nacional n.º 700. La memoria de cálculo y los planos constructivos considerados forman parte de lo entregables de la etapa de diseño definida en el proceso de licitación PIT.-167-LPI-O-2021 establecido por el Programa de Infraestructura de Transporte (PIT) ejecutado por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes, que actuó a través de la Unidad Ejecutora del Programa-UEP con financiamiento del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

A partir de los documentos, del diseño estructural de las alcantarillas de cuadro a construir en la Ruta Nacional n.º 35 y Ruta Nacional n.º 700, aportados por el contratista, y suministrados mediante la UAT del LanammeUCR, se revisaron específicamente los siguientes aspectos:

- El cumplimiento de los requerimientos del cartel de licitación del proyecto, tanto para la memoria de cálculo como para los planos constructivos del diseño estructural.
- El cumplimiento de los requerimientos de diseño estructural para alcantarillas de cuadro establecidos en el documento *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications* (AASHTO, 2020).
- Claridad para dar seguimiento al procedimiento mostrado en la memoria de cálculo para la determinación de los diseños realizados.
- Coincidencia entre los planos constructivos y los resultados obtenidos en las memorias de cálculo.
- Justificación de las suposiciones realizadas por la empresa consultora.
- Indicación del nombre y número de carné de los profesionales responsables del diseño estructural.

Quedaron fuera de la revisión los siguientes aspectos:

- No se realiza una revisión de la exactitud de los cálculos realizados en la memoria de cálculo.



5. NORMATIVA APLICABLE AL DISEÑO ESTRUCTURAL DE ALCANATRILLAS DE CUADRO

Para realizar la revisión del procedimiento mostrado en la memoria de cálculo del diseño estructural de las alcantarillas de cuadro a construir en la Ruta Nacional n.º 35 y Ruta Nacional n.º 700, se consideró la normativa que el cartel de licitación del proyecto indica que se debe utilizar para el diseño de la alcantarilla de cuadro, la cual se detalla a continuación:

- AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 9th Edition (AASHTO, 2020): Se abreviará como “AASHTO LRFD” para efectos de este informe. Contiene las especificaciones para el diseño de estructuras enterradas, que para este caso en específico se ahondará en los lineamientos provistos para alcantarillas de cuadro, por el método LRFD. En la Sección 3 se establecen todas las cargas de diseño, factores y combinaciones de carga; en la Sección 4 se establecen todos los requerimientos de análisis y modelado de las estructuras; en la Sección 5 se establecen todos los requerimientos para estructuras de concreto, y en la sección 12 se incluye todo lo relacionado a requisitos específicos para estructuras enterradas.

No se consideró dentro de la revisión realizada las disposiciones dadas en el documento de *Lineamientos para el diseño sismorresistente de puentes (CFIA, 2013)*. Esto se realiza de esta manera debido a que el alcance de dicha publicación abarca el rango de estructuras tipo puente únicamente y no las estructuras enterradas, como lo es en este caso la alcantarilla de cuadro.



6. REVISIÓN DOCUMENTAL DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE LAS ALCANTARILLAS DE CUADRO A CONSTRUIR EN RUTA NACIONAL N.º 35 Y N.º 700

6.1. Elementos escogidos para la revisión documental

Para realizar la revisión documental del diseño estructural de las alcantarillas de cuadro a construir en la Ruta Nacional n.º 35 y en la Ruta Nacional n.º 700, se consideraron todos los elementos que esta contiene. Adicionalmente, se destaca que la revisión abarca las dos propuestas de diseño de alcantarillas de cuadro contenidos en la memoria de cálculo aportada por el contratista, esto dado que el procedimiento de diseño es muy similar. Por lo tanto, las observaciones contenidas en este capítulo de revisión documental aplican de manera global para las dos propuestas de diseño.

6.2. Criterios considerados para la revisión de la memoria de cálculo y los planos constructivos de diseño estructural

Se utilizaron dos listas de verificación para revisar el procedimiento de diseño estructural que se muestra en la memoria de cálculo correspondiente, así como una lista de verificación adicional para revisar los planos constructivos de diseño estructural. Estas listas de verificación se describen a continuación:

1. La primera lista de verificación se utilizó para revisar el cumplimiento de la memoria de cálculo contra los requerimientos especificados en el cartel de licitación. Esta lista de verificación, ya aplicada, se muestra en el Apéndice A de este informe.
2. La segunda lista de verificación se utilizó para revisar el procedimiento de diseño estructural según los requerimientos establecidos en la especificación AASHTO LRFD (AASHTO, 2020). Esta lista de verificación, ya aplicada, se muestra en el Apéndice B de este informe.
3. La tercera lista de verificación se utilizó para revisar el cumplimiento de los planos de diseño estructural contra los requerimientos especificados en el cartel de licitación. Esta lista de verificación, ya aplicada, se muestra en el Apéndice C de este informe.



La revisión consistió en determinar el grado de cumplimiento del procedimiento de diseño para cada uno de los criterios establecidos en las listas de verificación. El grado de cumplimiento de cada criterio se calificó seleccionando uno de tres posibles niveles de cumplimiento: (a) el criterio **Sí** se cumple en su totalidad, (b) el criterio se cumple **Parcialmente** o (c) el criterio **No** se cumple del todo. En caso de ser necesario, se hicieron observaciones específicas de la evaluación de cada criterio.

Adicionalmente, se le asignó una puntuación a cada uno de los tres posibles niveles de cumplimiento de cada criterio de la lista de verificación, de la siguiente manera:

- **Sí** se cumple en su totalidad; se asignó 1 punto.
- Se cumple **Parcialmente**, se asignaron 0,5 puntos.
- **No** se cumple del todo, se asignaron 0 puntos.

Con base en esta escala de puntaje se obtuvo un puntaje total para cada una de las listas de verificación. Con el propósito de obtener el porcentaje de cumplimiento para cada lista de verificación, el puntaje total obtenido se dividió entre el puntaje máximo por el que se puede optar, el cual coincide con la cantidad total de criterios evaluados en cada una de las listas. De la misma manera, se obtuvo el porcentaje de cumplimiento global de la revisión documental considerando los puntajes de todos los criterios evaluados con las tres listas de verificación.

Las observaciones más importantes, en relación a aquellas que pueden llegar a derivar en un posible impacto a nivel de incremento de costos y duración del proceso constructivo producto de cambios que se deban realizar en el diseño estructural presentado por el contratista, y el porcentaje de cumplimiento obtenido a partir de la revisión con las listas de verificación se presentan en las siguientes secciones. Adicionalmente, en los apéndices de este informe se pueden consultar las listas completas con la puntuación asignada a cada criterio.



