



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

EIC-Lanamme-INF-0050-2023

INFORME DE REVISIÓN DOCUMENTAL

REVISIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN DE CALIDAD DE LOS APOYOS ELASTOMÉRICOS DE LOS PASOS SUPERIORES VEHICULARES, INTERCAMBIOS Y PUENTES PEATONALES DEL PROYECTO DE AMPLIACIÓN DE LA RUTA NACIONAL N.º 32

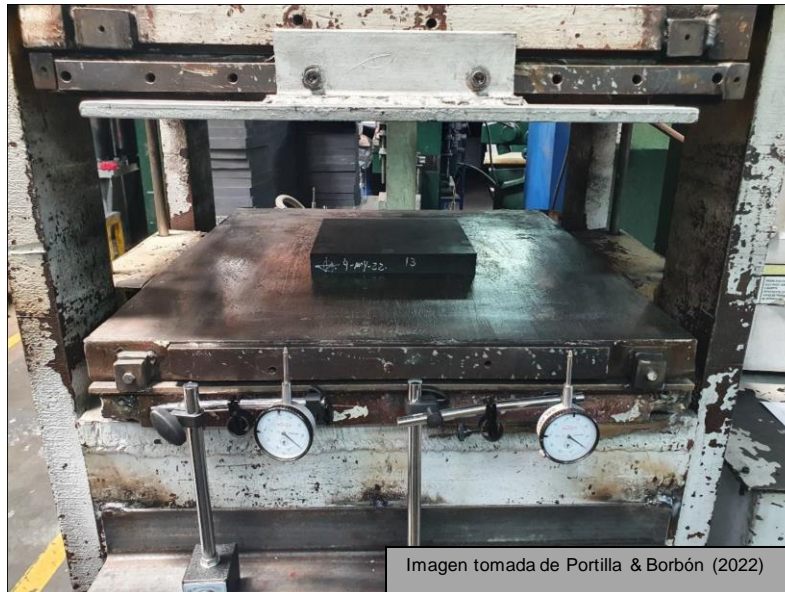


Imagen tomada de Portilla & Borbón (2022)

Preparado por:

Unidad de Puentes

Programa de Ingeniería Estructural

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

San José, Costa Rica

30 de enero, 2023



Página intencionalmente dejada en blanco



1. Informe: EIC-Lanamme-INF-0050-2023		2. Copia N°: 1
3. Título: REVISIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN DE CALIDAD DE LOS APOYOS ELASTOMÉRICOS DE LOS PASOS SUPERIORES VEHICULARES, INTERCAMBIOS Y PUENTES PEATONALES DEL PROYECTO DE AMPLIACIÓN DE LA RUTA NACIONAL N.º 32		4. Fecha del Informe: 30 de enero, 2023
5. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
6. Notas complementarias Ninguna		
7. Resumen Este informe presenta los resultados de la revisión de la documentación de calidad de los apoyos elastoméricos a colocar en los nuevos pasos superiores vehiculares, intercambios y puentes peatonales del proyecto: "Diseño, rehabilitación y ampliación de la Ruta Nacional N° 32, Carretera Braulio Carrillo, Sección Intersección Ruta Nacional N° 4 (Cruce Sarapiquí) – Limón". La revisión consistió en verificar, con base en la información reportada en los oficios de aceptación emitidos por el consultor de calidad del Contratista, si los dispositivos de apoyo cumplen con todos los requerimientos que se especifican en los planos estructurales del proyecto, el CR-2010 y la norma AASHTO M 251-06, específicamente en lo que respecta a los resultados de ensayos de laboratorio de los materiales y el producto terminado. El Programa de Ingeniería Estructural (PIE) realiza esta revisión ante la solicitud de criterio técnico de la Unidad de Auditoría Técnica (UAT) del LanammeUCR. Este documento es parte de las competencias de la fiscalización de la Red Vial Nacional asignadas al LanammeUCR por medio de la Ley 8114.		
8. Palabras clave Puente, pasos superiores, puentes peatonales, apoyos elastoméricos, almohadillas elastoméricas, ensayos, certificados de calidad, control de calidad, aseguramiento de calidad, Ruta 32, auditorías técnicas de puentes, informe de revisión documental.		9. N° de páginas 29
10. Elaborado por: Ing. Daniel Johanning Cordero Unidad de Puentes Programa de Ingeniería Estructural	11. Revisado y aprobado por: Ing. Julian Trejos Villalobos Coordinador Unidad de Puentes Programa de Ingeniería Estructural	12. Aprobado por: Ing. Rolando Castillo Barahona Coordinador General Programa de Ingeniería Estructural
13. Revisión legal: Licda. Nidia María Segura Jiménez Asesoría Legal LanammeUCR		



Página intencionalmente dejada en blanco

EIC-Lanamme-INF-0050-2023	30 de enero, 2023	Página 4 de 29
---------------------------	-------------------	----------------



TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	9
2. OBJETIVOS.....	10
2.1. OBJETIVO GENERAL	10
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	11
4. ALCANCE DE LA REVISIÓN	12
5. NORMATIVA APLICABLE A APOYOS ELASTOMÉRICOS DE PUENTES.....	13
6. REQUERIMIENTOS SOLICITADOS EN LOS PLANOS ESTRUCTURALES.....	14
6.1. REQUERIMIENTOS PARA LOS APOYOS DE PASOS SUPERIORES VEHICULARES E INTERCAMBIOS.....	14
6.2. REQUERIMIENTOS PARA LOS APOYOS DE PUENTES PEATONALES	15
6.3. OBSERVACIONES CON RESPECTO A LOS REQUERIMIENTOS ESPECIFICADOS EN LOS PLANOS ESTRUCTURALES	16
7. REVISIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN DE CALIDAD DE LOS APOYOS ELASTOMÉRICOS.....	17
7.1. CRITERIOS CONSIDERADOS PARA LA REVISIÓN	17
7.2. RESULTADOS DE LA REVISIÓN	18
7.2.1. Verificación del cumplimiento de los requerimientos establecidos en los planos estructurales.....	19
7.2.2. Verificación del cumplimiento de las normas AASHTO M 251-06 y CR-2010	22
8. CONCLUSIONES.....	25
8.1. CONCLUSIONES CON RESPECTO A LOS REQUERIMIENTOS DE LOS PLANOS ESTRUCTURALES 25	
8.2. CONCLUSIONES CON RESPECTO A LOS REQUERIMIENTOS DE LA NORMA AASHTO M 251-06 Y EL CR-2010	26
9. RECOMENDACIONES.....	27
10. REFERENCIAS	27

EIC-Lanamme-INF-0050-2023	30 de enero, 2023	Página 5 de 29
---------------------------	-------------------	----------------



Página intencionalmente dejada en blanco

EIC-Lanamme-INF-0050-2023	30 de enero, 2023	Página 6 de 29
---------------------------	-------------------	----------------



