



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Proyecto: LM-PI-AT-0031-2017

Evaluación de las prácticas y procesos constructivos de la vía e inspección de los puentes del proyecto paso a desnivel de Paso Ancho sobre la Ruta Nacional No.39

Licitación Pública Internacional No.2012LI-000020-0DE00

INFORME FINAL

Preparado por:
Unidad de Auditoría Técnica
LanammeUCR



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

Junio, 2017



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Evaluación de las prácticas y procesos constructivos de la vía e inspección de los puentes del proyecto paso a desnivel de Paso Ancho sobre la Ruta Nacional No.39

PITRA; Acosta-Hernández, Erick¹; Hidalgo-Arroyo Ana²; Fonseca-Chaves Francisco³, Sequeira-Rojas, Wendy⁴ y Loria-Salazar, Luis Guillermo⁵

¹ Ingeniero Auditor Técnico. PITRA LanammeUCR

² Ingeniero Auditor Técnico. PITRA LanammeUCR

³ Ingeniera Auditora Técnica. PITRA LanammeUCR

⁴ Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica. PITRA LanammeUCR

⁵ Coordinador General Programa de Infraestructura del Transporte LanammeUCR

Palabras Clave: PITRA, Construcción, Puentes, Mezcla asfáltica, Deflexiones, Acero.

Sobre el proceso constructivo: Las deflexiones verticales obtenidas por el LanammeUCR muestran una alta variabilidad en los resultados y al ser comparados con los valores obtenidos en otros proyectos de obra nueva resultan ser elevados para una estructura de pavimento recién construida. Se colocó material granular como relleno para mitigar el efecto de agua en la subrasante. La capa final de ruedo de mezcla asfáltica se colocó, en algunos tramos, sobre una capa de base estabilizada que contaba con no-conformidades relacionadas con incumplimientos en la especificación de compactación. Las estructuras de pavimento colocadas en sitio no son trazables con respecto a la ubicación declarada por la Unidad Ejecutora.

Se observó uso de "traba" sobre el riego de liga recién colocado sobre la capa de base estabilizada. Son conocidos los efectos perjudiciales que esta práctica tiene en cuanto a la adherencia entre capas.

La primera capa de ruedo de las rampas de los ejes No. 3 y 5, presentó deterioros prematuros, lo que obligó a realizar intervenciones de mantenimiento y reforzamiento antes de colocar la segunda capa de mezcla. Esta situación generó un reclamo hacia la Administración por costos adicionales.

En la zona del viaducto se observó la compactación de una sección lateral de mezcla asfáltica, que ante la ausencia de cunetas, tendrá la función de canalizar las aguas hacia los tragantes colocados en las márgenes del proyecto. Además, se observó que algunas de las rejillas de los tragantes tienen parte de su área disponible para evacuar el agua de escorrentía obstaculizada, debido a que se encuentran apoyadas sobre un elemento de concreto que restringe su capacidad hidráulica.

Sobre la calidad de los materiales: En el acero de refuerzo utilizado en el proyecto se evidenciaron incumplimientos en la especificación de altura de corrugaciones y en el control de los certificados de calidad. En el concreto lanzado de los muros laterales se ha observado la presencia de agrietamientos de diferentes grados de severidad. En algunos casos se ha observado la salida de material fino (suelo) y agua por las fisuras.

Sobre la inspección de los puentes: Los planos constructivos y la memoria de cálculo aprobados no presentan información sobre los procedimientos constructivos, parámetros y evaluaciones que deben realizarse durante el diseño estructural y ser utilizada durante la inspección de las obras. Los puentes entraron en operación con elementos deteriorados (apoyos, losa de aproximación y juntas de expansión) y reparaciones pendientes de ejecutar a pesar de que fueron identificadas durante el proceso constructivo.



1. Informe LM-PI-AT-31-2017	2. Copia No. 1	
3. Título y subtítulo: Evaluación de las prácticas y procesos constructivos de la vía e inspección de los puentes del proyecto paso a desnivel de paso ancho sobre la Ruta Nacional No.39	4. Fecha del Informe Junio, 2017	
7. 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		
8. Notas complementarias		
9. Resumen <i>Sobre el proceso constructivo:</i> Las deflexiones verticales obtenidas por el LanammeUCR muestran una alta variabilidad en los resultados y al ser comparados con los valores obtenidos en otros proyectos de obra nueva resultan ser elevados para una estructura de pavimento recién construida. Se colocó material granular como relleno para mitigar el efecto de agua en la subrasante. La capa final de ruedo de mezcla asfáltica se colocó, en algunos tramos, sobre una capa de base estabilizada que contaba con no-conformidades relacionadas con incumplimientos en la especificación de compactación. Las estructuras de pavimento colocadas en sitio no son trazables con respecto a la ubicación declarada por la Unidad Ejecutora. <i>Se observó uso de "traba" sobre el riego de liga recién colocado sobre la capa de base estabilizada. Son conocidos los efectos perjudiciales que esta práctica tiene en cuanto a la adherencia entre capas. La primera capa de ruedo de las rampas de los ejes No. 3 y 5, presentó deterioros prematuros, lo que obligó a realizar intervenciones de mantenimiento y reforzamiento antes de colocar la segunda capa de mezcla. Esta situación generó un reclamo hacia la Administración por costos adicionales. En la zona del viaducto se observó la compactación de una sección lateral de mezcla asfáltica, que ante la ausencia de cunetas, tendrá la función de canalizar las aguas hacia los tragantes colocados en las márgenes del proyecto. Además, se observó que algunas de las rejillas de los tragantes tienen parte de su área disponible para evacuar el agua de escorrentía obstaculizada, debido a que se encuentran apoyadas sobre un elemento de concreto que restringe su capacidad hidráulica.</i> <i>Sobre la calidad de los materiales:</i> En el acero de refuerzo utilizado en el proyecto se evidenciaron incumplimientos en la especificación de altura de corrugaciones y en el control de los certificados de calidad. En el concreto lanzado de los muros laterales se ha observado la presencia de agrietamientos de diferentes grados de severidad. En algunos casos se ha observado la salida de material fino (suelo) y agua por las fisuras. <i>Sobre la inspección de los puentes:</i> Los planos constructivos y la memoria de cálculo aprobados no presentan información sobre los procedimientos constructivos, parámetros y evaluaciones que deben realizarse durante el diseño estructural y ser utilizada durante la inspección de las obras. Los puentes entraron en operación con elementos deteriorados (apoyos, losa de aproximación y juntas de expansión) y reparaciones pendientes de ejecutar a pesar de que fueron identificadas durante el proceso constructivo.		
10. Palabras clave PITRA, Construcción, Puentes, Mezcla asfáltica, deflexiones.	11. Nivel de seguridad: Confidencial	12. Núm. de páginas 74



INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA EN VERSIÓN PRELIMINAR

Evaluación de las Prácticas y Procesos Constructivos de la Vía e Inspección de los Puentes del Proyecto Paso a Desnivel de Paso Ancho sobre la Ruta Nacional No. 39.

Departamento encargado del proyecto: Unidad Ejecutora del Primer Programa de Infraestructura del Transporte (PIV-1)

Laboratorio de verificación de calidad: OJM Consultores de Calidad y Laboratorios. S.A.

Empresa contratista: Constructora MECO

Laboratorio de control de calidad: Ingeniería Técnica de Proyectos (ITP)

Monto original del contrato: US\$ 4.721.249.504,71

Plazo original de ejecución: 600 días calendario

Proyecto:

Contratación del Diseño y Construcción del Intercambio Paso Ancho de la Carretera de Circunvalación, Ruta Nacional No. 39 LPI No.2012LI-000020-ODE00

Coordinador General de Programa de Infraestructura de Transporte, PITRA-LanammeUCR:
Ing. Luís Guillermo Loría Salazar, PhD.

Coordinadora de la Unidad de Auditoría Técnica PITRA-LanammeUCR:
Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc.

Audidores:

Ing. Erick Acosta Hernández, Auditor Técnico Líder.
Ing. Ana Elena Hidalgo Arroyo, Auditor Técnico Adjunto.

Asesor Legal :

Lic. Miguel Chacón Alvarado
Lic. Owen Gooden Morales

Expertos técnicos:

Ing. Ana Lorena Monge Sandí, MSc. Programa de Ingeniería Geotécnica, LanammeUCR.
Ing. Rolando Castillo Barahona, PhD. Programa de Ingeniería Estructural, LanammeUCR.

Alcance del informe:

Análisis de calidad del concreto, acero de refuerzo, y capas de material granular, base estabilizada y mezcla asfáltica de los elementos construidos a partir del febrero del 2015 que inicia la auditoría técnica a Diciembre 2016; y evaluación de las prácticas y procedimientos constructivos con forma a la normativa actual y las buenas prácticas de la ingeniería.