6.3. Resultados de la revisión de la memoria de cálculo y los planos constructivos del diseño estructural

En esta sección se presenta un resumen de las observaciones más importantes que fueron identificadas a partir de la revisión documental del diseño estructural de las alcantarillas de cuadro a construir en la Ruta Nacional n.º 35 y en la Ruta Nacional n.º 700. Esta revisión consistió de tres partes: (1) revisión del proceso de diseño contenido en la memoria de cálculo contra los requerimientos del cartel de licitación (resultados presentados en la Sección 6.3.1 y Apéndice A del informe), (2) revisión del diseño estructural contenido en la memoria de cálculo contra la normativa de AASHTO LRFD (resultados presentados en la Sección 6.3.2 y Apéndice B del informe), y (3) revisión de los planos constructivos estructurales contra los requerimientos del cartel de licitación (resultados presentados en la Sección 6.3.3 y Apéndice C del informe)

6.3.1. Revisión del proceso de diseño contenido en la memoria de cálculo contra los requerimientos del cartel de licitación

El Cuadro 2 presenta la revisión del proceso de diseño de la alcantarilla de cuadro a construir contra los requerimientos del cartel de licitación con la lista de verificación del Apéndice A, así como el porcentaje de cumplimiento para cada rubro. Se puede observar que el porcentaje de cumplimiento general obtenido fue de **50,0%**. El puntaje asignado a los criterios correspondientes para cada paso del procedimiento se puede consultar en el Cuadro A.1 del Apéndice A de este informe.

Cuadro 2. Revisión del proceso de diseño contenido en la memoria de cálculo contra los requerimientos del cartel de licitación

Requerimiento especificado en el cartel/contrato	Puntaje obtenido	Puntaje máximo posible	Porcentaje de cumplimiento
A. Requerimientos generales del diseño.	1,5	5	30,0%
B. Requerimientos generales de la memoria de cálculo.	7,5	13	57,7%
C. Requerimientos con respecto a programas de computadora.	1	7	14,3%
D. Requerimientos con respecto a hojas de cálculo electrónicas.	7,5	10	75,0%
Total:	17,5	35	50,0%



A partir de esta revisión, se hacen las siguientes observaciones específicas para las siguientes categorías de importancia según el impacto que tienen en el proyecto:

A. Observaciones con respecto a incumplimientos del cartel

6.A.1. No se incluyó el análisis técnico-económico que detalla cómo se llegó a definir la solución propuesta para el diseño de las alcantarillas de cuadro, según se solicita en el cartel de licitación, en su capítulo VI, sección 11, apartado I.

B. Observaciones con respecto a la omisión de información

6.B.1. No se incluyó en la memoria de cálculo, dada por el contratista, el procedimiento de diseño de las obras complementarias de las alcantarillas de cuadro como lo son los aletones y la losa delantal, y en los planos constructivos se muestran como parte del diseño final. Adicionalmente, no se incluye el diseño de las barreras vehiculares, así como su correspondiente anclaje.

6.B.2. En la memoria de cálculo no se adjuntó la información relacionada al uso de programas de computadoras como lo es nombre del programa utilizado, los datos de entrada, las secciones transversales de los elementos modelados, las cargas aplicadas, las condiciones de apoyo de la estructura y los datos de salida de la condición más desfavorable de las combinaciones de carga del análisis estructural; según solicita en el cartel de licitación, en su capítulo VI, sección 11, apartado VII.

6.B.3. No se observó en la memoria de cálculo que se realizara una revisión de las vibraciones y las deflexiones, y no se adjuntó la respectiva justificación del porqué no se realizó, según se solicita en el cartel de licitación, en su capítulo VI, sección 11, apartado VII.

6.B.4. La especificación de diseño de AASHTO LRFD, establece en su artículo 3.10, que las alcantarillas de cuadro no requieren de un análisis de carga sísmica a menos de que se ubiquen cerca de una falla. En la memoria de cálculo no se referenció el estudio de amenaza sísmica que solicita el contrato de licitación, en su capítulo VI, sección 11, apartado V. Tampoco se indica si dicho estudio arrojó que efectivamente no se tiene la



- presencia de fallas cercanas a los sitios donde se busca construir las alcantarillas de cuadro.
- 6.B.5. En la memoria de cálculo se presentan casos en los que el diseño no está optimizado para no exceder en más de un 33% la demanda y no se encuentra debidamente justificado, como por ejemplo el cálculo del refuerzo por momento negativo en la losa superior de la alcantarilla de cuadro con abertura de 2 m de ancho x 2 m de alto.
- 6.B.6. En la memoria de cálculo, de manera general para todos los elementos diseñados, no se calcula e indica la relación capacidad / demanda, según solicita el cartel de licitación, en su capítulo VI, sección 11, apartado VII.
- 6.B.7. No se incluyó en la memoria de cálculo la edición o el año de la versión de la normativa de AASHTO LRFD que se utilizó para realizar los cálculos.
- 6.B.8. No en todos los cálculos de la memoria de cálculo se indica el artículo correspondiente de la norma utilizada, como por ejemplo la revisión del espaciamiento mínimo del refuerzo de los elementos, según se solicita en el cartel de licitación, en su capítulo VI, sección 11, apartado VII.
- 6.B.9. En la memoria de cálculo se utilizan abreviaturas y simbología que no vienen explicadas dentro de las hojas de cálculo, contrario a lo que solicita el cartel de licitación, en su capítulo VI, sección 11, apartado VII.



6.3.2. Revisión del procedimiento de diseño estructural de la alcantarilla de cuadro, según AASHTO LRFD

El Cuadro 3 presenta el resultado de la revisión del procedimiento de diseño estructural de la alcantarilla de cuadro con la lista de verificación del Apéndice B, elaborada a partir de los lineamientos que se establecen en la normativa de diseño de AASHTO LRFD, así como el porcentaje de cumplimiento para cada uno de estos componentes. Se puede observar que el porcentaje de cumplimiento general obtenido fue de **71,7%**. El puntaje asignado a los criterios correspondientes para cada paso del procedimiento se puede consultar en el Cuadro B.1 del Apéndice B de este informe.

Cuadro 3. Porcentaje de cumplimiento del procedimiento de diseño estructural de la alcantarilla de cuadro según AASHTO LRFD (AASHTO, 2020).