RESUMEN EJECUTIVO

Se revisó la documentación de calidad aportada por el fabricante de los apoyos elastoméricos que están siendo colocados en los pasos superiores vehiculares, intercambios y puentes peatonales del proyecto de ampliación de la Ruta Nacional N.º 32. Específicamente, se verificó el cumplimiento de los requerimientos de los planos estructurales del proyecto, el CR-2010 y la norma AASHTO M 251-06, en lo que respecta a las propiedades de los materiales y el producto terminado. A partir de la revisión realizada, se encontró lo siguiente:

- Se cumple con todos los requerimientos específicos de los materiales para apoyos elastoméricos que se especificaron en los planos estructurales, con la excepción del módulo de cortante. Algunos de los apoyos a colocar en los puentes peatonales no alcanzaron el valor mínimo especificado de módulo de cortante, lo cual restringe su uso a los puentes peatonales con tramos de menor longitud.
- Todos los apoyos cumplen satisfactoriamente con los requerimientos de los ensayos al producto terminado y los requerimientos de resistencia a tensión del elastómero que establece la norma AASHTO M 251-06.
- Se encontraron omisiones de algunos ensayos de propiedades del elastómero que impiden establecer en su totalidad la conformidad con la norma AASHTO M 251-06, específicamente los ensayos de resistencia al calor y deformación remanente por compresión.

Al respecto, se hacen 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 omisiones e incumplimientos parciales de los requerimientos de la normativa.
- Verificar que los apoyos de 250x250x30 mm con consecutivos 1 al 10, los cuales no cumplieron con el valor de módulo de cortante especificado en planos, se hayan colocado en puentes peatonales que cuenten con tramos de 16 metros de longitud o menos.
- Recomendar a la Administración que solicite a la empresa fabricante de los apoyos elastoméricos los resultados de los ensayos de resistencia al calor y deformación remanente por compresión que se especifican en el Apéndice X.1 de la norma AASHTO M 251-06, los cuales son requeridos para establecer en su totalidad la conformidad con los requerimientos de la norma. En su defecto, se recomienda que la Administración solicite al fabricante una justificación de por qué no se realizaron estos ensayos.



Página intencionalmente dejada en blanco



1. INTRODUCCIÓN

Este informe presenta los resultados de la revisión de la documentación de calidad de los apoyos elastoméricos a colocar en los nuevos pasos superiores vehiculares, intercambios y puentes peatonales del proyecto: “Diseño, rehabilitación y ampliación de la Ruta Nacional N° 32, Carretera Braulio Carrillo, Sección Intersección Ruta Nacional N° 4 (Cruce Sarapiquí) – Limón”.

La revisión consistió en verificar, con base en la información reportada en los oficios de aceptación emitidos por el consultor de calidad del Contratista, si los dispositivos de apoyo cumplen con todos los requerimientos que se especifican en los planos estructurales del proyecto, el CR-2010 y la norma AASHTO M 251-06, específicamente en lo que respecta a los resultados de ensayos de laboratorio de los materiales y el producto terminado.

El Programa de Ingeniería Estructural (PIE) realiza esta revisión ante la solicitud de criterio técnico de la Unidad de Auditoría Técnica (UAT) del LanammeUCR, según consta en el correo electrónico remitido por el Ing. Francisco Fonseca con fecha del 25 de octubre de 2022.

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

EIC-Lanamme-INF-0050-2023	30 de enero, 2023	Página 9 de 29
---------------------------	-------------------	----------------



2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Verificar si los resultados de los ensayos de laboratorio realizados a los apoyos elastoméricos de los pasos superiores vehiculares, intercambios y puentes peatonales del proyecto de ampliación de la Ruta Nacional n.º 32, según se reporta en la documentación de calidad, cumplen con los requerimientos especificados en los planos estructurales correspondientes, el CR-2010 y la norma AASHTO M 251-06.

2.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos son los siguientes:

- a. Revisar si los requerimientos especificados en los planos estructurales de los pasos superiores vehiculares, intercambios y puentes peatonales con respecto a los apoyos elastoméricos, son consecuentes con los requerimientos del CR-2010 y la norma AASHTO M 251-06.
- b. Verificar si las propiedades del elastómero y las láminas de acero cumplen con los requerimientos de los planos estructurales, el CR-2010 y la norma AASHTO M 251-06.
- c. Verificar si los resultados de los ensayos al producto terminado cumplen con los requerimientos de los planos estructurales, el CR-2010 y la norma AASHTO M 251-06.
- d. Presentar conclusiones y recomendaciones con base en las observaciones realizadas.



3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto “Diseño, rehabilitación y ampliación de la Ruta Nacional N°32, Carretera Braulio Carrillo, Sección Intersección Ruta Nacional N°4 (Cruce Sarapiquí) – Limón” fue adjudicado al Contratista internacional *China Harbour Engineering Company* (CHEC), e incluye como parte de su alcance el diseño y la construcción de 13 pasos superiores vehiculares (abreviados en la documentación del proyecto como PSV), 5 intercambios (abreviados en la documentación del proyecto como IC) y 24 puentes peatonales.

Los pasos superiores vehiculares, intercambios y puentes peatonales del proyecto actualmente se encuentran en fase de ejecución, y todos contemplan el uso de almohadillas elastoméricas como dispositivos de apoyo. Específicamente, se están utilizando 4 tipos distintos de apoyos elastoméricos en estas estructuras, los cuales se describen a continuación:

- T1.** Almohadillas elastoméricas circulares de **300×63 mm** (diámetro y altura, respectivamente) con refuerzo de láminas de acero, a colocarse en los bastiones de los pasos superiores vehiculares, así como en los bastiones y las pilas de los intercambios.
- T2.** Almohadillas elastoméricas circulares de **300×65 mm** (diámetro y altura, respectivamente) con refuerzo de láminas de acero y una lámina de teflón (PTFE) de 2 mm de espesor adherida a la parte superior, a colocarse en las pilas de los pasos superiores vehiculares.
- T3.** Almohadillas elastoméricas cuadradas de **250×250×30 mm** (ancho, largo y altura, respectivamente) sin refuerzo, a colocarse en la estructura principal de los puentes peatonales.
- T4.** Almohadillas elastoméricas rectangulares de **200×300×30 mm** (ancho, largo y altura, respectivamente) sin refuerzo, a colocarse en las rampas de acceso de los puentes peatonales.

La fabricación de los todos los tipos de apoyos elastoméricos de estas estructuras fue subcontratada por CHEC a la empresa Hulera Costarricense LTDA. Según lo indicado en los certificados de conformidad del fabricante, todos los apoyos fueron fabricados con hule natural (*natural rubber*, abreviado como NR).