TABLA DE CONTENIDO

1. FUNDAMENTACIÓN.....	8
2. OBJETIVO General DE LAS AUDITORÍAs TÉCNICAS	8
3. objetivos del informe.....	9
3.1 OBJETIVO GENERAL	9
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
4. ALCANCE DEL INFORME	9
5. METODOLOGÍA.....	10
6. DOCUMENTOS DE PREVALENCIA	11
7. ANTECEDENTES	12
8. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	14
9. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA	15
10.1 SOBRE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS.....	17
Observación No. 1. Las deflexiones verticales obtenidas en el pavimento y las prácticas constructivas observadas durante la construcción del viaducto, evidencian un riesgo potencial de que la estructura de pavimento tenga una vida útil menor a la esperada.	17
Hallazgo No. 1 Se evidenció el uso de una capa de "traba" o "polveado" sobre el riego de liga durante la colocación de mezcla asfáltica.....	35
Hallazgo No. 2. Las rampas del intercambio entraron en servicio con una capa de ruedo rehabilitada diferente a la aprobada en el diseño original del proyecto.....	38
Observación No. 2. Se observó el uso de equipo de bajo tonelaje durante la compactación del espaldón y obstrucciones en las rejillas del sistema de drenaje que pueden favorecer el ingreso de agua a las capas inferiores del pavimento.	43
10.2 SOBRE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES.....	45
Hallazgo No. 3. Se evidenciaron incumplimientos de los requisitos de calidad del acero de refuerzo.	45
Hallazgo No. 4. Los documentos de calidad del acero de refuerzo omiten parte de la información requerida por la reglamentación vigente y las especificaciones del proyecto.	51
Observación No. 3. Los muros de concreto lanzado del viaducto muestran agrietamientos de diversos grados de severidad.	53
10.3 SOBRE LA INSPECCIÓN DE LOS PUENTES.....	57
Hallazgo No. 5. Los planos del proyecto fueron aprobados a pesar de contar con información incompleta sobre el proceso constructivo de los puentes.....	57
Hallazgo No. 6. Los puentes entraron en operación con elementos deteriorados (apoyos, losa de aproximación y juntas de expansión) y reparaciones pendientes de ejecutar, a pesar de que los daños fueron identificados durante el proceso constructivo.	60



Observación No. 4. Las alas de las vigas y otros elementos de las vigas metálicas de los puentes presentan riesgo de deterioros prematuros por corrosión por efecto de los bordes filosos. 65

10. CONCLUSIONES 69

11. RECOMENDACIONES..... 72

REFERENCIAS 74

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 1. INICIO DEL TRAMO INTERVENIDO SECTOR OESTE DEL VIADUCTO..... 27

FOTOGRAFÍA 2. SUBRASANTE EJE NO. 1 SECTOR ESTE. 31

FOTOGRAFÍA 3. COPIA DEL FOLIO NO. 49 DE LA BITÁCORA DEL PROYECTO. 32

FOTOGRAFÍA 4. CONSTRUCCIÓN DE SUB-DRENAJES EN EL EJE NO. 1 SECTOR OESTE..... 35

FOTOGRAFÍA 5. CAPA DELGADA O "TRABA" DURANTE LA COLOCACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE. 36

FOTOGRAFÍA 6. USO DE "TRABA" DURANTE LA COLOCACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE 36

FOTOGRAFÍA 7. APLICACIÓN DE RIEGO DE LIGA Y USO DE "TRABA". 37

FOTOGRAFÍA 8. AGRIETAMIENTOS TIPO "CUERO DE LAGARTO" EN EL EJE NO. 5..... 39

FOTOGRAFÍA 9. GRIETA LONGITUDINAL EN EL EJE NO. 5..... 39

FOTOGRAFÍA 10. SELLO DE GRIETAS EN EL EJE NO. 6 (RAMPA). 40

FOTOGRAFÍA 11. ÁREAS BACHEADAS. 40

FOTOGRAFÍA 12. GEOMALLA ENTRE CAPAS DE MEZCLA ASFÁLTICA EN EL EJE NO. 3..... 41

FOTOGRAFÍA 13. ZONAS LATERALES COMPACTADAS CON EQUIPO MENOR. 43

FOTOGRAFÍA 14. REJILLAS CON CAPACIDAD LIMITADA. 44

FOTOGRAFÍA 15. MUESTRAS DE ACERO DE REFUERZO. 45

FOTOGRAFÍA 16. AGRIETAMIENTOS DE LOS MUROS LATERALES DEL VIADUCTO. 54

FOTOGRAFÍA 17. REPARACIONES DE LOS AGRIETAMIENTOS DE LOS MUROS..... 55

FOTOGRAFÍA 18. SALIDA DE MATERIAL FINO POR LAS GRIETAS EN EL MURO NORTE..... 55

FOTOGRAFÍA 19. ETAPA CONSTRUCTIVA DEL MURO DE CONCRETO LANZADO. 57

FOTOGRAFÍA 20. CONDICIÓN DE LAS JUNTAS DE EXPANSIÓN DE LOS PUENTES..... 61

FOTOGRAFÍA 21. DETERIOROS EN LA MEZCLA ASFÁLTICA ADYACENTE A LAS JUNTAS DE LOS PUENTES..... 62

FOTOGRAFÍA 22. DETERIOROS EN LA JUNTA SURESTE DEL PUENTE. 63

FOTOGRAFÍA 23. GRIETAS OBSERVADAS EN LA LOSA DE APROXIMACIÓN NOROESTE EN EL AÑO 2015. 63

FOTOGRAFÍA 24. **CONDICIÓN DE AGRIETAMIENTO OBSERVADA EN LA LOSA NOROESTE EN EL AÑO 2017.** 64

FOTOGRAFÍA 25. BORDES AFILADOS Y CORROSIÓN EN LAS VIGAS DE ACERO A COLOCAR EN EL PUENTE... 65

FOTOGRAFÍA 26. CORROSIÓN EN LOS BORDES DE LAS VIGAS DE ACERO A COLOCAR EN EL PUENTE. 66



ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. COMUNICACIONES EMITIDAS DURANTE EL PROCESO DE AUDITORÍA.....	13
TABLA 2. PORCENTAJE DE DEFLEXIONES AGRUPADAS POR RANGOS PARA LA POSICIÓN DEL D0 OBTENIDOS EN JULIO 2016.	19
TABLA 3. PORCENTAJE DE DEFLEXIONES AGRUPADAS POR RANGOS PARA LA POSICIÓN DEL D0 OBTENIDOS EN DICIEMBRE 2016.	19
TABLA 4. ESPESORES DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DEL VIADUCTO (EJE NO. 1) SECTOR OESTE, ESTACIONES 0+000 A 0+368.	24
TABLA 5. ESPESORES PARA LA ZONA CENTRAL DEL VIADUCTO (EJE NO. 1).....	25
TABLA 6. PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN EN EL EJE NO. 1 SECTOR OESTE.....	26
TABLA 7. NO-CONFORMIDADES SOBRE LA CONSTRUCCIÓN DE LA BASE ESTABILIZADA DEL VIADUCTO.....	28
TABLA 8. DISEÑOS DE BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO BE-35 UTILIZADOS EN EL VIADUCTO.....	29
TABLA 9. RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN DE SUBRASANTE DEL EJE NO. 1 (VIADUCTO)	31
TABLA 10. RESULTADOS DE ALTURA DE CORRUGACIONES PARA EL ACERO DE REFUERZO.....	47
TABLA 11. RESULTADOS DE ENSAYO DE TENSIÓN DEL ACERO DE REFUERZO.....	48
TABLA 13. MÉTODO DE ENSAYO PARA LAS BARRAS Y LOS ALAMBRES.....	49
TABLA 14. NO-CONFORMIDADES SOBRE ELEMENTOS DETERIORADOS DE LOS PUENTES.....	60

ÍNDICE DE MAPAS

MAPA 1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO. FUENTE: LANAMMEUCR.....	15
MAPA 2. RANGOS DE DISTRIBUCIÓN DE DEFLEXIONES EN EL TRAMO INTERVENIDO DEL EJE NO.1.....	20
MAPA 3. DISTRIBUCIÓN DE LAS DEFLEXIONES POR ESPESOR TOTAL DE PAVIMENTO CONSTRUIDO.....	21
MAPA 4. DISTRIBUCIÓN DE LAS DEFLEXIONES POR ESPESOR TOTAL DE PAVIMENTO CONSTRUIDO.....	22
MAPA 5. DISTRIBUCIÓN DE LAS DEFLEXIONES POR NO-CONFORMIDAD DE LA BASE ESTABILIZADA.	23
MAPA 6. ESPESORES DE PAVIMENTO COLOCADOS EN EL VIADUCTO.....	24
MAPA 7. ZONA INTERVENIDA DEL VIADUCTO SEGÚN LO OBSERVADO EN SITIO.....	27

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. CURVA TÍPICA DE DETERIORO.....	42
FIGURA 2. PROTECCIÓN DE ESTRUCTURAS DE ACERO FRENTE A LA CORROSIÓN MEDIANTE SISTEMAS DE PINTURA PROTECTORES.....	67



INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA EN VERSIÓN PRELIMINAR.

EVALUACIÓN DE LAS PRÁCTICAS Y PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE LA VÍA E INSPECCIÓN DE LOS PUENTES DEL PROYECTO PASO A DESNIVEL DE PASO ANCHO SOBRE LA RUTA NACIONAL No. 39.

1. FUNDAMENTACIÓN

La Auditoría Técnica externa a proyectos en ejecución para el sector vial, se realiza de conformidad con las disposiciones del artículo 6 de la Ley N°8114 de Simplificación y Eficiencia Tributarias y su reforma mediante la Ley N°8603, dentro del Programa de Fiscalización de la Calidad de la Red Vial del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR) de la Universidad de Costa Rica (UCR).