Pasos generales del procedimiento de diseño estructural	Puntaje obtenido	Puntaje máximo posible	Porcentaje de cumplimiento
A. Selección de modificadores de carga	1	3	33,3%
B. Selección de combinaciones y factores de carga	4	4	100,0%
C. Cálculo de los efectos por carga viva	5	5	100,0%
D. Cálculo de los efectos por otras fuerzas	3,5	4	87,5%
E. Cálculo de los efectos por colisión en barreras vehiculares	0	2	0,0%
F. Revisión del estado límite de servicio	1	1	100,0%
G. Revisión del estado límite de resistencia	5	6	83,3%
H. Revisión del detallado del acero de refuerzo	2	5	40,0%
Total:	21,5	30	71,7%

A partir de esta revisión, se hacen las siguientes observaciones específicas para la siguiente categoría de importancia según el impacto que tienen en el proyecto:

C. Observaciones con respecto a omisión de información:

6.C.1. No se incluye en la memoria de cálculo los diseños correspondientes de los aletones, la losa delantal y la barrera vehicular.



- 6.C.2. No se define en la memoria de cálculo el factor modificador de carga por ductilidad y el de importancia operacional, según se define en AASHTO LRFD artículos 1.3.3 y 1.3.5 respectivamente. Tampoco se observó una justificación de la ausencia de su uso.
- 6.C.3. La especificación de diseño de AASHTO LRFD, establece en su artículo 3.10, que las alcantarillas de cuadro no requieren de un análisis de cargas sísmica a menos de que se ubiquen de manera cercana a una falla. El contratista no referenció dentro de la memoria de cálculo estructural si el estudio de amenaza sísmica, que solicita el contrato de licitación, en su capítulo VI, sección 11, apartado VII., arrojó que efectivamente no se tiene la presencia de fallas cercanas a los sitios donde se busca construir las alcantarillas de cuadro.
- 6.C.4. En la memoria de cálculo no se adjuntó el procedimiento para la determinación del acero de refuerzo de distribución requerido en la cara inferior de la losa superior de la alcantarilla, solo se detalla el valor final obtenido, según se define en AASHTO LRFD artículo 12.11.5.3.2 y 9.7.3.2.
- 6.C.5. En la memoria de cálculo no se muestra el procedimiento de cálculo para llegar a la cantidad de refuerzo requerido por la presencia de chaflanes (cartelas) en la alcantarilla de cuadro, según se define en AASHTO LRFD artículo 12.11.5.2.
- 6.C.6. En la memoria de cálculo no se adjuntó el procedimiento para la determinación de las longitudes de desarrollo, ganchos estándar y los empalmes por traslapo de las barras de acero de refuerzo, según se define en AASHTO LRFD artículos 5.10.8.1, 5.10.8.2 y 5.10.8.4 respectivamente. Se destaca que en los planos constructivos sí se adjuntó una tabla con los detalles finales, y los valores indicados si cumplen con los requerimientos mínimos establecidos según la normativa



6.3.3. Revisión de la confección de los planos constructivos estructurales contra los requerimientos del cartel de licitación

El Cuadro 4 presenta el resultado de la revisión documental de los planos constructivos del diseño estructural contra los requerimientos establecidos en el cartel de licitación con la lista de verificación del Apéndice C. Se puede observar que el porcentaje de cumplimiento general obtenido para este procedimiento fue de **66,7 %**. El puntaje asignado a los criterios correspondientes para cada paso del procedimiento se puede consultar en el Cuadro C.1 del Apéndice C de este informe.

Cuadro 4. Porcentaje de cumplimiento de los planos constructivos del diseño estructural contra los requerimientos establecidos en el cartel de licitación.

Requerimiento especificado en el cartel/contrato	Puntaje obtenido	Puntaje máximo posible	Porcentaje de cumplimiento
A. Requerimientos generales de cajetines	4	6	66,7%
Total:	4	6	66,7%

A partir de esta revisión, se hacen las observaciones específicas, para las siguientes categorías de importancia, según el impacto que tienen en el proyecto:

H. Observaciones con respecto a la omisión de información

6.D.1. No se incluyó en los planos constructivos de diseño estructural los logos de la empresa o entidad diseñadora, según se solicita en el cartel de licitación, en su capítulo VI, sección 18, apartado b.

6.D.2. No se incluyó en los planos constructivos de diseño estructural el nombre del diseñador, según se solicita en el cartel de licitación, en su capítulo VI, sección 18, apartado b.



6.3.4. Resumen de los resultados de la revisión

En el Cuadro 5 se presenta un resumen de los porcentajes de cumplimiento obtenidos de la revisión documental del diseño estructural de las alcantarillas de cuadro a construir en la Ruta Nacional n.º 35 y en la Ruta Nacional n.º 700. El porcentaje de cumplimiento global obtenido de la aplicación de las herramientas de valoración utilizadas (anteriormente descritas), en la calificación de los documentos aportados por el contratista fue de **60,6 %**. El detalle de los criterios específicos que fueron evaluados y el puntaje asignado a cada uno se pueden consultar en los Apéndices A, B y C de este informe.

Cuadro 5. Porcentaje de cumplimiento global de la revisión documental del diseño estructural de las alcantarillas de cuadro a construir en la Ruta Nacional n.º 35 y en la Ruta Nacional n.º 700.

Lista de verificación	Normativa considerada	Puntaje obtenido	Puntaje máximo posible	Porcentaje de cumplimiento
1. Requerimientos del cartel de licitación contra la memoria de cálculo	Contrato / licitación	17,5	35	50,0%
2. Procedimiento de análisis y diseño de la alcantarilla de cuadro	- AASHTO LRFD 2020	21.5	30	71.7%
3. Requerimientos del cartel de licitación contra los planos constructivos	Contrato / licitación	4	6	66.7%
Total:		43	71	60.6%

Se observaron hallazgos de atención inmediata, los cuales se enlistan a continuación:

- No se incluyó el procedimiento de diseño de las obras complementarias de las alcantarillas de cuadro como lo son los aletones y la losa delantal, tanto aguas arriba como aguas abajo de las estructuras a construir, y en los planos constructivos se muestran como parte del diseño final presentado. Adicionalmente, no se incluye el diseño de las barreras vehiculares, así como su correspondiente anclaje.
- En la memoria de cálculo no se adjuntó la información relacionada al uso de programas de computadoras como lo es el nombre del programa utilizado, los datos de entrada, las secciones transversales de los elementos modelados, las cargas aplicadas, las condiciones de apoyo de la estructura y los datos de salida de la condición más desfavorable de las



combinaciones de carga del análisis estructural; según solicita el cartel de licitación, en su capítulo VI, sección 11, apartado VII.

Se pudo verificar que en la portada de las memorias de cálculo del proyecto sí se indica el nombre del profesional responsable de la elaboración de la memoria de cálculo, así como el número de carné registrado en el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica (CFIA), mas no se indica quién revisó y aprobó dichos documentos.