Por otro lado, el consultor de calidad contratado por CHEC, específicamente la empresa OJM Consultores de Calidad y Laboratorios S.A, emitió los oficios de aceptación O-10-105-2022 con

EIC-Lanamme-INF-0050-2023	30 de enero, 2023	Página 11 de 29
---------------------------	-------------------	-----------------



fecha 21 de junio de 2022, y O-10-137-2022 con fecha 22 de agosto de 2022, en los cuales concluyó lo siguiente: “se verifica que se cuenta con los requisitos para aceptación indicados para productos manufacturados externamente al proyecto, indicado en el CR2010 apartado **107.03** y los requisitos técnicos del apartado **701.01**”

Adjunto a estos oficios de aceptación, se incluyó la siguiente documentación:

- Certificados de conformidad del fabricante para las propiedades del elastómero.
- Certificados de las materias primas utilizadas para la fabricación de los apoyos.
- Informes de ensayos del producto terminado realizados por el fabricante. En estos informes se indica que los apoyos ensayados por el fabricante fueron seleccionados al azar por la supervisión del proyecto el mismo día que se realizaron los ensayos.

Esta documentación adjunta a los oficios de aceptación es la que se revisa y analiza dentro del presente informe de revisión documental EIC-Lanamme-INF-0050-2023. El alcance de la revisión se describe con mayor detalle en la siguiente sección.

4. ALCANCE DE LA REVISIÓN

Dentro de este informe de revisión documental, se examinó la documentación de calidad aportada por el fabricante de los apoyos elastoméricos que están siendo colocados en los pasos superiores vehiculares, intercambios y puentes peatonales del proyecto de ampliación de la Ruta Nacional N.º 32, la cual se adjuntó a los oficios de aceptación O-10-105-2022 con fecha 21 de junio de 2022, y O-10-137-2022 con fecha 22 de agosto de 2022 (ver Sección 3 de este informe).

Con base en los resultados de los ensayos que se reportan en esta documentación, se verificó el cumplimiento de los requerimientos para apoyos elastoméricos que se especifican en los planos estructurales del proyecto, el CR-2010 y la norma AASHTO M 251-06, específicamente en lo que respecta a las propiedades de los materiales y ensayos al producto terminado.

El alcance de este informe no incluyó una revisión detallada del diseño estructural de las almohadillas elastoméricas, ni la verificación de que las cargas y deformaciones que se indican en las memorias de cálculo estructurales hayan sido determinadas de forma correcta por parte del diseñador. Las memorias de cálculo estructurales se utilizaron únicamente como material de soporte al momento de revisar la documentación de calidad de los apoyos elastoméricos.

EIC-Lanamme-INF-0050-2023	30 de enero, 2023	Página 12 de 29
---------------------------	-------------------	-----------------



5. NORMATIVA APLICABLE A APOYOS ELASTOMÉRICOS DE PUENTES

En esta sección, se describe brevemente la normativa aplicable a apoyos elastoméricos de puentes que fue utilizada como referencia en el presente informe de revisión documental:

- AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 7th Edition (2014): Se abreviará como “AASHTO LRFD” para efectos de este informe. Contiene las especificaciones para el diseño de puentes vehiculares por el método LRFD. En la Sección 14.7.5 y 14.7.6 se establecen los requerimientos para el diseño de apoyos elastoméricos.
- CR-2010: Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes: este manual es un documento de aplicación obligatoria a nivel nacional en las diferentes fases de todas las obras viales que se realicen para el Ministerio de Obras Públicas y Transportes y sus Consejos. En él se establecen políticas, criterios, procedimientos y métodos que indican las condiciones por cumplir en los proyectos viales (MOPT, 2010). En lo que respecta al tema de apoyos elastoméricos, las secciones 564.04 y 717.10 del CR-2010 establecen que estos dispositivos y su fabricación deben cumplir con los requerimientos de la norma AASHTO M 251, la cual se describe a continuación.
- AASHTO M 251-06 (2020): Standard Specification for Plain and Laminated Elastomeric Bridge Bearings: incluye requerimientos de material para apoyos elastoméricos de puentes, tanto para almohadillas elastoméricas sencillas (que consisten únicamente de elastómero), como para apoyos elastoméricos reforzados con láminas de acero o tela (AASHTO, 2020). En lo que respecta a las propiedades del elastómero, la norma permite el uso de dos métodos distintos para su aceptación, un método general (Sección 4.1.1 de la norma) que es aplicable a cualquier tipo de apoyo, y un método alternativo (Apéndice X.1 de la norma) que es aplicable únicamente a apoyos especificados por dureza y diseñados por el Método A, según la sección 14.7.6 de la especificación AASHTO LRFD.
- ASTM D4014 (2018): Standard Specification for Plain and Steel-Laminated Elastomeric Bearings for Bridges: incluye requerimientos de material para apoyos que consisten ya sea de elastómero en su totalidad, o bien, de capas alternas de elastómero y acero, cuando la función de los apoyos es la de transferir cargas, acomodar el movimiento relativo entre la superestructura y subestructura de un puente, o ambas (ASTM, 2018).



Es importante mencionar que, aunque las normas AASHTO M 251-06 y ASTM D4014 son similares y tienen prácticamente el mismo alcance, existen algunas diferencias entre ellas en lo que respecta a los ensayos que son requeridos, el procedimiento para realizar estos ensayos, así como los criterios de aceptación y rechazo. En los certificados de conformidad del fabricante (Anexo 1.2 de los oficios de aceptación) se hace referencia a la norma ASTM D4014. Sin embargo, dado que el CR-2010 exige el cumplimiento de la norma AASHTO M 251-06, la revisión presentada en este informe consideró únicamente la norma AASHTO M 251-06.

6. REQUERIMIENTOS SOLICITADOS EN LOS PLANOS ESTRUCTURALES

Los planos estructurales de los pasos superiores vehiculares, intercambios y puentes peatonales del proyecto también presentan requerimientos con respecto a los apoyos elastoméricos, los cuales en algunos casos son distintos a los requerimientos especificados en la normativa que se presentó en la sección anterior. En las secciones 6.1 y 6.2 se presentan los requerimientos indicados en los planos estructurales de los puentes vehiculares y los puentes peatonales, respectivamente. Adicionalmente, en la sección 6.3 se presentan algunas observaciones con respecto a estos requerimientos.

6.1. Requerimientos para los apoyos de pasos superiores vehiculares e intercambios

A continuación, se presenta la transcripción de los requerimientos de los apoyos elastoméricos que se especificaron en los planos estructurales del PSV Pocora K83+601 (CHEC, 2021), los cuales también aplican para los otros pasos superiores vehiculares e intercambios del proyecto.

“Los apoyos de puente deben cumplir con los requisitos de la especificación indicada del Capítulo 14 de AASHTO LFRD-2014 y al mismo tiempo deben cumplir con las especificaciones ASTM y CR-2010: M169 (ASTM A108), M102M/M102 (ASTM A668/A668M) M 251-06 o M270M/M270 (ASTM A709/A709M), Grados 36, 50 o 50W. Durante el proceso de construcción, el proveedor debe ofrecer un certificado de apoyo que cumpla con dichas especificaciones.