Asimismo, el proceso de Auditoría Técnica se fundamenta en el pronunciamiento C-087-2002 del 4 de abril del 2002, de la Procuraduría General de la República, que indica:

“...la fiscalización que realiza la Universidad a través del Laboratorio es una fiscalización externa, que trasciende los contratos de mérito, y por ende, obras específicas, para abarcar la totalidad de la red nacional pavimentada (por ende, proyectos ya finiquitados) y que incluso podría considerarse “superior”, en el sentido en que debe fiscalizar también los laboratorios que realizan análisis de calidad, auditar proyectos en ejecución, entre otros aspectos, evaluar la capacidad estructural y determinar los problemas de vulnerabilidad y riesgos de esa red. Lo cual implica una fiscalización a quienes podrían estar fiscalizando proyectos concretos.” (El subrayado no es del texto original)

2. OBJETIVO GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS

El propósito de las auditorías técnicas que realiza el LanammeUCR en cumplimiento de las tareas asignadas en la Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria”, Ley N° 8114, es el de emitir informes que permitan a las autoridades del país, indicadas en dicha ley, conocer la situación técnica, administrativa y financiera de los proyectos viales durante todas o cada una de las etapas de ejecución: planificación, diseño y especificaciones; cartel y proceso licitatorio; ejecución y finiquito. Asimismo, la finalidad de estas auditorías consiste en que la Administración, de manera oportuna tome decisiones correctivas y ejerza una adecuada comprobación, monitoreo y control de los contratos de obra, mediante un análisis comprensivo desde la fase de planificación hasta el finiquito del contrato.



3. OBJETIVOS DEL INFORME

3.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar la calidad de los materiales y evaluar los procesos constructivos, aspectos estructurales y geotécnicos de los puentes, obras de contención y pavimentos del intercambio "Paso Ancho", para fiscalizar que la ejecución de las obras se realice de acuerdo con las especificaciones establecidas y las buenas prácticas de la ingeniería con el fin de garantizar que el proyecto se ejecute de manera eficiente, con la calidad requerida, minimizando la posibilidad de atrasos en los plazos de conclusión y gastos adicionales por aspectos previsibles.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el cumplimiento de las especificaciones de los materiales a partir de muestreos y ensayos puntuales realizados de conformidad con la normativa vigente y las especificaciones del proyecto.
- Evaluar las prácticas constructivas de la estructura de pavimentos del viaducto y las rampas, obras geotécnicas de contención y puentes, a partir de observaciones puntuales realizadas de conformidad a la normativa vigente, el Cartel de Licitación y otros documentos del proyecto, en conjunto con las buenas prácticas de la Ingeniería y el criterio de un experto técnico.
- Evaluar y comparar los datos de laboratorio de Control y Verificación de Calidad del proyecto con los resultados de ensayos puntuales de materiales.
- Informar oportunamente a la Administración sobre los resultados de los ensayos realizados a los materiales usados en el proyecto y sobre aspectos constructivos que se consideren importantes, mediante el envío de notas-informe.

4. ALCANCE DEL INFORME

El alcance del estudio que desarrolla esta auditoría consiste en una evaluación de la calidad de los materiales que componen la estructura del pavimento y otros materiales utilizados en el proyecto, como el acero de refuerzo y el concreto. Adicionalmente, se realizó una evaluación estructural y geotécnica durante el proceso constructivo de los puentes y muros laterales del intercambio. El periodo de ejecución de esta auditoría es el comprendido entre enero 2015 y diciembre 2016, durante la etapa de construcción del proyecto.



La conformidad de las prácticas, procedimientos constructivos y calidad de materiales se evaluó con la normativa especificada en el Cartel de Licitación del proyecto y sus Enmiendas, el Manual de especificaciones Generales para la Construcción de Caminos Carreteras y Puentes (CR-2010), los planos del proyecto y otros documentos del proyecto así como y las buenas prácticas de la ingeniería.

Con respecto a la evaluación de los materiales y la construcción de la estructura del pavimento, se realizaron visitas periódicas al proyecto entre los meses de enero 2015 a mayo de 2016. Durante este mismo periodo se observaron los procedimientos y prácticas constructivas de otros elementos del intercambio.

La evaluación estructural de los puentes consistió en el reconocimiento visual de todos los elementos estructurales y no estructurales del puente incluyendo sus accesos y elementos de la seguridad vial durante la etapa constructiva, a los cuales se tuvo acceso visual por parte de un ingeniero civil con experiencia en inspecciones de puentes. La evaluación se basó en tres visitas de campo realizadas durante los meses de julio y octubre de 2015 y otra en febrero de 2016. En noviembre de 2014 se realizó una valoración de lo indicado en la versión de los planos disponible, facilitada por la Unidad Ejecutora.

El estudio también comprendió una evaluación de algunos aspectos de diseño y construcción dentro del campo de la geotecnia realizadas por un ingeniero civil con preparación en esta especialidad. La evaluación se realizó durante la etapa constructiva de las pantallas de pilotes y sus elementos estructurales por medio de la revisión de los diseños, planos y especificaciones y una visita de campo realizada en setiembre de 2015.

5. METODOLOGÍA

La labor que se efectúa en un proceso de auditoría se orienta en recopilar y analizar evidencias durante un periodo definido, así como identificar posibles elementos y aspectos que puedan afectar la calidad del proyecto. La auditoría técnica que realiza el LanammeUCR no puede compararse, ni considerarse como una actividad de control de calidad o supervisión, la cual, le compete exclusivamente al Contratista como parte de su obligación contractual y que debe ser ejecutada como una labor de carácter rutinario en el proyecto. Tampoco puede conceptualizarse como una labor de verificación de calidad y supervisión que es de entera responsabilidad de la Administración. Es función del MOPT-CONAVI, analizar con las partes involucradas las consecuencias expuestas en los hallazgos incluidos en los informes de la Auditoría Técnica.



Este informe se efectuó siguiendo los procedimientos de Auditoría Técnica, mediante la solicitud y revisión de la documentación del proyecto, así como la verificación en sitio de las condiciones indicadas anteriormente durante el proceso constructivo mediante visitas y ensayos de laboratorio.

Las actividades que fueron desarrolladas por el equipo de Auditoría Técnica consistieron en visitar los diversos frentes de trabajo y hacer una revisión de los documentos contractuales relacionados con el proyecto, así como programar muestreos a los materiales.

6. DOCUMENTOS DE PREVALENCIA

Los trabajos del proyecto deberán ser ejecutados de conformidad con los términos del pliego de condiciones y acordes con la última versión descrita en el Sección VI Requisitos de las Obras:

- Especificaciones generales para la construcción de caminos, carreteras y puentes (CR-2010).
- AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, Sixth Edition. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2012.
- AASHTO Guide Specifications for LRFD Seismic Bridge Design, 2nd Edition. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2011.
- Lineamientos de Diseño Sismo Resistente para Puentes, Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (CFIA), 2013.
- Circulares de Ingeniería Hidráulica de la Administración Federal de Carreteras de Estados Unidos: HEC N°18, FHWA HI-96-031, 2012, 5° edición; HEC N°20, FHWA HI-96-032, 2012, 4° edición; HEC N°23, FHWA HI-97-030, 2009, 5° edición.
- Código de Cimentaciones de Costa Rica, edición vigente.
- Con respecto al señalamiento de prevención durante el proceso de construcción de la obra, deberá cumplirse con los lineamientos establecidos en el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito, en su Capítulo No. 6.
- Reglamento de Dispositivos de seguridad para la protección de obras, según decreto 26041 MOPT. Gaceta N° 103 del 30 de mayo de 1997.
- Manual de Normas para la Colocación de dispositivos de seguridad para la protección del público en Obras Viales Obras, de la Dirección General de Ingeniería de Tránsito 1995.
- Especificaciones Especiales elaboradas por el Contratista, conforme las disposiciones establecidas en el presente cartel.



- El diseño geométrico debe cumplir con el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales (SIECA), 2da. Edición, 2004, utilizando como fuente de referencia AASHTO 2001, cuando corresponda.
- Seismic Retrofitting Manual for Highway Structures: Part 1 - Bridges (Publication N° FHWA-HRT-06-032). Federal Highway Administration (FHWA), 2006.

El orden de prioridad de los documentos de prevalencia de la licitación es:

- a) Órdenes de modificación al Contrato aprobadas (si las hubiere),
- b) Contrato,
- c) Carta de Aceptación,
- d) Diseño final aprobado,
- e) Oferta,
- f) Propuesta Técnica de la Oferta del Contratista,
- g) Condiciones Especiales-Parte A,
- h) Condiciones Generales-Parte B,
- i) Especificaciones,
- j) Los Planos referenciales del pliego de licitación y los Formularios y cualquier otro documento incluido en el documento que forme parte del Contrato.
- k) El pliego de licitación y sus enmiendas

7. ANTECEDENTES

Como parte de la auditoría técnica que el LanammeUCR realizada al proyecto y en aras de contribuir al mejoramiento continuo de la gestión de la Administración, se emitieron varios oficios, comunicaciones y notas informe, los cuales se citan a continuación:

LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Junio 2017	Página 12 de 12
-----------------	------------------------------	-----------------



Tabla 1. Comunicaciones emitidas durante el proceso de auditoría.