Adicionalmente, se destaca que se detectó que el contrato de licitación incorporó un requerimiento en relación a la inclusión de un plan de aseguramiento de la calidad en la etapa de diseño, como parte de los documentos que el contratista debe aportar en su oferta técnica, tal y como se establece en la sección V – Formularios de oferta. Este aspecto es de gran relevancia dado que, de realizarse de la manera correcta y con los controles adecuados, con el tiempo permitirá la reducción de errores u omisiones, como las que se detectaron en la presente revisión documental.

A raíz de la situación mencionada previamente, se considera una buena estrategia, sin embargo, se sugiere a la Auditoría Técnica, recomendar a la Administración que solicite en los carteles de licitación, no solo un plan de aseguramiento de la calidad, sino que también abarque el proceso de control de calidad, en donde este plan debe ser revisado y aprobado antes del inicio de los trabajos. Para la elaboración de los lineamientos, tanto del plan de control de calidad, así como del de aseguramiento de la calidad, se recomienda consultar el documento titulado “*Guidance on Quality Control and Quality Assurance (QC/QA) in Bridge Design*” (FHWA, 2011).



7. CONCLUSIONES

Se revisó la memoria de cálculo y los planos constructivos del diseño estructural de las alcantarillas de cuadro a construir en la Ruta Nacional n.º 35 y Ruta Nacional n.º 700 en lo que respecta al cumplimiento de los requerimientos del cartel de licitación, así como de la aplicación correcta y completa de la normativa aplicable al diseño estructural.

A partir de las revisiones realizadas, se llega a las conclusiones que se presentan en el Cuadro 6, mostrado a continuación. Para cada conclusión se indican las observaciones asociadas de la Sección 6 de este informe.

Cuadro 6. Resumen de conclusiones derivadas de la revisión documental.

Conclusión		Observaciones asociadas
1.	El procedimiento mostrado en la memoria de cálculo y los planos constructivos del diseño estructural de las alcantarillas de cuadro a construir en la Ruta Nacional n.º 35 y Ruta Nacional n.º 700, cumplen en un 60,6 % con los requerimientos del cartel de licitación del proyecto y los requerimientos de la normativa aplicable, vigente al momento de realizarse el proyecto.	General
2.	Se detectaron casos en los que se observó incumplimientos contra los requerimientos del cartel de licitación.	6.A.1
3.	Se detectó la omisión de información en la memoria de cálculo que se solicitó en los requerimientos del cartel de licitación.	6.B.1, 6.B.2, 6.B.3, 6.B.4, 6.B.5, 6.B.6, 6.B.7, 6.B.8, 6.B.9



Cuadro 6. Resumen de conclusiones derivadas de la revisión de la revisión documental (*Cont.*)

Conclusión		Observaciones asociadas
4.	Se detectó la omisión de cierta información en la memoria de cálculo que impide verificar el cumplimiento de los requerimientos correspondientes de la normativa aplicable. Específicamente, se detectó la omisión de la siguiente información:	-
4.1.	Ausencia de procedimiento de diseño de los elementos de la estructura.	6.C.1, 6.C.4, 6.C.5, 6.C.6
4.2.	Omisión de factores modificadores de la resistencia.	6.C.2
4.3.	Omisión de pasos, procedimientos o revisiones que están especificados en la normativa.	6.C.3
4.	Se detectó la omisión de información de los planos constructivos estructurales que se solicitó en los requerimientos del cartel de licitación.	6.D.1, 6.D.2



8. RECOMENDACIONES

Con base en la revisión de la memoria de cálculo y los planos constructivos del diseño estructural de las alcantarillas de cuadro a construir en la Ruta Nacional n.º 35 y Ruta Nacional n.º 700, se recomienda a la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR, ejecutar las acciones que se presentan en el Cuadro 7, mostrado a continuación. Para cada recomendación se indican las observaciones asociadas de la Sección 6 de este informe.

Cuadro 7. Recomendaciones finales derivadas de la revisión documental

Recomendación		Observaciones asociadas
1.	Solicitar a la Administración que el diseñador complete la memoria de cálculo de forma <u>inmediata</u> para las etapas siguientes del proyecto con cada uno de los siguientes aspectos:	-
1.	1.1. Presentar una memoria de cálculo del diseño de los elementos complementarios de las alcantarillas de cuadro, como lo son los aletones (incluido los análisis de estabilidad) y la losa delantal. Adicionalmente adjuntar los diseños correspondientes a la barrera vehicular y sus anclajes.	6.B.1, 6.C.1
	1.2. Presentar una memoria de cálculo del diseño correspondiente a la barrera vehicular y sus anclajes, ya sea dentro de la alcantarilla de cuadro o mediante estructuras complementarias a nivel de terreno.	6.B.1, 6.C.1
	1.3. Presentar el análisis de vibraciones y deflexiones en la estructura, o en su defecto, indicar la justificación de la no realización del cálculo.	6.B.3
	1.4. Presentar el análisis técnico-económico que derivó en la elección de las propuestas de alcantarilla de cuadro presentadas en los documentos de diseño estructural.	6.A.1



Cuadro 7. Recomendaciones finales derivadas de la revisión documental (*Cont.*)

Recomendación		Observaciones asociadas
2.	Solicitar a la Administración que el diseñador complete la memoria de cálculo con aspectos relacionados a omisiones de los requerimientos del cartel de licitación.	6.B.1, 6.B.2, 6.B.3, 6.B.4, 6.B.5, 6.B.6, 6.B.7, 6.B.8, 6.B.9
3.	Solicitar a la Administración que el diseñador complete la memoria de cálculo para la siguiente etapa de entregas del proyecto con cada uno de los siguientes aspectos:	-
3.	3.1. Indicar los factores modificadores de carga por ductilidad e importancia operacional utilizados para el estado límite de resistencia según AASHTO LRFD.	6.C.2
	3.2. Indicar si el estudio de amenaza sísmica arrojó que los sitios donde se pretende construir las alcantarillas de cuadro carecen de la presencia de fallas cercanas.	6.C.3
	3.3. Incluir los cálculos del acero de refuerzo por distribución requerido en la cara inferior de la losa superior de la alcantarilla establecido en el artículo 12.11.5.3.2 y 9.7.3.2 de AASHTO LRFD.	6.C.4
	3.4. Incluir los cálculos del refuerzo requerido por la presencia de chaflanes (cartelas) en la alcantarilla de cuadro, según se define en AASHTO LRFD artículo 12.11.5.2.	6.C.5
	3.5. Incluir los cálculos para la determinación de las longitudes de desarrollo y los empalmes por traslape de las barras de acero de refuerzo, según se define en AASHTO LRFD artículos 5.10.8.1 y 5.10.8.4.	6.C.6