El apoyos de goma debe cumplir con los siguientes requerimientos:

- a. *Dureza mínima: Dureza “Shore A” 60±5*
- b. *Esfuerzo a la ruptura mínimo: 17 MPa*

EIC-Lanamme-INF-0050-2023	30 de enero, 2023	Página 14 de 29
---------------------------	-------------------	-----------------



- c. *Elongación a la ruptura mínima: 350%*
- d. *El módulo de corte de los apoyos es de 1.2 MPa”*

6.2. Requerimientos para los apoyos de puentes peatonales

A continuación, se presenta la transcripción de los requerimientos de los apoyos elastoméricos que se especificaron en los planos estructurales del Puente Peatonal K97+252 (CHEC, 2020), los cuales también aplican para los otros puentes peatonales del proyecto.

“El bloque de goma debe cumplir con los siguientes requerimientos:

Junta Dureza (Shore A) ≥ 60

Esfuerzo a la ruptura mínimo: ≥ 2250 PSI

Elongación última (% Min): $\geq 350\%$

Módulo de corte a temperatura de 23°: ≥ 97 PSI

Grado de elastómero: El grado mínimo debe ser el grado 3

El módulo de corte de los apoyos es de 1.2 MPA

Además de los requerimientos mencionados arriba, el bloque de goma debe cumplir también los siguientes requisitos normativos:

Los apoyos de puente deben cumplir con los requisitos de la especificación indicada del Capítulo 14 de AASHTO LFRD-2014 y al mismo tiempo deben cumplir con las especificaciones ASTM y CR-2010: M169 (ASTM A108), M102M/M102 (ASTM A668/A668M) o M270M/M270 (ASTM A709/A709M), Grados 36, 50 o 50W. Durante el proceso de construcción, el proveedor debe ofrecer un certificado de apoyo que cumpla con dichas especificaciones.”



6.3. Observaciones con respecto a los requerimientos especificados en los planos estructurales

En relación con los requerimientos para apoyos elastoméricos especificados en los planos estructurales, los cuales fueron presentados en las secciones 6.1 y 6.2 de este informe, se hacen las siguientes observaciones:

- A. El requerimiento de esfuerzo a la ruptura mínimo de 17 MPa que se especificó para los pasos superiores vehiculares e intercambios es más estricto que el que se indica en la norma AASHTO M 251-06, el cual corresponde a 15.5 MPa.
- B. El requerimiento de elongación a la ruptura mínima de 350% es menos estricto que el que se indica en la norma AASHTO M 251-06 para elastómeros de hule natural con dureza de 60. En el caso del método general de la Sección 4.1.1 de AASHTO M 251-06, la elongación mínima requerida es de 450%, y en el caso del método alternativo del Apéndice X.1 de AASHTO M 251-06, la elongación mínima requerida es de 400%.
- C. Aunque en los requerimientos especificados en planos no se indica explícitamente el cumplimiento de la norma AASHTO M 251-06, sí se solicita el cumplimiento de la especificación CR-2010. Como se mencionó en la Sección 5 de este informe, el CR-2010 requiere el cumplimiento de la norma AASHTO M 251-06, por lo que esta norma sí se está especificando de manera indirecta.
- D. En el caso de los puentes peatonales, en los planos estructurales se indica que el grado mínimo del elastómero debe ser grado 3, el cual no es aplicable en Costa Rica ya que se utiliza en apoyos que serán sometidos a temperaturas bajo cero que persistan por hasta dos semanas. El elastómero de uso común en Costa Rica es el elastómero de grado 0.

Debido a las diferencias encontradas entre los requerimientos de los planos estructurales y los requerimientos de la norma AASHTO M 251-06, la revisión que se presenta en este informe incluyó la verificación del cumplimiento de ambos criterios. Esto se explica con mayor detalle en la siguiente sección.

EIC-Lanamme-INF-0050-2023	30 de enero, 2023	Página 16 de 29
---------------------------	-------------------	-----------------



7. REVISIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN DE CALIDAD DE LOS APOYOS ELASTOMÉRICOS

7.1. Criterios considerados para la revisión

Se desarrollaron tres listas de verificación con el fin de evaluar de manera sistemática que se cumplan los requerimientos especificados en los planos estructurales del proyecto y en la norma AASHTO M 251-06. Las listas de verificación utilizadas se describen a continuación:

1. Lista de verificación para comprobar el cumplimiento de los requerimientos de los materiales que se especificaron en los planos estructurales de los pasos superiores vehiculares e intercambios del proyecto, los cuales fueron presentados en la Sección 6.1 de este informe. Esta lista de verificación, ya aplicada en la revisión de la documentación de calidad de los pasos superiores vehiculares e intercambios, se muestra en la Sección 7.2.1. de este informe.
2. Lista de verificación para comprobar el cumplimiento de los requerimientos de los materiales que se especificaron en los planos estructurales de los puentes peatonales del proyecto, los cuales fueron presentados en la Sección 6.2 de este informe. Esta lista de verificación, ya aplicada en la revisión de la documentación de calidad de los puentes peatonales, se muestra en la Sección 7.2.1. de este informe.
3. Lista de verificación para comprobar el cumplimiento de los requerimientos de la norma AASHTO M 251-06 y, por lo tanto, del CR-2010. Específicamente, haciendo uso de esta lista de verificación se revisaron los siguientes aspectos:
 - A. Cumplimiento de los criterios de aceptación para las propiedades de los materiales de acuerdo con el método alternativo (Apéndice X.1 de la norma AASHTO M 251-06), el cual es aplicable únicamente a apoyos especificados por dureza y diseñados por el Método A, según la sección 14.7.6 de la especificación AASHTO LRFD.
 - B. Cumplimiento de los criterios de aceptación para las propiedades de los materiales de acuerdo con el método general (Sección 4.1.1 de la norma AASHTO M 251-06).
 - C. Cumplimiento de los criterios de aceptación para los ensayos al apoyo terminado.

Es importante recalcar que las memorias de cálculo de los puentes peatonales del proyecto evidencian que el método considerado para el diseño de los apoyos fue el Método A, por lo

EIC-Lanamme-INF-0050-2023	30 de enero, 2023	Página 17 de 29
---------------------------	-------------------	-----------------



que el método alternativo de la norma AASHTO M 251-06 sí es aplicable. Sin embargo, las memorias de cálculo de los pasos superiores vehiculares e intercambios no son claras con respecto a cuál fue el método de diseño considerado (Método A o Método B). Por esta razón, también se hizo la revisión del método general de la norma AASHTO M 251-06.

Esta lista de verificación, ya aplicada en la revisión de la documentación de calidad de los pasos superiores vehiculares, intercambios y puentes peatonales, se muestra en la Sección 7.2.2. de este informe.