No. Oficio	Asunto	Observaciones
LM-AT-073-14	Preauditoría Paso Ancho (Emitido el 11-julio 2014)	UE-2014-1998. Recibido el 7-8-14
LM-AT-110-14	Estudio y modelo geotécnico. (Emitido el 10-setiembre 2014)	UE-2014-3036. Recibido el 5-11-14
LM-AT-114-14	Solicitud de Plan de Manejo del Tránsito y Plan de Control de Calidad. (Emitido el 21 setiembre 2014)	UE-2014-3037. Recibido el 5-11-14
LM-AT-130-14	Observaciones y recomendaciones sobre las especificaciones técnicas, los puentes vehiculares y muros, obtenidas de los informes de los expertos técnicos. (Emitido el 12 diciembre 2014)	No se solcito respuesta, tampoco hubo replica por parte de la Unidad Ejecutora.
LM-AT-79-2015	Solicitud de estimaciones y datos de control de calidad. (Emitido el 25 mayo 2015)	Respuesta enviada por correo electrónico. de Fecha: 26 julio 2015
LM-AT-85-2015	Remisión informe I-0809-15 Varillas de acero de refuerzo. (Emitido 17 junio 2015)	No hay oficio de respuesta
LM-AT-94-2015	Solicitud de información sobre calidad del acero estructural. (Emitido 10 julio 2015)	UE-DCPA-015-2015-264 (recibido fecha 24 de julio de 2015)
LM-AT-95-2015	Evaluación del cumplimiento de especificaciones del acero de refuerzo. (Emitido 14 julio 2015)	Resumen de criterios sobre los resultados de laboratorio sobre el acero de refuerzo
LM-AT-109-2015	Remisión de resultados de ensayo. (Emitido 12 agosto 2015)	Ensayos de varillas de refuerzo
LM-AT-110-2015	Solicitud de información sobre pantalla de pilotes. (Emitido 13 agosto 2015)	UE-DCPA-015-2015-310 recibido el 31 agosto 2015. UE-DCPA-002-2015-307.Diseño de pantalla de pilotes
LM-AT-113-2015	Ampliación de plazo de respuesta indicado en oficio LM-AT-110-2015. (Emitido 27 agosto 2015)	Ampliación plazo de respuesta solicitada por el auditado mediante oficio UE-DCPA-002-2015-307
LM-AT-123-2015	Recordatorio de respuesta pendiente y remisión de resultados de varillas de acero (I-1206-15) (Emitido 21 setiembre 2015)	Oficio LM-AT-085-15 del 17 junio de 2015 pendiente de respuesta.
LM-AT-147-2015	Solicitud de información general y puentes. (Emitido 30 noviembre 2015)	UE-DCPA-002-2016-084.Pilotes, puentes, diseño de pavimentos, no-conformidades.
LM-AT-016-2016	Recordatorio por falta de respuesta a oficios. (Emitido 01febrero 2016)	Oficios sin respuesta con plazo vencido LM-AT-15 y LM-AT-085-15
LM-AT-025-2016	Convocatoria reunión	Se realiza esta convocatoria con el fin de dar seguimiento a los oficios no respondidos por la UE-PIV-1.
LM-AT-50-2016	Remisión de informes de laboratorio y solicitud de información (Emitido 14 marzo 2015)	UE-DCPA-019-2016-131 Fecha de recibido 07 abril 2016.Resultados de Base estabilizada y subrasante, se solicitan datos de calidad.
LM-AT-95-2016	Resultados ensayo base estabilizada (Emitido 13 mayo 2016)	Adjunta Informe de laboratorio I-0527-16. No hay oficio de respuesta.
LM-AT-116-2016	Actualización estado de los apoyos de los puentes. (Emitido 4 julio 2016)	UE-DCPA-015-2016-231 (LM-AT-116-2016). UE-DCPA-002-2016-212(LM-AT-116-2016). Solicitud de información sobre apoyos del puente.
LM-AT-130-2016	Colocación mezcla asfáltica bajo la lluvia. (Emitido 4 agosto 2016)	UE-DCPA-015-2016-233 (LM-AT-130-2016).Según observaciones de visita del 03-08-2016
LM-AT-131-2016	No conformidades, criterios de aceptación base estabilizada. (Emitido 16 agosto 2016)	UE-DCPA-002-2016-272.Actualización de las no-conformidades, base estabilizada.
LM-AT-147-2016	Nota informe. (Emitido 31 agosto 2016)	UE-DCPA-015-2016-275. Prácticas constructivas, deterioros, seguridad vial.
LM-AT-159-2016	Resultados de las visitas técnicas realizadas al intercambio Paso Ancho en setiembre 2016. (Emitido 6 octubre 2016)	UE-DCPA-019-2016-285



8. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El objeto de esta licitación es contratar el diseño final y la ejecución completa y detallada de las obras correspondientes al Intercambio en la intersección de la Carretera de Circunvalación (Ruta Nacional No. 39) con la Radial Paso Ancho (Ruta Nacional No. 213) (Distrito: 11 San Sebastián, Cantón: 1 San José, Provincia: 1 San José).

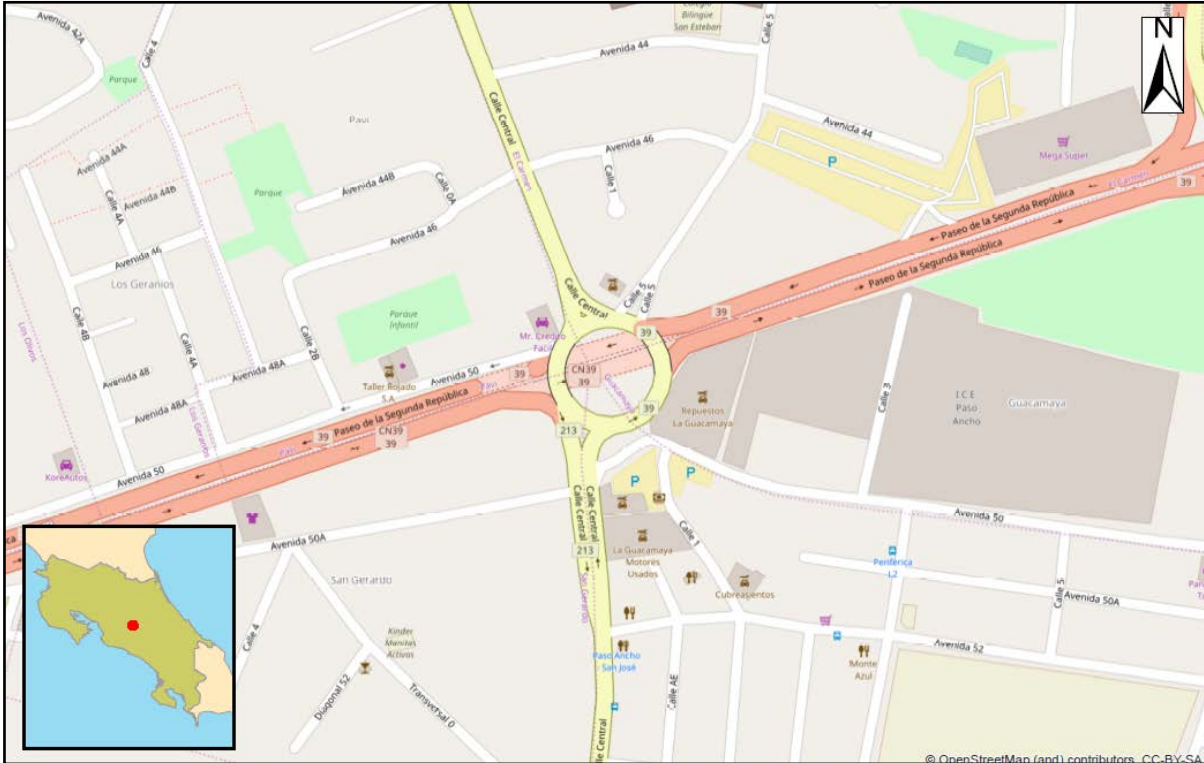
Desde su construcción, la intersección de la Carretera de Circunvalación (Ruta Nacional No. 39) con la Radial Paso Ancho (Ruta Nacional No. 213), también conocida como "Rotonda de Paso Ancho", fue concebida con una rotonda a nivel, misma que en los últimos años ha visto agotada su capacidad, provocando con ello serios problemas de funcionamiento en la Carretera de Circunvalación y rutas aledañas, particularmente durante los periodos de hora pico.

Los trabajos consisten en la construcción de un intercambio en la intersección de la Carretera de Circunvalación (Ruta Nacional No. 39) con la Radial Paso Ancho (Ruta Nacional No. 213), según se describe a continuación:

- Construcción del paso subterráneo en el sentido este-oeste, en los carriles de la Carretera de Circunvalación (Ruta Nacional No. 39), la construcción de esta obra se realizará a 6 seis) carriles, para un total aproximado de derecho de vía de 23,0 m, con una longitud de 220,0 m.
- El paso inferior tendrá una altura libre mínima de 5,50 m (altura medida desde el nivel inferior de las vigas de los puentes a construir sobre la Carretera de Circunvalación) existente.
- Construcción de dos pasos a desnivel sobre el paso subterráneo.
- Construcción de las cuatro rampas definitivas de acceso de la Carretera de Circunvalación hacia la Ruta Nacional No. 213 y viceversa.
- El contratista debe asegurar el tránsito en dos carriles por sentido y en todas las direcciones que actualmente se mantienen en la rotonda.
- Construcción de la estructura de pavimento.



- Demarcación y señalización vial.



Mapa 1. Localización del proyecto. Fuente: LanammeUCR

9. AUDIENCIA DE LA PARTE AUDITADA

Según los procedimientos de Auditoría Técnica, mediante oficio LM-AT-048-2017 del 22 de marzo del 2017 (recibido el 24-03-2017) se envía el informe preliminar LM-PI-AT-31B-16 titulado "*Evaluación de las prácticas y procesos constructivos de la vía e inspección de los puentes del proyecto paso a desnivel de paso ancho sobre la Ruta Nacional No. 32*" a la parte auditada, para que sea analizado y de requerirse, proceda a esclarecer los aspectos que no hayan sido considerados durante el proceso de ejecución de la auditoría, para tales efectos fue otorgado un plazo de 10 días hábiles posteriores al recibo de dicho informe.