Cuadro 7. Recomendaciones finales derivadas de la revisión documental (*Cont.*)

	Recomendación	Observaciones asociadas
4.	Solicitar a la Administración que el diseñador complete los planos constructivos de diseño estructural con aspectos relacionados a omisiones de los requerimientos del cartel de licitación.	6.D.1, 6.D.2
5.	Dada la incorporación por parte de la Administración de la solicitud de un plan de aseguramiento de la calidad en la etapa de diseño como parte del cartel de licitación se debe velar y dar seguimiento a que este requisito continúe siendo incorporado en todos los nuevos carteles de licitación que surjan en los próximos años.	General
6.	Se recomienda a la Administración que se solicite en los carteles de licitación no solo un plan de aseguramiento de la calidad, sino que también abarque el proceso de control de calidad, en donde este plan debe ser revisado y aprobado antes del inicio de los trabajos. Para la elaboración de los lineamientos, tanto del plan de control de calidad, así como del de aseguramiento de la calidad, se recomienda consultar el documento titulado " <i>Guidance on Quality Control and Quality Assurance (QC/QA) in Bridge Design</i> " (FHWA, 2011).	General
7.	Se recomienda a la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR solicitar el documento de " <i>Descripción de la metodología de diseño</i> " que debió entregar el contratista como parte de los documentos de la oferta técnica. Esto con el fin de que se pueda analizar el contenido del plan de aseguramiento de la calidad, y preparar posibles oportunidades de mejora que puedan ser incorporadas en futuros carteles de licitación.	General



9. REFERENCIAS

American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO. (2020). *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications. 9th Edition*. Washington D.C.: AASHTO.

Banco Interamericano de Desarrollo. (2021). *CONTRATOS DE PRÉSTAMO Nos. 3071/OC-CR y 3072/CH-CR. Documento para la Contratación del Diseño y Construcción de Obras*. San José, Costa Rica.

Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica, CFIA. (2013). *Lineamientos para diseño sismorresistente de puentes*. Documento disponible en <https://www.codigosismico.or.cr/images/lineamientos.pdf>

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>

MOPT (2023). *Memoria de cálculo de alcantarillas de cuadro de concreto reforzado en los estacionamientos EST. 0+391,55 m y EST. 2+946 m, del proyecto Diseño y Construcción con la ejecución completa y detallada de las obras correspondientes a: Ruta Nacional 700 Alto Sucre – Ron Ron y Ruta Nacional 35 Alto Sucre*. Diseño: Grupo Santa Fe. San José, Costa Rica.

MOPT (2023). *Diseño y Construcción con la ejecución completa y detallada de las obras correspondientes a: Ruta Nacional 700 Alto Sucre – Ron Ron y Ruta Nacional 35 Alto Sucre*. Versión: Planos de diseño en versión [dwg] y [PDF]. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.



Página intencionalmente dejada en blanco



Apéndice A.

Lista de verificación para la revisión del procedimiento de diseño estructural de las alcantarillas de cuadro a construir en la Ruta Nacional n.º 35 y en la Ruta Nacional n.º 700 contra los requerimientos del cartel de licitación



Página intencionalmente dejada en blanco



Cuadro A.1. Revisión del procedimiento de diseño estructural de las alcantarillas de cuadro a construir en la Ruta Nacional n.º 35 y en la Ruta Nacional n.º 700 contra los requerimientos del cartel de licitación

Requerimiento especificado en el cartel/contrato	Cumplimiento	Comentarios	Puntaje obtenido	Puntaje máximo posible
1. Requerimientos generales del diseño:			1.5	5
1.1 ¿Se utiliza la normativa para diseño solicitada en el cartel/contrato?	Parcialmente	El contratista si hace uso de la normativa contemplada en el contrato de licitación, sin embargo, para el caso de la normativa de AASHTO LRFD, no indica la edición o el año de la versión que se utilizó para realizar los cálculos. A pesar de esta situación, y tomando en cuenta las disposiciones dadas en el contrato de licitación, en cuanto a que se debe utilizar la normativa vigente, las posteriores revisiones realizadas se hacen con la versión 9 del año 2020 de AASHTO LRFD para el caso del diseño estructural de las alcantarillas de cuadro.	0.5	1
1.2 Para el caso de estructuras enterradas, ¿se incluyeron los cálculos correspondientes al comportamiento de la estructura ante el empuje sísmico del suelo?	Parcialmente	La especificación de diseño de AASHTO LRFD, establece en su artículo 3.10.1, que las alcantarillas de cuadro no requieren de un análisis de cargas sísmicas a menos de que se ubiquen de manera cercana a una falla. Para la presente revisión el contratista no referenció dentro de la memoria de cálculo estructural si el estudio de amenaza sísmica, que solicita el contrato de licitación, en su capítulo VI, sección 11, apartado V, arrojó que efectivamente no se tiene la presencia de fallas cercanas a los sitios donde se pretende construir las alcantarillas de cuadro.	0.5	1
1.3 ¿El contratista indica el programa de cálculo y los respectivos datos de entrada?	No	En la memoria de cálculo de diseño estructural dada por el contratista se hacen indicaciones al uso de programas de cálculo de análisis para la obtención de las fuerzas internas (Momentos, cortantes y fuerza axial) las paredes y losas de las alcantarillas de cuadro, sin embargo, no se detalla la forma en que fueron realizados los modelos dentro de dichos programas y como fueron introducidas las propiedades de los elementos.	0	1
1.4 ¿El contratista indica los criterios técnicos económicos que lo llevaron a definir la solución propuesta?	No	En la memoria de cálculo aportada por el contratista no se indican los análisis económicos, ni la referencia a cualquier estudio de anteproyecto realizado, que llevaron a definir las dimensiones de la alcantarilla de cuadro y sus elementos conexos.	0	1
1.5 ¿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	A lo largo de la memoria de cálculo aportada por el contratista se detallan las demandas y capacidades de los elementos de las paredes y losas diseñadas como parte de la alcantarilla de cuadro, en la mayoría de los casos el diseño sí se encuentra optimizado, sin embargo, existen casos en los que, el diseño no está optimizado para no exceder en más de un 33% la demanda y no se encuentra debidamente justificado, como por ejemplo el cálculo del refuerzo por momento negativo en la losa superior de la alcantarilla de cuadro con abertura de 2 m de ancho x 2 m de alto.	0.5	1



Cuadro A.1. Revisión del procedimiento de diseño estructural de las alcantarillas de cuadro a construir en la Ruta Nacional n.º 35 y en la Ruta Nacional n.º 700 contra los requerimientos del cartel de licitación (*Cont.*)