La revisión consistió en evaluar, según la información reportada en la documentación de calidad aportada por el fabricante de los apoyos elastoméricos, el grado de cumplimiento para cada uno de los requerimientos establecidos en las listas de verificación, clasificándolo en uno de cinco posibles resultados:

- a) **Sí:** el criterio se cumple en su totalidad, es decir, todos los apoyos cumplen.
- b) **P:** el criterio se cumple parcialmente, es decir, algunos apoyos sí cumplen, pero otros no.
- c) **No:** el criterio no se cumple del todo, es decir, ningún apoyo cumple.
- d) **NI:** no hay suficiente información en la documentación revisada para determinar si el criterio se cumple o no.
- e) **NA:** el criterio no aplica para el caso analizado.

En la siguiente sección del informe se presentan los resultados obtenidos a partir de la revisión de la documentación de calidad de los apoyos elastoméricos de las diferentes estructuras del proyecto, haciendo uso de las listas de verificación anteriormente presentadas.

7.2. Resultados de la revisión

En esta sección se presentan los resultados obtenidos mediante la aplicación de las listas de verificación para comprobar el cumplimiento de los requerimientos que deben cumplir los apoyos elastoméricos del proyecto. Esta revisión consistió de dos partes: (1) verificación del cumplimiento de los requerimientos establecidos en los planos estructurales (resultados presentados en la Sección 7.2.1 del informe), y (2) verificación del cumplimiento de los requerimientos establecidos en la norma AASHTO M 251-06, a la que se hace referencia en el CR-2010 (resultados presentados en la Sección 7.2.2 del informe).

EIC-Lanamme-INF-0050-2023	30 de enero, 2023	Página 18 de 29
---------------------------	-------------------	-----------------



7.2.1. Verificación del cumplimiento de los requerimientos establecidos en los planos estructurales

En el Cuadro 1 se muestra la lista de verificación aplicada a la comprobación del cumplimiento de los requerimientos de los materiales que fueron especificados en los planos estructurales de los **pasos superiores vehiculares e intercambios** del proyecto (ver Sección 6.1 del informe) para cada uno de los 2 tipos de apoyos correspondientes a estas estructuras, identificados como T1 y T2, los cuales fueron descritos en la Sección 3 de este informe.

Cuadro 1. Resultados de la verificación del cumplimiento de los requerimientos de los materiales especificados en los planos estructurales de los pasos superiores vehiculares e intercambios del proyecto.

Criterio	Cumplimiento		Comentarios
	T1	T2	
¿El acero de los apoyos cumple con alguna de las especificaciones ASTM A108, ASTM A668 o ASTM A709?	Sí	Sí	De acuerdo con el certificado de molino aportado por el fabricante, el acero de las láminas de refuerzo de los apoyos cumple con la norma ASTM A36, la cual contiene requerimientos equivalentes a los de norma ASTM A709 para acero Grado 36.
¿El valor de dureza "Shore A" de los apoyos obtenido de los ensayos se encuentra en el rango de 60±5 ?	Sí	Sí	Según lo indicado en los certificados de conformidad del fabricante: - El ensayo de dureza se realizó según la norma ASTM D2240. - Los valores de dureza obtenidos para los apoyos de los pasos superiores vehiculares e intercambios están en el rango de 59 a 62.
¿El valor del esfuerzo a la ruptura (resistencia a la tensión) de los apoyos obtenido de los ensayos es mayor a 17 MPa ?	Sí	Sí	Según lo indicado en los certificados de conformidad del fabricante, los valores de resistencia a la tensión obtenidos para los apoyos de los pasos superiores vehiculares e intercambios se encuentran en el rango de 17.1 MPa a 19.5 MPa.
¿El valor de la elongación a la ruptura (elongación última) de los apoyos obtenido de los ensayos es mayor a 350% ?	Sí	Sí	Según lo indicado en los certificados de conformidad del fabricante, los valores de elongación obtenidos para los apoyos de los pasos superiores vehiculares e intercambios se encuentran en el rango de 416% a 493%.
¿El valor de módulo de cortante de los apoyos obtenido de los ensayos no difiere en más de ±15% del valor especificado en planos? Valor especificado: 1.2 MPa Valores permitidos: 1.02 MPa a 1.38 MPa	Sí	Sí	Según lo indicado en los certificados de conformidad del fabricante, los valores de módulo de cortante obtenidos para los apoyos de los pasos superiores vehiculares e intercambios se encuentran en el rango de 1.02 MPa a 1.24 MPa.



Seguidamente, en el Cuadro 2 se muestra la lista de verificación aplicada a la comprobación del cumplimiento de los requerimientos de los materiales que fueron especificados en los planos estructurales de los **puentes peatonales** del proyecto (ver Sección 6.2 del informe) para cada uno de los 2 tipos de apoyos correspondientes a estas estructuras, identificados como T3 y T4, los cuales fueron descritos en la Sección 3 de este informe.

Cuadro 2. Resultados de la verificación del cumplimiento de los requerimientos de los materiales especificados en los planos estructurales de los puentes peatonales del proyecto.

Criterio	Cumplimiento		Comentarios
	T3	T4	
¿El acero de los apoyos cumple con alguna de las especificaciones ASTM A108, ASTM A668 o ASTM A709?	NA	NA	Este requerimiento no es aplicable a los apoyos elastoméricos de los puentes peatonales, ya que estos no presentan refuerzo de láminas de acero.
¿El valor de dureza "Shore A" de los apoyos obtenido de los ensayos es mayor o igual a 60 ?	Sí	Sí	Según lo indicado en los certificados de conformidad del fabricante: - El ensayo de dureza se realizó según la norma ASTM D2240. - Los valores de dureza obtenidos para los apoyos de los puentes peatonales están en el rango de 59 a 63. Aunque algunos apoyos no cumplen con el valor mínimo especificado en planos, el Artículo C14.7.6.2 de AASHTO LRFD (2014) permite una variación de ± 5 puntos en la escala de dureza Shore A, por lo que esto no se considera motivo de rechazo.
¿El valor del esfuerzo a la ruptura (resistencia a la tensión) de los apoyos obtenido de los ensayos es mayor o igual a 2250 psi (15.5 MPa) ?	Sí	Sí	Según lo indicado en los certificados de conformidad del fabricante, los valores de resistencia a la tensión obtenidos para los apoyos de los puentes peatonales se encuentran en el rango de 17.1 MPa a 19.5 MPa.
¿El valor de la elongación a la ruptura (elongación última) de los apoyos obtenido de los ensayos es mayor o igual a 350% ?	Sí	Sí	Según lo indicado en los certificados de conformidad del fabricante, los valores de elongación obtenidos para los apoyos de los puentes peatonales se encuentran en el rango de 412% a 493%.
¿El valor del módulo de cortante a temperatura de 23° obtenido de los ensayos es mayor a 97 psi (0.67 MPa) ?	Sí	Sí	Según lo indicado en los certificados de conformidad del fabricante, los valores de módulo de cortante obtenidos para los apoyos de los puentes peatonales se encuentran en el rango de de 0.97 MPa a 1.24 MPa.