En ese mismo oficio se convocó a la presentación oral del contenido del informe preliminar LM-AT-PI-031B-2017. Esta presentación se realizó el día 03 de abril de 2017 a las 9:00 am en las instalaciones del LanammeUCR ante los siguientes funcionarios, según consta en el respectivo registro de reuniones:

Por parte de la Unidad Ejecutora PIV-1 CONAVI:

- Kenneth Solano Carmona
- Francini Chinchilla Torres
- Francisco Pérez Carvajal

Por parte de la Supervisora (GINPROSA):

- Reinaldo Jiménez Araya
- Pedro Herrero

Por Auditoría Interna del CONAVI:

- Jeyfer Martinez Blanco
- Reynaldo Vagas Soto

Por el LanammeUCR:

- Ana Elena Hidalgo Arroyo
- Wendy Sequeira Rojas
- Erick Acosta Hernández
- Francisco Fonseca Chaves

El día 25 de abril del 2017, se recibe el oficio UE-D CPA-015-2017-082 con fecha del 25 de abril del 2017, remitido por la gerente de proyecto Ing. Kenneth Solano Carmona de la Unidad Ejecutora del MOPT, en el cual se adjunta el oficio 022-PA-2016 del 24 de abril de 2017 emitido por la Supervisora del proyecto y a cargo del Ing. Reinaldo Jiménez Araya como descargo al contenido del informe preliminar.

Por lo tanto, en cumplimiento de los procedimientos de auditoría técnica, una vez analizado el documento de descargo en mención y considerando la evidencia presentada, se procede a emitir el presente informe LM-PI-AT-031-17 en su versión final para ser enviado a las instituciones que indica la ley. La emisión del informe final se realiza en el mes de junio de 2017.



10. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

Todos los hallazgos y observaciones declarados por el equipo auditor en este informe de auditoría se fundamentan en evidencias representativas, veraces y objetivas, respaldadas en la experiencia técnica de los profesionales de auditoría, el propio testimonio del auditado, el estudio de los resultados de las muestras extraídas y la recolección y análisis de evidencias.

Se entiende como **hallazgo de auditoría técnica**, un hecho que hace referencia a una normativa, informes anteriores de auditoría técnica, principios, disposiciones y buenas prácticas de ingeniería o bien, hace alusión a otros documentos técnicos y/o legales de orden contractual, ya sea por su cumplimiento o su incumplimiento.

Por otra parte, una **observación de auditoría técnica** se fundamenta en normativas o especificaciones que no sean necesariamente de carácter contractual, pero que obedecen a las buenas prácticas de la ingeniería, principios generales, medidas basadas en experiencia internacional o nacional. Además, tienen la misma relevancia técnica que un hallazgo.

Las recomendaciones que se derivan del análisis de los hallazgos y observaciones deben ser atendidas planteando acciones correctivas y preventivas, que mitiguen el riesgo potencial de incumplimiento.

10.1 SOBRE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS

Observación No. 1. Las deflexiones verticales obtenidas en el pavimento y las prácticas constructivas observadas durante la construcción del viaducto, evidencian un riesgo potencial de que la estructura de pavimento tenga una vida útil menor a la esperada.

Con el fin de evaluar la estructura de pavimento construida en el viaducto, el equipo auditor realizó dos evaluaciones de deflectometría de impacto (FWD) en el tramo intervenido del Eje No. 1 del viaducto, en los meses de Julio y Diciembre de 2016. Los informes de ensayo son I-0951-16 y I-1620-16 respectivamente. Los resultados del informe de ensayo I-0951-16 de Julio de 2016 fueron expuestos a los representantes de la Unidad Ejecutora PIV-1, Supervisora y Laboratorio de Verificación de Calidad del proyecto en una reunión celebrada el día 23 de agosto de 2016 en el LanammeUCR.



Los resultados obtenidos se agruparon por rangos de deflexiones para cada uno de los carriles y sentidos de circulación. Estos rangos de deflexiones se definieron a partir de los resultados obtenidos por la Unidad de Auditoría en dos proyectos de construcción de obra que contemplaban la construcción de un pavimento nuevo, recientemente evaluados por esta Unidad. Los proyectos fueron Sifón-Abundancia en la Ruta Nacional No. 35 (Informe de Auditoría Técnica LM-PI-AT-014-15), que contemplaba la construcción de una carpeta de mezcla asfáltica de 13 cm, una base estabilizada tipo BE-25 de 24 cm de espesor, subbase granular de 30 cm y material de préstamo y Chilamate-Vuelta de Kooper en la Ruta Nacional No. 4 (Informe de Auditoría Técnica LM-PI-AT-021-15) cuya estructura de pavimento consiste de 8 cm de mezcla asfáltica, 15 cm de base asfáltica, 24 cm de base granular y 50 cm de material de préstamo.

La magnitud de las deflexiones obtenidas en estos proyectos se encuentran por debajo de los $20 \text{ mm} \cdot 10^{-2}$ para el caso de Sifón-Abundancia y de los $35 \text{ mm} \cdot 10^{-2}$ para Chilamate-Vuelta de Kooper, por lo que se tomará este rango de valores para establecer un patrón de comparación a nivel de proyecto. El análisis de las deflexiones no contempló los rangos utilizados para la evaluación de la Red Vial Nacional por ser indicadores a nivel de red para vías en servicio y no en proyectos nuevos.

En la Tabla 2 se muestran los porcentajes de deflexiones (D0) agrupados por rangos para evaluar el comportamiento de toda la estructura de pavimento, se muestran los resultados obtenidos para la evaluación realizada en el mes de Julio de 2016. Se observa que el carril externo del sentido Zapote-Hatillos presenta un 55,0% de las deflexiones en el rango de $20,0$ a $35,0 \text{ mm} \cdot 10^{-2}$, seguido del carril interno de ese mismo sentido con un 30,0% de los datos. En el sentido opuesto se obtuvo un 30% de los datos para el carril interno y un 26,3% para el externo dentro del rango de $20,0$ a $35,0 \text{ mm} \cdot 10^{-2}$. En ambos sentidos el carril central solo presentó un 10% de las deflexiones dentro de ese mismo rango. En el Mapa 2 se muestran las dos campañas de evaluación sobre el tramo intervenido del viaducto.

En consecuencia, todos los carriles a excepción del carril externo del sentido Zapote-Hatillos presentaron un 70,0% o más de las deflexiones por encima de los $35 \text{ mm} \cdot 10^{-2}$. En el caso del carril externo del sentido Zapote-Hatillos se obtuvo un 45% de los datos por encima de dicho valor de deflexión.



Tabla 2. Porcentaje de deflexiones agrupadas por rangos para la posición del D0 obtenidos en Julio 2016.

Sentido	Zapote - Hatillos			Hatillos - Zapote		
	Interno	Central	Externo	Interno	Central	Externo
Rango deflexiones (D0) (mm*10-2)						
0,00 a 20,0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
20,0 a 35,0	30,0%	0,0%	55,0%	30,0%	0,0%	26,3%
35,0 a 53,3	30,0%	10,5%	25,0%	35,0%	10,0%	26,3%
53,3 a 69,4	25,0%	26,3%	10,0%	30,0%	45,0%	42,1%
69,4 a 95,2	15,0%	47,4%	5,0%	5,0%	35,0%	5,3%
Mayor a 95,2	0,0%	15,8%	5,0%	0,0%	10,0%	0,0%

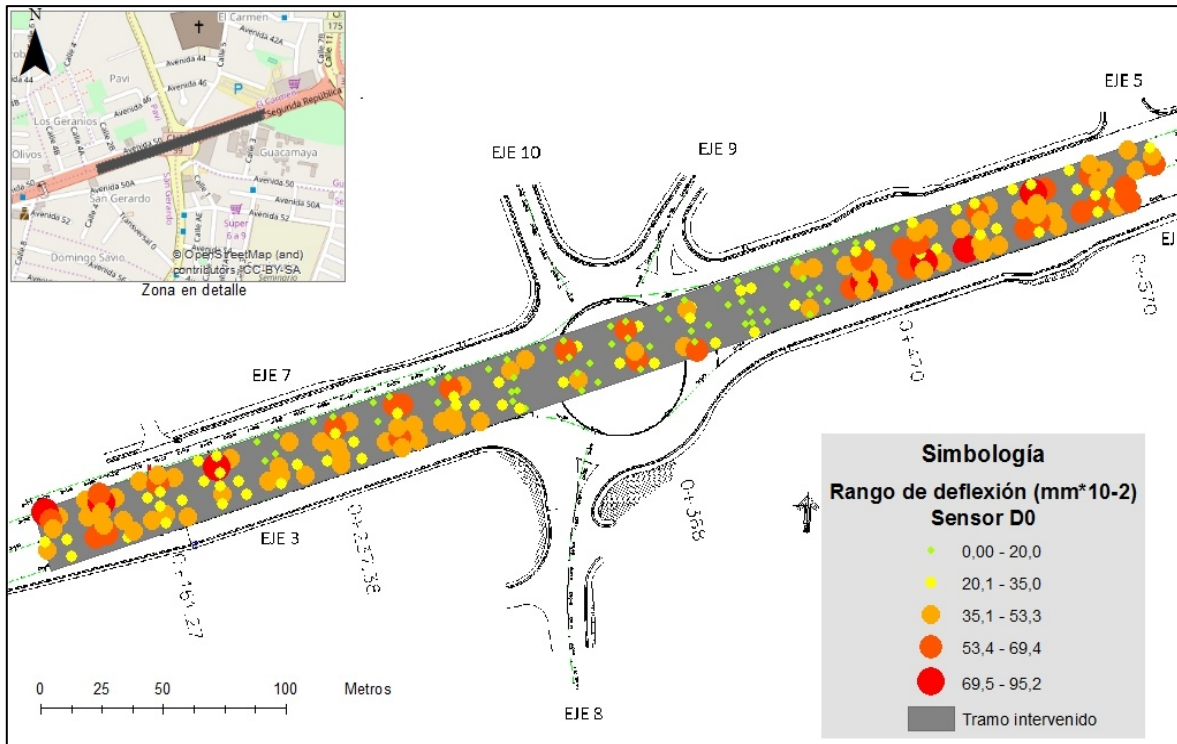
Fuente: Informe de ensayo I-0951-16. LanammeUCR.