Requerimiento especificado en el cartel/contrato	Cumplimiento	Comentarios	Puntaje obtenido	Puntaje máximo posible
2. Requerimientos generales de la memoria de cálculo:			7.5	13
2.1 ¿Se presenta la información en un orden lógico (superestructura, subestructura, obras adicionales)?	Parcialmente	En la memoria de cálculo de diseño estructural dada por el contratista no se indica el procedimiento de diseño de las obras complementarias como lo son los aletones y la losa delantal, tanto aguas arriba como aguas abajo de las estructuras a construir. Adicionalmente, no se incluye el diseño de las barreras vehiculares, así como su correspondiente anclaje.	0.5	1
2.2 ¿Se presenta un desglose de las características, peso, resistencia y propiedades de los materiales consideradas en el diseño?	Sí	Sin comentarios	1	1
2.3 ¿Se presenta el desglose y cálculo de todas las cargas consideradas en el diseño?:				
a. Cargas permanentes	Sí	Sin comentarios	1	1
b. Cargas vivas (incluyendo efecto por impacto, fuerza de frenado, fuerza centrífuga)	Sí	Sin comentarios	1	1
c. Eventos extremos (sismo, viento)	Parcialmente	Ver comentario del punto 1.2 de la presente lista	0.5	1
d. Empujes de suelo (estático y por sismo)	Parcialmente	Ver comentario anterior.	0.5	1
e. Otros	NA	Sin comentarios	NA	NA
2.4 ¿Se justifica el uso de los parámetros considerados en el diseño que no estén dados en la normativa o los estudios preliminares?	Sí	Sin comentarios	1	1
2.5 ¿Se presenta la revisión de deflexiones de la estructura?	No	En la memoria de cálculo aportada por el contratista no se presenta la revisión de deflexiones de la estructura, y no se indica la respectiva justificación.	0	1
2.6 ¿Se presenta la revisión de vibraciones de la estructura?	No	En la memoria de cálculo aportada por el contratista no se presenta la revisión de vibraciones de la estructura, y no se indica la respectiva justificación.	0	1
2.7 ¿Se hace referencia al artículo correspondiente de la norma cada vez que se utiliza una fórmula o tabla específica?	Sí	Sin comentarios	1	1



Cuadro A.1. Revisión del procedimiento de diseño estructural de las alcantarillas de cuadro a construir en la Ruta Nacional n.º 35 y en la Ruta Nacional n.º 700 contra los requerimientos del cartel de licitación (*Cont.*)

Requerimiento especificado en el cartel/contrato	Cumplimiento	Comentarios	Puntaje obtenido	Puntaje máximo posible
2. Requerimientos generales de la memoria de cálculo:			7.5	13
2.8 ¿Se presenta el desarrollo completo de los cálculos para cada elemento, al menos en una ocasión?	Parcialmente	Ver comentario del punto 2.1 de la presente lista	0.5	1
2.9 ¿Se presenta el valor de la relación capacidad/demanda para cada elemento?	No	En la memoria de cálculo aportada por el contratista no se realiza el cálculo de la razón capacidad/demanda para los diferentes elementos diseñados.	0	1
2.10 ¿Se presenta un diagrama con las dimensiones propuestas para cada elemento diseñado?	Parcialmente	Ver comentario del punto 2.1 de la presente lista	0.5	1
3. Requerimientos con respecto a programas de computadora:			1	7
3.1 ¿Se presentan los datos de entrada referentes a las propiedades de los materiales?	No	En la memoria de cálculo aportada por el contratista cada vez que se hace referencia a un programa de análisis el único dato que se indicó fue el valor final de las fuerzas internas de los elementos de las paredes y losas que componen las estructuras de la alcantarilla de cuadro.	0	1
3.2 ¿Se presentan las secciones transversales de los elementos estructurales?	No	Ver comentario del punto 3.1 de la presente lista	0	1
3.3 ¿Se presentan las cargas aplicadas para el análisis estructural?	No	Ver comentario del punto 3.1 de la presente lista	0	1
3.4 ¿Se indican las condiciones de apoyo de la estructura?	No	Ver comentario del punto 3.1 de la presente lista	0	1
3.5 ¿Se indican los parámetros de diseño sísmico?	NA	Este parámetro de cumplimiento se indica como "No aplica" debido a que el contratista estableció en la memoria de cálculo aportada que no se iba a realizar esta consideración para los diseños de los elementos.	0	0
3.6 ¿Se presentan esquemas que describan la geometría de la estructura analizada (en planta, sección y elevación)?	No	Ver comentario del punto 3.1 de la presente lista	0	1
3.7 ¿Se presentan los datos de salida del análisis estructural utilizados en el diseño del elemento (combinaciones de carga más desfavorables)?	Parcialmente	Ver comentario del punto 3.1 de la presente lista	0.5	1
3.8 ¿Los datos de salida del análisis estructural se presentan de forma clara, precisa, lógica y ordenada?	Parcialmente	Ver comentario del punto 3.1 de la presente lista	0.5	1
3.9 ¿Existe concordancia entre los datos de salida del diseño estructural y el diseño indicado en los planos estructurales?	NA	No se tienen salidas de diseño de los programas computacionales, por lo que este requerimiento no aplica	0	0



Cuadro A.1. Revisión del procedimiento de diseño estructural de las alcantarillas de cuadro a construir en la Ruta Nacional n.º 35 y en la Ruta Nacional n.º 700 contra los requerimientos del cartel de licitación (*Cont.*)