Cuadro 2 (cont.). Resultados de la verificación del cumplimiento de los requerimientos de los materiales especificados en los planos estructurales de los puentes peatonales del proyecto.

Criterio	Cumplimiento		Comentarios
	T3	T4	
<p>¿El valor de módulo de cortante de los apoyos obtenido de los ensayos no difiere en más de $\pm 15\%$ del valor especificado en planos? Valor especificado en planos: 1.2 MPa Valores permitidos: 1.02 MPa a 1.38 MPa</p>	P	P	<p>Según lo indicado en los certificados de conformidad del fabricante, los valores de módulo de cortante obtenidos para los apoyos de los puentes peatonales se encuentran en el rango de 0.97 MPa a 1.24 MPa, por lo que no todos cumplen con el valor mínimo especificado en planos. Específicamente, los consecutivos de los apoyos que no cumplen con este requerimiento son los siguientes:</p> <p>250x250x30 mm (T3): 1-10. Al respecto, el fabricante incluyó una comprobación numérica de que estos apoyos podrán ser utilizados siempre y cuando no se coloquen en los puentes peatonales con mayores solicitaciones (K87+690, K95+956, K97+252), que corresponden a los puentes peatonales que presentan tramos de 20 m de longitud.</p> <p>200x300x30 mm (T4): 1-22, 113-121. Al respecto, el fabricante incluyó una comprobación numérica de que la solicitación en este tipo de apoyos es baja, por lo que pueden ser colocados en cualquier puente peatonal.</p> <p>Las comprobaciones anteriores realizadas por el fabricante se basan en el cumplimiento del Artículo 14.7.6.3.2 de la especificación AASHTO LRFD (2014), utilizando las cargas de servicio que se indican en las memorias de cálculo del diseño estructural de cada puente elaboradas por CHEC.</p> <p>Además de los tres puentes peatonales que menciona el fabricante, es importante tener presente que los puentes peatonales K84+197, K132+213, K152+615, K152+972 y K155+451 también cuentan con al menos un tramo de 20 m de longitud, por lo que en estos puentes tampoco se podrían utilizar los apoyos de 250x250x30 mm que no cumplieron con el valor mínimo del módulo de cortante (consecutivos 1 al 10).</p>



7.2.2. Verificación del cumplimiento de las normas AASHTO M 251-06 y CR-2010

En el Cuadro 3 se muestra la lista de verificación aplicada a la verificación del cumplimiento de los requerimientos de la norma AASHTO M 251-06 (a la cual se hace referencia en el CR-2010) para cada uno de los 4 tipos de apoyos que fueron descritos en la Sección 3 de este informe, identificados como T1, T2, T3 y T4.

Cuadro 3. Resultados de la verificación del cumplimiento de las normas AASHTO M 251-06 y CR-2010.

Art. AASHTO M251-06	Criterio	Cumplimiento				Comentarios
		T1	T2	T3	T4	
A. Requerimientos con respecto a las propiedades de los materiales (Método general)						
4.1.1 8.8.4	Ensayo de módulo de cortante según la Sección 8.8.4 de la norma: ¿Se obtuvo un resultado de al menos 0.55 MPa ?	Sí	Sí	Sí	Sí	Según lo indicado en los certificados de conformidad del fabricante, los valores de módulo de cortante obtenidos se encuentran en el rango de 0.97 MPa a 1.24 MPa.
4.1.1	Ensayo de resistencia a la tensión según ASTM D412: ¿Se obtuvo un resultado de al menos 15.5 MPa ?	Sí	Sí	Sí	Sí	Según lo indicado en los certificados de conformidad del fabricante, los valores de resistencia a la tensión obtenidos se encuentran en el rango de 17.1 a 19.5 MPa.
4.1.1	Ensayo de elongación última según ASTM D412: ¿Se obtuvo un resultado de al menos 450% ?	P	P	P	P	Según lo indicado en los certificados de conformidad del fabricante, los valores de elongación obtenidos se encuentran en el rango de 412% a 493%, por lo que no todos satisfacen los requerimientos de la norma AASHTO M 251-06. (Notar que este requerimiento es más estricto que el requerimiento correspondiente del Apéndice X.1). Específicamente, los consecutivos de los apoyos que no cumplen con este requerimiento son los siguientes: 300x63 mm (T1): 1-8, 19-39, 67-81 300x65 mm (T2): 15-32 250x250x30 mm (T3): 1-10, 41-66, 83-96 200x300x30 mm (T4): 1-22, 23-44, 69-80, 113-121, 122-140, 156-200, 227-232, 233-240, 305-343, 369-382, 390-405.
4.2	¿Las láminas de acero utilizadas como refuerzo cumplen con ASTM A36 o ASTM A1011?	Sí	Sí	Sí	Sí	Se incluye el certificado de molino del acero utilizado en las láminas de refuerzo del apoyo, en el cual se indica la conformidad del acero con la norma ASTM A36.



Cuadro 3 (cont.). Resultados de la verificación del cumplimiento de las normas AASHTO M 251-06 y CR-2010.

Art. AASHTO M251-06	Criterio	Cumplimiento				Comentarios
		T1	T2	T3	T4	
8.8.4	<p>Ensayo de módulo de cortante según el Anexo A1 o Anexo B1 de AASHTO M 251-06, o el Anexo A1 de ASTM D4014 modificado por AASHTO M 251-06:</p> <p>¿Se obtuvo un resultado que no difiere en más de $\pm 15\%$ del valor especificado? Valor especificado en planos: 1.2 MPa Valores permitidos por la norma: 1.02 MPa a 1.38 MPa</p>	SÍ	SÍ	P	P	<p>- Según lo reportado en los certificados de conformidad del fabricante, los valores de módulo de cortante obtenidos para los apoyos de los puentes peatonales (T3 y T4) se encuentran en el rango de 0.97 MPa a 1.24 MPa, por lo que no todos satisfacen el requerimiento de la norma (ver Cuadro 2 de este informe).</p> <p>- El ensayo de módulo de cortante se realizó de acuerdo con el Anexo A1 de la norma ASTM D4014. Sin embargo, no existe evidencia de que se hayan realizado las modificaciones al procedimiento del ensayo que establece el Artículo 8.8.4 de la norma AASHTO M 251-06.</p>
B. Requerimientos con respecto a las propiedades de los materiales (Método alternativo)						
X1 X1.1	¿El método alternativo es aplicable según el método de diseño de los apoyos y las propiedades especificadas?	NI	NI	SÍ	SÍ	No se encontró evidencia dentro de la memoria de cálculo de los pasos superiores vehiculares e intercambios de que los apoyos elastoméricos hayan sido diseñados según el Método A, lo cual es un requisito para la aplicación de este método alternativo.
X1.3	Ensayo de dureza según ASTM D2240: ¿Se obtuvo un resultado en el rango de 60\pm5 ?	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	Según lo indicado en los certificados de conformidad del fabricante, los valores de dureza obtenidos están en el rango de 59 a 63.
X1.3	Ensayo de resistencia a la tensión según ASTM D412: ¿Se obtuvo un resultado de al menos 15.5 MPa ?	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	Según lo indicado en los certificados de conformidad del fabricante, los valores de resistencia a la tensión obtenidos se encuentran en el rango de 17.1 a 19.5 MPa.
X1.3	Ensayo de elongación última según ASTM D412: ¿Se obtuvo un resultado de al menos 400% ?	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	Según lo indicado en los certificados de conformidad del fabricante, los valores de elongación obtenidos se encuentran en el rango de 412% a 493%.
X1.3	¿El resultado del ensayo de resistencia al calor según ASTM D573 es satisfactorio?	NI	NI	NI	NI	En los certificados de conformidad del fabricante no se incluye información con respecto al ensayo de resistencia al calor según ASTM D573.
X1.3	¿El resultado del ensayo de deformación remanente por compresión según ASTM D395 es satisfactorio?	NI	NI	NI	NI	En los certificados de conformidad del fabricante no se incluye información con respecto al ensayo de deformación remanente por compresión según ASTM D395.