Los resultados de la evaluación realizada en Diciembre de 2016 se resumen en la Tabla 3. La tendencia de los datos se mantuvo similar a la observada en Julio de 2016, con algunos cambios en los porcentajes de deflexiones carriles en el rango de 20,0 a 35,0 mm*10-2 en cuanto al comportamiento de los carriles interno y externo de ambos sentidos de circulación.

Tabla 3. Porcentaje de deflexiones agrupadas por rangos para la posición del D0 obtenidos en Diciembre 2016.

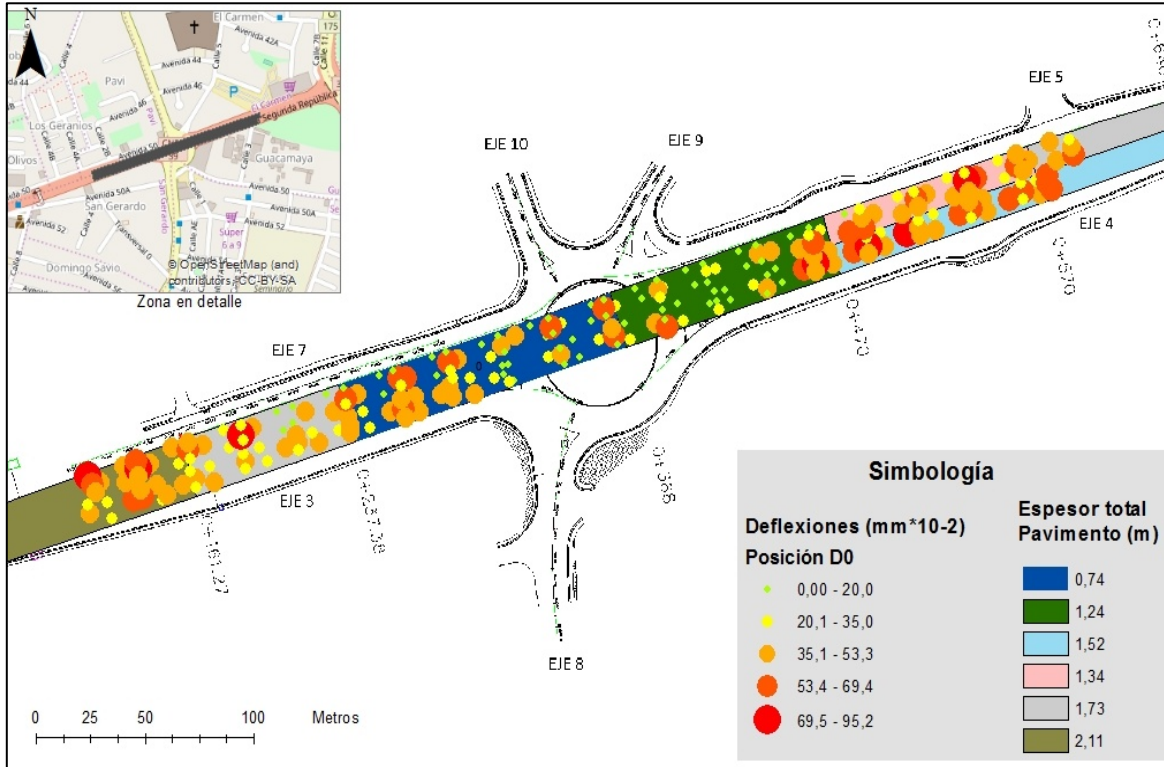
Sentido	Zapote - Hatillos			Hatillos - Zapote		
	Interno	Central	Externo	Interno	Central	Externo
Rango deflexiones (D0) (mm*10-2)						
0,00 a 20,0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
20,0 a 35,0	42,1%	0,0%	63,2%	31,6%	0,0%	27,8%
35,0 a 53,3	21,1%	26,3%	21,1%	47,4%	31,6%	27,8%
53,3 a 69,4	31,6%	63,2%	15,8%	21,1%	36,8%	38,9%
69,4 a 95,2	5,3%	10,5%	0,0%	0,0%	26,3%	5,6%
Mayor a 95,2	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	5,3%	0,0%

Fuente: Informe de ensayo I-1620-16. LanammeUCR.

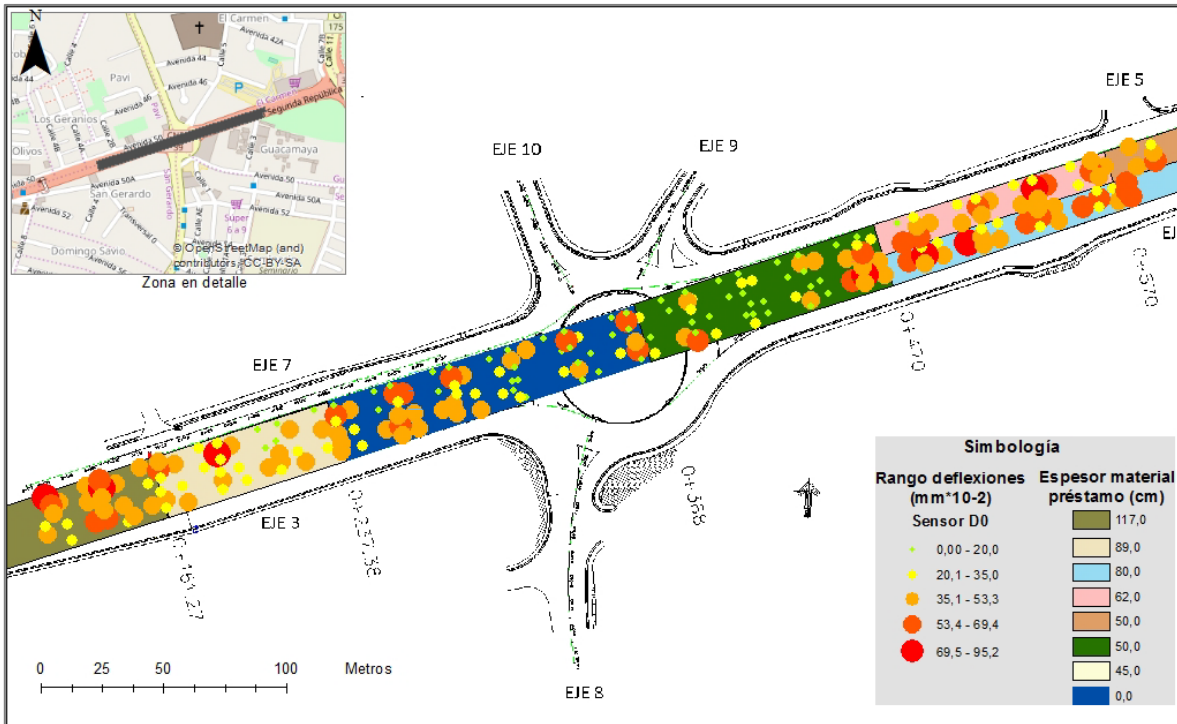


Mapa 2. Rangos de distribución de deflexiones en el tramo intervenido del Eje No.1.
Fuente: LanammeUCR.

Del mapa anterior se observa una alta variabilidad en los valores obtenidos del ensayo de deflexiones en geófono (sensor D0) a lo largo del tramo intervenido. Es importante recordar que la deflexión medida con el geófono D0 permite valorar el comportamiento de toda la estructura de pavimento. Se observa una tendencia a que las mayores deflexiones se agrupen hacia el Este y Oeste del viaducto (Eje No. 1) que coinciden con las estructuras de pavimento donde se colocó un mayor espesor de material granular de subbase y relleno (préstamo), aproximadamente entre 0,80 m y 1,17 m; en cambio en la zona central, donde no hay material granular de préstamo, se observan valores menores de deflexión. Ambas condiciones se muestran en los Mapas 3 y 4.