Requerimiento especificado en el cartel/contrato	Cumplimiento	Comentarios	Puntaje obtenido	Puntaje máximo posible
4. Requerimientos con respecto a hojas de cálculo electrónicas:			7.5	10
4.1 ¿Se presentan las hojas electrónicas de forma ordenada?	Sí	Sin comentarios	1	1
4.2 ¿Se incluyen los datos de entrada referentes a las propiedades de los materiales?	Sí	Sin comentarios	1	1
4.3 ¿Se muestran las secciones transversales y geometría de los elementos estructurales?	Sí	Sin comentarios	1	1
4.4 ¿Se presentan las cargas aplicadas para el análisis estructural?	Sí	Sin comentarios	1	1
4.5 ¿Se indican las condiciones de apoyo de la estructura?	NA	Sin comentarios	NA	NA
4.6 ¿Se indican los parámetros de diseño sísmico?	NA	En el parámetro de cumplimiento se indica como "No aplica" debido a que el contratista estableció en la memoria de cálculo aportada que no se iba a realizar esta consideración para los diseños de los elementos.	NA	NA
4.7 ¿Se presentan esquemas que describan la geometría de la estructura analizada (en planta, sección y elevación)?	Sí	Sin comentarios	1	1
4.8 ¿Se indican las acciones y reacciones que controlan el diseño estructural (respaldadas a través del análisis estructural)?	Sí	Sin comentarios	1	1
4.9 ¿El proceso de diseño se presenta de forma clara, precisa, lógica y ordenada?	Sí	Sin comentarios	1	1
4.10 ¿Se hace referencia al artículo correspondiente de la norma cada vez que se utiliza una fórmula o tabla específica?	Parcialmente	En la memoria de cálculo aportada por el contratista se presentan una serie de pasos de diseño que no tienen señalado el artículo de la normativa que explica el procedimiento realizado. Esto se observa con mayor detalle en la lista de requisitos de la normativa de AASHTO LRFD.	0.5	1
4.11 ¿Se identifica claramente la simbología utilizada?	No	Se utilizan abreviaturas y simbología que no vienen explicadas dentro de las hojas de cálculo, contrario a lo que solicita el cartel de licitación en su capítulo VI, sección 11, apartado VII	0	1
4.12 ¿Se incluyen las hojas electrónicas auxiliares para la hoja principal?	No	Queda pendiente incluir en la memoria de cálculo el diseño de los aletones, la losa delantal, tanto aguas arriba como aguas debajo de la alcantarilla de cuadro. Adicionalmente no se incluyó el diseño de la barrera vehicular y su anclaje.	0	1
Puntaje total obtenido:			17.5	35
			50.0%	



Apéndice B.

**Lista de verificación para la revisión del procedimiento de diseño
estructural para las alcantarillas de cuadro a construir en la
Ruta Nacional n.º 35 y en la Ruta Nacional n.º 700**



Página intencionalmente dejada en blanco



Cuadro B.1. Revisión del procedimiento de diseño estructural para las alcantarillas de cuadro a construir en la Ruta Nacional n.º 35 y en la Ruta Nacional n.º 700, según la especificación AASHTO LRFD (AASHTO, 2020)

Ítem [Sección de la norma]		Cumplimiento	Comentarios	Puntaje obtenido	Puntaje máximo posible
1.	Selección de modificadores de carga:			1	3
1.1	¿Se define el modificador de carga de ductilidad para el estado límite de resistencia? [1.3.3]	No	En la memoria de cálculo aportada por el contratista no se define el factor de carga de ductilidad, y no se realiza la respectiva justificación.	0	1
1.2	¿Se define el modificador de carga de redundancia para el estado límite de resistencia? [1.3.4]	Sí	Sin comentarios	1	1
1.3	¿Se define el modificador de carga de importancia operacional para el estado límite de resistencia? [1.3.5]	No	En la memoria de cálculo aportada por el contratista no se define el factor de carga de importancia operacional, y no se realiza la respectiva justificación.	0	1
2.	Selección de combinaciones y factores de carga:			4	4
2.1	¿Se definen los factores de resistencia? [12.5.5]	Sí	Sin comentarios	1	1
2.2	¿Se calcula el factor de interacción suelo-estructura? [12.11.2.2.1]	Sí	Sin comentarios	1	1
2.3	¿Se definen las combinaciones de carga de los estados límite a considerar y los factores de carga correspondientes? [3.4.1]	Sí	Sin comentarios	1	1
2.4	¿Se realizan las variaciones de carga máxima y mínima, tanto horizontal como vertical, para las combinaciones de carga dispuestas para alcantarillas de cuadro? [12.11.2.1]	Sí	Sin comentarios	1	1
3.	Cálculo de los efectos por carga viva:			5	5
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]	Sí	Sin comentarios	1	1
3.2	¿Se definen los factores de presencia múltiple a aplicar según el número de carriles cargados? [3.6.1.1.2]	Sí	Sin comentarios	1	1
3.3	¿Se toma en consideración la variación del factor de presencia múltiple para alcantarillas? [12.11.2.1]	Sí	Sin comentarios	1	1



Cuadro B.1. Revisión del procedimiento de diseño estructural para las alcantarillas de cuadro a construir en la Ruta Nacional n.º 35 y en la Ruta Nacional n.º 700, según la especificación AASHTO LRFD (AASHTO, 2020) (*Cont.*)

Ítem [Sección de la norma]		Cumplimiento	Comentarios	Puntaje obtenido	Puntaje máximo posible
3	Cálculo de los efectos por carga viva:			5	5
3.4	¿Se define la distribución de la carga vehicular de acuerdo a la altura de relleno, que se va a colocar sobre las alcantarillas? [3.6.1.2.6] [4.6.2.10]	Sí	Sin comentarios	1	1
3.5	¿Se define el factor de amplificación dinámica (IM) aplicable al componente y estado límite considerado? [3.6.2]	Sí	Sin comentarios	1	1
4	Cálculo de los efectos por otras fuerzas:			3.5	4
4.1	¿Se calculan los efectos de todas las cargas permanentes de diseño (DC, DW)? [3.5.1]	Sí	Sin comentarios	1	1
4.2	¿Se calcula los efectos de la fuerza sísmica? [3.10.1]	Parcialmente	La especificación de diseño de AASHTO LRFD, establece en su artículo 3.10.1, que las alcantarillas de cuadro no requieren de un análisis de cargas sísmicas a menos de que se ubiquen de manera cercana a una falla. Para la presente revisión el contratista no referenció dentro de la memoria de cálculo estructural si el estudio de amenaza sísmica, que solicita el contrato de licitación, en su capítulo VI, sección 11, apartado V, arrojó que efectivamente no se tiene la presencia de fallas cercanas a los sitios donde se busca construir las alcantarillas de cuadro.	0.5	1
4.3	¿Se realiza la modificación al cálculo de la carga vertical de suelo para alcantarillas? [12.11.2.2.1]	Sí	Sin comentarios	1	1
4.4	¿Se realiza el cálculo de los efectos de otras fuerzas adicionales, en caso de ser requerido?	Sí	Sin comentarios	1	1
5	Cálculo de los efectos por colisión en barreras vehiculares			0	2
5.1	¿Se define el tipo de barrera vehicular, las propiedades geométricas y las fuerzas de diseño? [13.7.2] [A13.2]	No	En la memoria de cálculo aportada por el contratista no se indicó el procedimiento de diseño de la barrera vehicular, su nivel de contención, ni su debido anclaje. A pesar de que en los planos presentados sí coloca detalles en relación al tipo de barrera vehicular a ser utilizada en el proyecto.	0	1
5.2	¿Se calcula la resistencia nominal de la barrera vehicular a las cargas transversales que son transmitidas a la losa superior de la alcantarilla de cuadro? [A13.3.1]	No		0	1