Cuadro 3 (cont.). Resultados de la verificación del cumplimiento de las normas AASHTO M 251-06 y CR-2010.

Art. AASHTO M251-06	Criterio	Cumplimiento				Comentarios
		T1	T2	T3	T4	
C. Requerimientos con respecto a los ensayos al producto terminado						
6.1	¿Se cumplen los requerimientos con respecto a las dimensiones del apoyo, las capas de elastómero y láminas de acero?	Sí	Sí	Sí	Sí	En todos los certificados de conformidad del fabricante se indica que los apoyos cumplieron con las tolerancias dimensionales exigidas en la norma. Sin embargo, no se incluye el detalle de las mediciones realizadas, por lo que no es posible verificar el cumplimiento de este requerimiento por parte de un tercero.
8.8.1	¿El resultado del ensayo de deformación por compresión a 100% de la carga de diseño es satisfactorio?	Sí	Sí	Sí	Sí	El límite de deformación máximo permitido fue determinado por el fabricante con base en la información incluida en las memorias de cálculo de diseño estructural. En el caso de los apoyos de los pasos superiores vehiculares (T1 y T2), el límite máximo considerado por el fabricante es menos estricto que el que se obtiene por medio de la Figura C14.7.6.3.1-1 de AASHTO LRFD (2014) para una dureza de 60. A pesar de ello, los resultados del ensayo siguen siendo satisfactorios si se hubiera considerado este límite más estricto.
8.8.2	¿El resultado del ensayo de compresión a 150% de la carga de diseño es satisfactorio?	Sí	Sí	Sí	Sí	Según lo indicado en los informes de resultados de los ensayos, no se observó afectación alguna en los apoyos después de realizar este ensayo.
8.8.3 Anexo B1	¿El ensayo de flujo plástico cumple con el límite especificado en el diseño?	Sí	Sí	Sí	Sí	Según lo indicado en los informes de resultados de los ensayos, en todos los casos el resultado del ensayo de flujo plástico fue menor al valor especificado en la Tabla 14.7.6.2-1 de AASHTO LRFD (2014).
8.8.3 Anexo B1	¿El resultado del ensayo de resistencia a la adherencia es satisfactorio?	Sí	Sí	Sí	Sí	Según lo indicado en los informes de resultados de los ensayos, no se presentó evidencia o indicios de falla en el material al realizar el ensayo de resistencia a la adherencia, obteniéndose un resultado satisfactorio en todos los casos.



8. CONCLUSIONES

En las siguientes secciones se presentan las conclusiones obtenidas a partir de la revisión de la documentación de calidad de los apoyos elastoméricos de los pasos superiores vehiculares, intercambios y puentes peatonales del proyecto.

8.1. Conclusiones con respecto a los requerimientos de los planos estructurales

1. Existen algunas diferencias entre los requerimientos que fueron especificados en los planos estructurales del proyecto con respecto a los requerimientos de la norma AASHTO M 251-06. Específicamente, el requerimiento de esfuerzo a la ruptura (resistencia a la tensión) es más estricto en los planos estructurales que en la norma, mientras que el requerimiento de elongación a la ruptura (elongación última) es menos estricto.
2. Los apoyos elastoméricos de los **pasos superiores vehiculares e intercambios** cumplen con todos los requerimientos de los materiales que fueron especificados en los planos estructurales del proyecto, concretamente los siguientes: propiedades del acero, dureza, esfuerzo a la ruptura, elongación a la ruptura y módulo de cortante.
3. Los apoyos elastoméricos de los **puentes peatonales** cumplen con la mayoría de los requerimientos de los materiales que fueron especificados en los planos estructurales del proyecto, concretamente los siguientes: dureza, esfuerzo a la ruptura y elongación a la ruptura.
4. Algunos apoyos elastoméricos de los **puentes peatonales** no cumplieron el requerimiento de módulo de cortante, ya que no alcanzaron el valor mínimo especificado. Con respecto a este incumplimiento, el fabricante de los apoyos realizó un análisis de la información incluida en las memorias de cálculo estructurales de los puentes peatonales elaboradas por CHEC, a partir del cual determinó lo siguiente:
 - a. Los apoyos de 250x250x30 mm (a colocar en la estructura principal de los puentes peatonales) que incumplieron con el valor mínimo del módulo de cortante podrán ser utilizados siempre y cuando no se coloquen en los puentes peatonales que presentan los tramos de mayor longitud (20 m), ya que estos representan una demanda alta para los apoyos.



- b. Los apoyos de 200x300x30 mm (a colocar en las rampas de los puentes peatonales) que incumplieron con el valor mínimo del módulo de cortante pueden ser utilizados en cualquier puente peatonal, dado que en todos los casos las solicitaciones son bajas.