Cuadro B.1. Revisión del procedimiento de diseño estructural para las alcantarillas de cuadro a construir en la Ruta Nacional n.º 35 y en la Ruta Nacional n.º 700, según la especificación AASHTO LRFD (AASHTO, 2020) (*Cont.*)

Ítem [Sección de la norma]		Cumplimiento	Comentarios	Puntaje obtenido	Puntaje máximo posible
6	Revisión del estado límite de servicio:			1	1
6.1	¿Se verifica el espaciamiento requerido del acero de refuerzo para el control de agrietamiento? [5.6.7]	Sí	Sin comentarios	1	1
7	Revisión del estado límite de resistencia:			5	6
Flexión:					
7.1	¿Se determina la resistencia nominal a flexión positiva y se comprueba que sea suficiente? [5.6.3.2]	Sí	Sin comentarios	1	1
7.2	¿Se determina la resistencia nominal a flexión negativa y se comprueba que sea suficiente? [5.6.3.2]	Sí	Sin comentarios	1	1
7.3	¿Se verifica el límite mínimo del acero de refuerzo para la resistencia a flexión? [5.6.3.3]	Sí	Sin comentarios	1	1
7.4	¿Se realizaron las modificaciones para el cálculo del refuerzo para momento negativo por la inclusión de chaflanes? [12.11.5.2]	Parcialmente	En la memoria de cálculo aportada por el contratista se indica un tipo de refuerzo para los chaflanes (Denominados cartelas en el documento revisado), sin embargo, no se muestra el cálculo realizado.	0.5	1
Cortante:					
7.5	¿Se revisa la capacidad para resistir cortante de acuerdo al relleno que posee la alcantarilla? [5.12.7.3]	Sí	Sin comentarios	1	1
7.6	¿Se determina el cálculo de la profundidad efectiva para cortante? [5.7.2.8]	Sí	Sin comentarios	1	1
7.7	¿Se revisa la transferencia de cortante a través del plano de contacto entre el tablero y la barrera vehicular? [5.7.4]	No	Ver comentario del punto 5.1 y 5.2 de la presente lista	0	1
8	Revisión del detallado del acero de refuerzo:			2	5
8.1	¿Se provee el recubrimiento necesario para proteger el acero de refuerzo? [5.10.1]	Sí	Sin comentarios	1	1
8.2	¿Se revisan los límites para el espaciamiento del acero de refuerzo? [5.10.3.1] [5.10.3.2]	Parcialmente	En la memoria de cálculo aportada por el contratista se muestra una revisión de espaciamientos mínimos, sin embargo, no se indica la sección de la normativa de diseño a la cual hace referencia.	0.5	1



EIC-Lanamme-INF-1254-2023	Fecha: 06 de setiembre de 2023	Página 45 / 48
---------------------------	--------------------------------	----------------

Cuadro B.1. Revisión del procedimiento de diseño estructural para las alcantarillas de cuadro a construir en la Ruta Nacional n.º 35 y en la Ruta Nacional n.º 700, según la especificación AASHTO LRFD (AASHTO, 2020) (Cont.)

Ítem [Sección de la norma]		Cumplimiento	Comentarios	Puntaje obtenido	Puntaje máximo posible
8	Revisión del detallado del acero de refuerzo:			2	5
8.3	¿Se calcula la longitud de desarrollo de las barras de acero de refuerzo? [5.10.8.1] [5.10.8.2]	No	En los planos de diseño estructural presentados por el contratista se muestra una tabla con los detalles de la longitud de desarrollo y los empalmes de las diversas barras de acero de refuerzo que se deben utilizar en el proyecto, sin embargo, el cálculo realizado no fue adjuntado en la memoria de cálculo presentada por el contratista.	0	1
8.4	¿Se definen los empalmes por traslapo de las barras de acero de refuerzo? [5.10.8.4]	No		0	1
8.5	¿Se calcula el acero de refuerzo de retracción y temperatura requerido en la cara interior de los elementos de la alcantarilla? [12.11.5.3][5.10.6]	NA	Este artículo solo aplica en el caso de que la alcantarilla de cuadro sea prefabricada.	NA	NA
8.6	¿Se calcula el acero de refuerzo de distribución requerido en la cara inferior de la losa superior de la alcantarilla? [12.11.5.3.2] [9.7.3.2]	Parcialmente	En la memoria de cálculo aportada por el contratista se indica un tipo de refuerzo para la dirección secundaria, sin embargo, no se muestra el cálculo realizado ni la sección referenciada en dado caso.	0.5	1
Puntaje total obtenido:				21.5	30
				71.7 %	



Apéndice C.

**Lista de verificación para la revisión de los planos constructivos
estructurales de las alcantarillas de cuadro a construir en la
Ruta Nacional n.º 35 y en la Ruta Nacional n.º 700
contra los requerimientos del cartel de licitación**



Página intencionalmente dejada en blanco



Cuadro C.1. Revisión de los planos constructivos estructurales de las alcantarillas de cuadro a construir en la Ruta Nacional n.º 35 y en la Ruta Nacional n.º 700 contra los requerimientos del cartel de licitación.

Requerimiento especificado en el cartel/contrato para los planos	Cumplimiento	Comentarios	Puntaje obtenido	Puntaje máximo posible
1. Requerimientos generales de cajetines:			4	6
1.1 ¿Se presentan los logos del MOPT?	Sí	Sin comentarios	1	1
1.2 ¿Se presentan los logos de la empresa o entidad diseñadora?	No	En los planos estructurales aportados por el contratista no se presentan los logos de la empresa o entidad diseñadora.	0	1
1.3 ¿Se indica el contenido?	Sí	Sin comentarios	1	1
1.4 ¿Se indica el cuadro de recepción oficial?	NA	El proyecto actualmente se encuentra suspendido, según información aportada por la UAT del LanammeUCR, por lo tanto, no se omite este requisito como parte de la revisión realizada.	NA	NA
1.5 ¿Se indica el nombre del director responsable y/o el ingeniero?	Sí	Sin comentarios	1	1
1.6 ¿Se indica el nombre de la unidad revisora?	NA	Ver comentario del punto 1.4 de la presente lista	NA	NA
1.7 ¿Se indica el nombre del diseñador?	No	En los planos estructurales aportados por el contratista no se indica el nombre del diseñador, solo el del director responsable.	0	1
1.8 ¿Se indica el nombre del profesional que aprueba?	NA	Ver comentario del punto 1.4 de la presente lista	NA	NA
1.9 ¿Se indica la escala, hoja y fecha?	Sí	Sin comentarios	1	1
Puntaje total obtenido:			4	6
			66.7%	