8.2. Conclusiones con respecto a los requerimientos de la norma AASHTO M 251-06 y el CR-2010

1. En lo que respecta al tema de apoyos elastoméricos, el CR-2010 establece que estos dispositivos y su fabricación deben cumplir con los requerimientos de la norma AASHTO M 251, por lo que esta fue la norma que se consideró en la revisión.
2. Todos los apoyos elastoméricos, tanto de los pasos superiores vehiculares e intercambios como de los puentes peatonales, cumplen con los requerimientos de los **ensayos al producto terminado** que establece la norma AASHTO M 251-06, específicamente los siguientes: ensayo de compresión a 100% de la carga de diseño, ensayo de compresión a 150% de la carga de diseño, ensayo de flujo plástico y resistencia a la adherencia.
3. En lo que respecta a las **propiedades del elastómero**, no se cumplió con la totalidad de los requerimientos de la norma AASHTO M 251-06, independientemente de cuál de los dos métodos permitidos por la norma se considere (método general o método alternativo, los cuales describen en la Sección 5 de este informe), como se detalla a continuación:
 - 3.1. Si se considera el método general, todos los apoyos cumplen satisfactoriamente con el requerimiento de resistencia a la tensión. Sin embargo, algunos apoyos no cumplen los requerimientos de elongación última y módulo de cortante, ya que no alcanzaron el valor mínimo permitido por la norma para estas propiedades.
 - 3.2. Si se considera el método alternativo (aplicable únicamente a apoyos especificados por dureza y diseñados por el Método A, según la sección 14.7.6 de la especificación AASHTO LRFD), todos los apoyos cumplen satisfactoriamente con los requerimientos de dureza, resistencia a la tensión y elongación última. Sin embargo, la documentación aportada por el fabricante no incluye información con respecto al ensayo de resistencia al calor según ASTM D573 ni el ensayo de deformación remanente por compresión según ASTM D395, los cuales también son ensayos requeridos por el método alternativo de AASHTO M 251-06. Adicionalmente, no fue posible comprobar la aplicabilidad del método alternativo para los apoyos de los pasos superiores vehiculares e intercambios,



pues las memorias de cálculo de estas estructuras no son claras con respecto a cuál fue el método considerado para el diseño de los apoyos (Método A o Método B).

4. Es importante recalcar que todos los ensayos al elastómero y al producto terminado fueron realizados por el fabricante de los apoyos elastoméricos, es decir, no fueron realizados por un laboratorio independiente del fabricante, que sería lo más indicado con tal de cumplir a cabalidad con los principios de objetividad e imparcialidad establecidos en la norma INTE/ISO/IEC 17025:2017 para laboratorios de ensayo (INTECO, 2017).

9. RECOMENDACIONES

Con base en los resultados de la revisión de la documentación de calidad de los apoyos elastoméricos de los pasos superiores vehiculares, intercambios y puentes peatonales del proyecto, se recomienda a la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR ejecutar las siguientes acciones:

1. Reportar a la Administración las observaciones brindadas en este informe con respecto a incumplimientos parciales de los requerimientos especificados en la norma para apoyos elastoméricos AASHTO M 251-06.
2. Recomendar a la Administración que verifique los cálculos realizados por el fabricante (con base en las cargas de servicio obtenidas de las memorias de cálculo estructurales de CHEC) para los apoyos de 250x250x30 mm con consecutivos 1 al 10, los cuales no alcanzaron el valor mínimo de módulo de cortante especificado en los planos estructurales, con el fin de asegurar el cumplimiento del Artículo 14.7.6.3.2 de la especificación AASHTO LRFD (2014).
3. En dado caso que la Administración valide los cálculos realizados por el fabricante indicados en la recomendación anterior, se debe verificar en sitio que los apoyos de 250x250x30 mm con consecutivos 1 al 10, los cuales no alcanzaron el valor mínimo de módulo de cortante especificado en los planos estructurales, se hayan colocado en puentes peatonales con tramos de 16 metros o menos, ya que estos son los puentes que representarían una menor demanda para los apoyos.
4. Recomendar a la Administración que solicite a la empresa fabricante de los apoyos elastoméricos los resultados de los ensayos de (1) resistencia al calor según ASTM D573 y (2) deformación remanente por compresión según ASTM 395, los cuales son requeridos para

EIC-Lanamme-INF-0050-2023	30 de enero, 2023	Página 27 de 29
---------------------------	-------------------	-----------------



establecer en su totalidad la conformidad con los requerimientos de la norma AASHTO M 251-06 según el método alternativo establecido en el Apéndice X.1 de la norma. En caso de que estos ensayos no se hayan realizado, se recomienda que la Administración solicite a la empresa fabricante una justificación de por qué no se realizaron.

5. Es de gran importancia dar seguimiento al proceso de implementación, por parte del Laboratorio de Estructuras del LanammeUCR, de todos los ensayos al elastómero y al producto terminado que son requeridos por la norma AASHTO M 251-06. Esto le permitiría al LanammeUCR contar con la capacidad suficiente para en futuros proyectos realizar, como parte de las competencias de fiscalización asignadas por medio de la Ley 8114, una verificación independiente de estos ensayos, y de esta forma promover el cumplimiento de los principios de objetividad e imparcialidad establecidos en la norma INTE/ISO/IEC 17025:2017 para laboratorios de ensayo (INTECO, 2017).

10. REFERENCIAS

American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO. (2014). *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications. 7th Edition*. Washington D.C.: AASHTO.

American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO. (2020). *Standard Specification for Plain and Laminated Elastomeric Bridge Bearings. M 251-06 (2020)*. Washington D.C.: AASHTO.

ASTM International (2018). *Standard Specification for Plain and Steel-Laminated Elastomeric Bearings for Bridges. D4014-03 (Reapproved 2018)*. West Conshohocken, Pennsylvania: ASTM.

China Harbour Engineering Company, CHEC. (2020). *Puente Peatonal (K97+252.000)*. Planos Estructurales. Versión WD 03. Documento proporcionado por la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR.

China Harbour Engineering Company, CHEC. (2021). *Paso superior vial Intercambio Pocora K 83+601.074*. Planos Estructurales. Versión WD 02. Documento proporcionado por la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR.

EIC-Lanamme-INF-0050-2023	30 de enero, 2023	Página 28 de 29
---------------------------	-------------------	-----------------



INTECO. (2017). *Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración*. Norma INTE/ISO/IEC 17025:2017. San José, Costa Rica: INTECO.

Ministerio de Obras Públicas y Transportes, MOPT. (2010). *Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes, CR-2010*. Disponible en <https://www.mopt.go.cr/wps/wcm/connect/28a27ca9-2ec2-49ae-838c-6f89e21d43b4/CR-2010.pdf?MOD=AJPERES>

OJM Consultores de Calidad y Laboratorios S.A. (2022, 21 de junio). *Aceptación de lotes de primera entrega de soportes elastoméricos HC para pasos peatonales*. Oficio N° O-10-105-2022. Documento proporcionado por la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR.

OJM Consultores de Calidad y Laboratorios S.A. (2022, 22 de agosto). *Aceptación de lotes de segunda entrega de soportes elastoméricos HC*. Oficio N° O-10-137-2022. Documento proporcionado por la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR.

Portilla & Borbón. (2022). *Resultados de ensayos a compresión a apoyos puentes peatonales*. Hulera Costarricense LTDA. Anexo al Oficio N° O-10-105-2022 de OJM Consultores de Calidad y Laboratorios S.A.