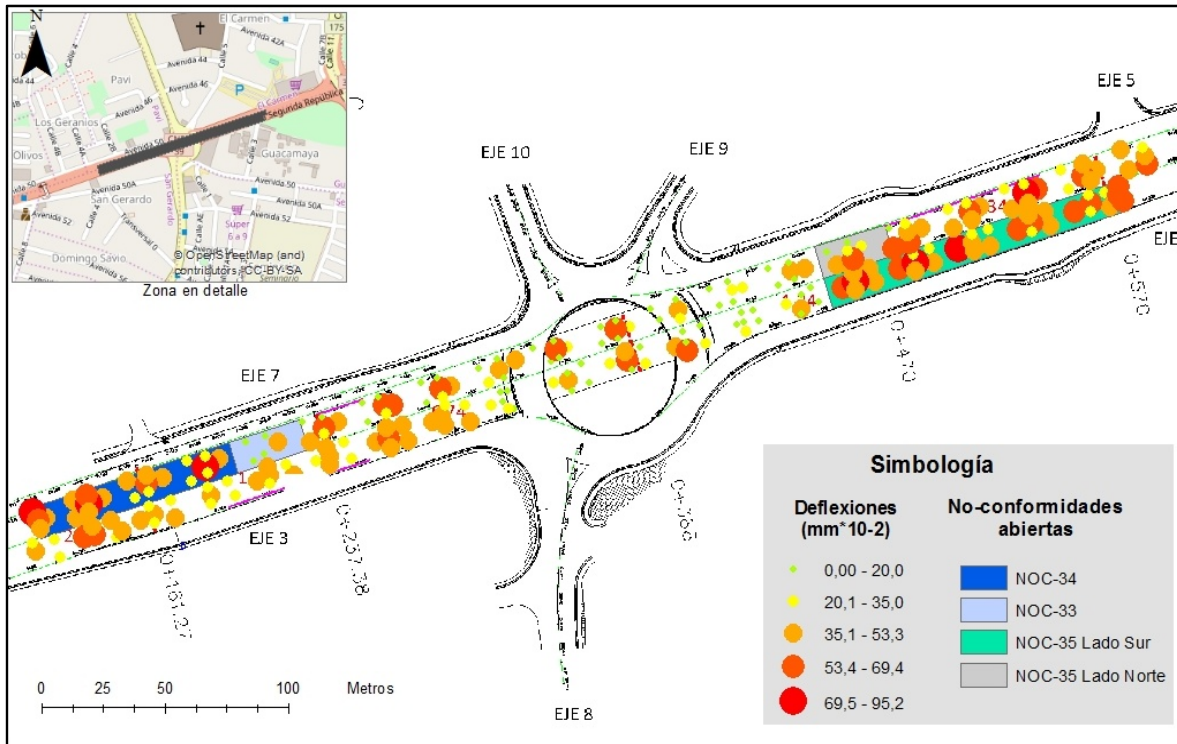


Mapa 3. Distribución de las deflexiones por espesor total de pavimento construido.
Fuente: Unidad Ejecutora PIV-1 y LanammeUCR.



Mapa 4. Distribución de las deflexiones por espesor total de pavimento construido. Fuente: Unidad Ejecutora PIV-1 y LanammeUCR.

En el Mapa 5 se muestran los rangos de deflexiones obtenidos sobre los tramos donde el pavimento se construyó con no-conformidades abiertas relacionadas con la colocación de mezcla asfáltica sobre tramos base estabilizada con incumplimientos de compactación. En este mapa se evidencia que en estas zonas se ubican los valores de deflexiones dentro de los rangos más elevados.



Mapa 5. Distribución de las deflexiones por no-conformidad de la base estabilizada.

Fuente: Unidad Ejecutora PIV-1 y LanammeUCR.

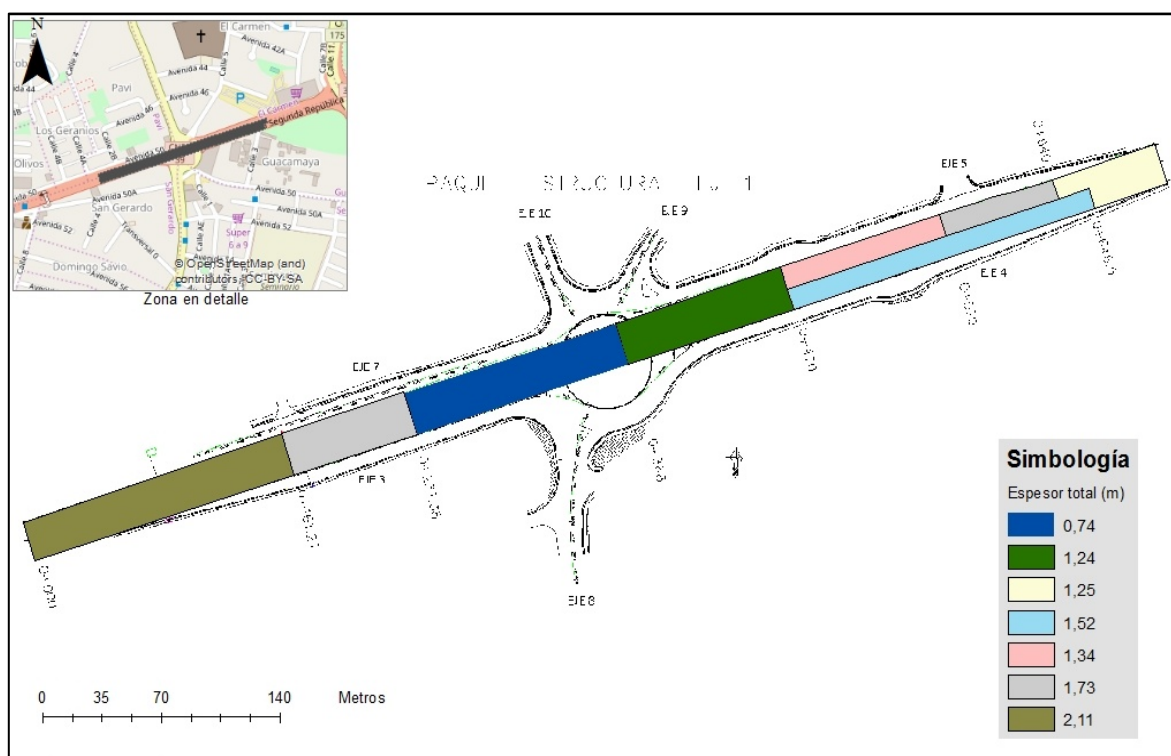
La revisión documental de los diseños de pavimento del viaducto evidenció que las características de la subrasante llevaron al cambio en la estructura de pavimento del sector Oeste, específicamente en la cantidad de material granular de subbase y relleno (préstamo), donde fueron encontrados materiales de naturaleza cohesiva tipo arcilla de color gris de alta plasticidad (CH), limo café de alta plasticidad (MH), grava limosa (GM) y arena limosa (SM). En la Tabla 4 se muestran los espesores de las estructuras colocadas según la Unidad Ejecutora y en el Mapa 6 se muestran en color gris, verde olivo y azul.



Tabla 4. Espesores de la estructura del pavimento del viaducto (Eje No. 1) sector Oeste, estaciones 0+000 a 0+368.

Capa	Espesor (cm)			
Capa asfáltica	10	10	10	10
Base estabilizada BE-35	34	34	34	34
Sub-base granular	40	50	30	30
Material de préstamo	89	117	No aplica	No aplica
Sub-rasante	Arcilla gris de alta plasticidad (CH)	Limo café de alta plasticidad (MH)	Grava limosa (GM)	Arena limosa (SM)
Espesor total	173	211	74	74

Fuente: Unidad Ejecutora PIV-1, Informe ITP-727-15.



Mapa 6. Espesores de pavimento colocados en el viaducto.
Fuente: Unidad Ejecutora PIV-1.



Las estructuras anteriores muestran variaciones en los espesores de subbase granular y material de préstamo para las secciones de arcilla y limo de alta plasticidad, los espesores de las capas de mezcla asfáltica y base estabilizada se mantienen constantes. En el informe ITP-727-15 "Diseño de Estructura de Pavimento Ruta Nacional No. 39 Viaducto-Eje 1 - Sector Oeste" (de fecha 25 de agosto de 2015) en sus páginas 13 y 14, se indica que la función de estos materiales granulares es:

"(...) la disminución de los esfuerzos verticales por compresión a nivel de subrasante que pueden causar deformaciones permanentes y controlar los esfuerzos provocados por los cambios volumétricos del material arcilloso que predomina en la fundación del pavimento cuyos efectos no son considerados durante el dimensionamiento de los espesores con la metodología empírica AASHTO."

En el informe citado, para la secciones del viaducto (Eje No. 1) con subrasante de tipo grava limosa (GM) y arena limosa (SM), zona central indicada en verde en el Mapa 6, no se considera la incorporación de una capa de material de préstamo, contrario a lo recomendado en el informe ITP-420-15 "Diseño de Estructura de Pavimento Ruta Nacional No. 39 Viaducto - Zona Central", del 14 de mayo de 2015 donde se propone un espesor de 50 cm de material de préstamo con las mismas funciones indicadas anteriormente, la Tabla 5 resume estos espesores cuya ubicación se muestra gráficamente en el Mapa 6 anterior en color verde oscuro:

Tabla 5. Espesores para la zona central del viaducto (Eje No. 1)

Capa	Espesor (cm)	
	Capa asfáltica	10
Base estabilizada BE-35	34	34
Sub-base granular	30	30
Material de préstamo	50	50
Sub-rasante	Grava limosa (GM)	Arena limosa (SM)
Espesor total	124	124

Fuente: Informe ITP-420-15, Unidad Ejecutora PIV-1



En el Folio No. 26 (fecha 24 de agosto de 2015) de la Bitácora del proyecto (Serie EG3030) se declara que inicia el movimiento de tierras en el sector Oeste del Eje No. 1 para la colocación de material de préstamo. Las profundidades de excavación ejecutadas se muestran en el Tabla 6:

Tabla 6. Profundidad de excavación en el Eje No. 1 sector Oeste

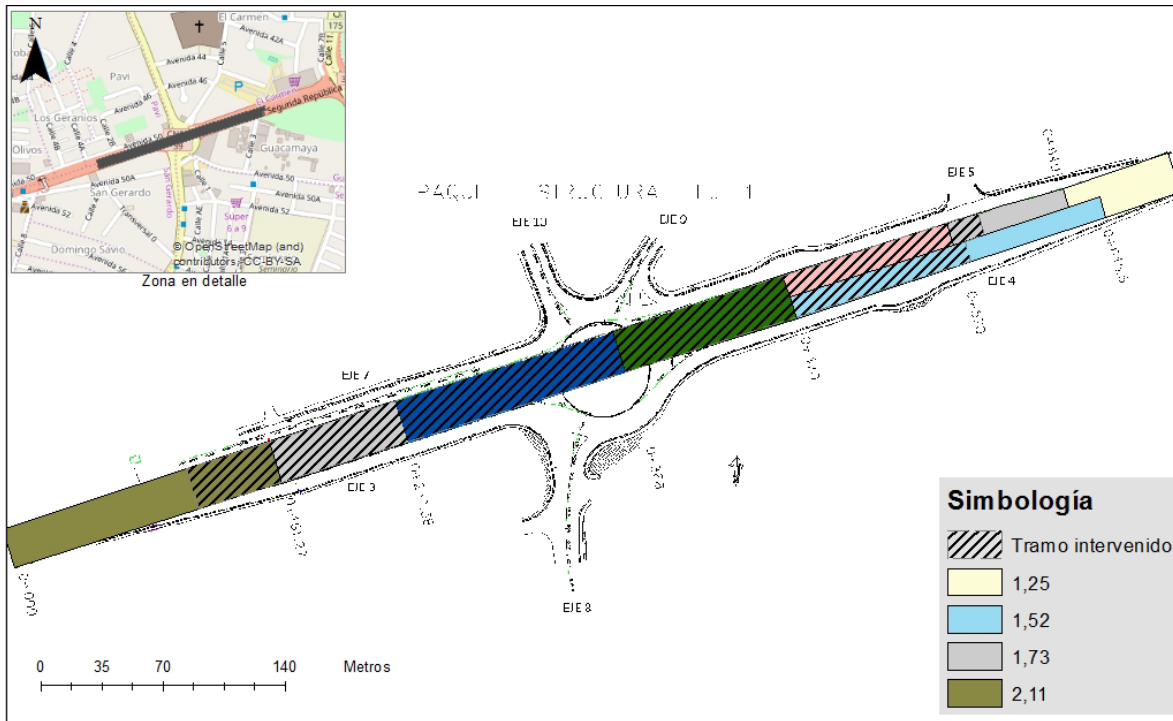
Estación		Profundidad (m)
Inicio	Final	
0+000	0+161	2,11
0+161	0+237	1,73
0+237	"Centro de la rotonda"	0,74

Fuente: Bitácora del proyecto, folio No. 26, serie EG3030.

Los espesores totales de pavimentos colocados en el viaducto según la Unidad Ejecutora se muestran en el Mapa 5 siguiente, donde se observan siete estructuras con diferentes espesores de material granular.

En el Mapa 7 se observa el tramo intervenido según lo evidenciado en campo por parte del equipo auditor. Se evidencia que las estructuras de 2,11 m; 1,52 m; 1,73 m y 1,25 m de espesor total de pavimento no se ubican en las estaciones declaradas y se encuentran fuera del área intervenida de forma total o parcial, esta situación coincide con lo observado en campo, donde se aprecia el final del pavimento existente (deteriorado) y el inicio del recién colocado en el proyecto en ambos extremos del viaducto, como se muestra en la Fotografía 1. Por lo tanto, se concluye que dichos espesores no fueron colocados en la ubicación declarada por la Unidad Ejecutora.

Ante esta incertidumbre, se dificulta realizar un análisis más detallado de la condición estructural del pavimento colocado en el viaducto, ya que se requiere conocer los espesores de cada estructura de pavimento y su ubicación exactamente para poder estimar los módulos de los materiales a partir de las deflexiones medidas en campo.



Mapa 7. Zona intervenida del viaducto según lo observado en sitio. Fuente: Unidad Ejecutora PIV-1 y LanammeUCR.



Fotografía 1. Inicio del tramo intervenido sector Oeste del viaducto. Fecha: 07-02-2017. Fuente: LanammeUCR



Por otro lado, se evidenció que la capa de mezcla asfáltica en caliente (MAC) del viaducto se construyó con no-conformidades abiertas por parte de la Supervisora, relacionadas con incumplimientos en la densidad (compactación) de la capa de base estabilizada (BE) en varios puntos del viaducto, sin que fueran resueltas por la Unidad Ejecutora antes de colocar la capa final de mezcla asfáltica y que el viaducto entrara en operación. Sin embargo, la Unidad Ejecutora indicó que el contratista fue el que asumió el riesgo de colocar la capa de mezcla asfáltica bajo dichas condiciones y que posteriormente se autorizó el cierre de las no conformidades, con sustento en el descargo presentado por el contratista. En el Tabla 7 se muestran las no-conformidades sobre la construcción de la base estabilizada del viaducto.

Tabla 7. No-conformidades sobre la construcción de la base estabilizada del viaducto.

Código	Fecha	Descripción	Acciones correctivas y valoraciones de la Unidad Ejecutora
INC-PA-033-2016 (Cerrada)	30/05/2016	Extender MAC sobre BE sin estabilizar. PK 0+210 a 0+230 lado izquierdo (Norte)	Se revisó y se levantó la MAC (40 ton) y se colocó concreto pobre 105 Kg/cm ² en vez de BE y se volvió a asfaltar 24 horas después. La losa se le hizo 3 cortes. Estación 0+114 a 0+230, Eje No. 1 sector Oeste.
INC-PA-034-2016 (Cerrada)	30/05/2016	Extender MAC sobre BE sin estar aprobada (sector oeste). PK 0+115 a 0+210 lado izquierdo (Norte)	Se realizó ensayo de deflectometría (FWD) para medir la compactación de la base estabilizada. El informe de referencia es ITP-561-16.
INC-PA-035-2016 (Cerrada)	30/05/2016	Extender MAC sobre BE sin estar aprobada (sector Este). PK 0+450 a 0+577 lado derecho (sur) PK 0+450 a 0+480 lado izquierdo (Norte)	Se realizó ensayo de deflectometría (FWD) para medir la compactación de la base estabilizada. El informe de referencia es ITP-GTC-053-16.

Fuente: Unidad Ejecutora PIV-1.

El descargo presentado para las no-conformidades consistió de dos informes de retrocálculo, uno basado en el número estructural (SN_{eff}) de la base estabilizada, obtenido a partir de deflexiones medidas con deflectómetro de impacto según la metodología AASHTO 93, cuyos resultados no fueron aceptados por la Unidad Ejecutora, y otro informe realizado con una metodología de retrocálculo de módulos no declarada en el texto del informe, pero que concluye que los módulos retrocalculados (en sitio) son mayores o iguales a los del diseño de pavimentos aprobado.



Adicionalmente, fueron presentados tres diseños diferentes de base estabilizada BE-35, cuya diferencia principal se encontraba en el Método de Compactación de los especímenes de prueba con que se elaboró el diseño de la dosificación del cemento y los agregados. El primer diseño contempló método AASHTO T180, que utiliza "Proctor Modificado" y los demás utilizan el método AASHTO T134 y T99 que contempla el uso del "Proctor Estándar". Cabe recordar que la diferencia entre estos dos métodos está en que el primero requiere mayor energía para alcanzar el porcentaje de compactación de las muestras que el método AASHTO T134, esta cantidad de energía tiene una relación directa con la densidad del material y el porcentaje de compactación.

La resistencia mínima a compresión a los 7 días de la base estabilizada que fue especificada en los diseños de pavimento del viaducto es de 3,5 MPa (35 kg/cm², conocida como BE-35). Los diseños de base estabilizada enviados por la Unidad Ejecutora corresponden a los informes ITP-255-16 (fecha 10 de marzo de 2016), ITP-429-16-E (12 de mayo de 2016) y el informe ITP-567-16 (fecha 09 de junio de 2016). Los diseños presentados se muestran en el Tabla 8 siguiente:

Tabla 8. Diseños de base estabilizada con cemento BE-35 utilizado en el viaducto.

Informe	Fecha	Dosificación	Densidad con cemento (kg/m ³)	Tamaño máximo del agregado	Humedad óptima	Designación
ITP-255-16	10 de marzo de 2016	1 saco de 50 kg por cada m ³ (2,5%/m ³)	2018	38,1 mm	10,8%	Proctor Modificado AASHTO T-180
ITP-429-16-E	12 de mayo de 2016	1 saco de 50 kg por cada m ³ (3,0%/m ³)	1857	38,1 mm	11,9%	Proctor Estándar AASHTO T-134 y T-99
ITP-567-16	09 de junio de 2016	1,5 sacos por cada m ³ (4,0%/m ³)	1908	38,1 mm	12,8%	Proctor Estándar AASHTO T-134 y T-99

Fuente: Unidad Ejecutora PIV-1.



En los documentos adjuntos al oficio DTP-IPA-105-2016 del 13 de mayo de 2016 que adjunta el oficio ITP-GO-010-16, en el cual se declara que el porcentaje de compactación del diseño de base estabilizada del informe ITP-255-16 fue verificado "erróneamente" con el método AASHTO T-180 "Proctor Modificado" en lugar del método AASHTO T-99 "Proctor Estándar", a pesar de que el diseño de base estabilizada del informe ITP-255-16 se realizó con AASHTO T-180 "Proctor Modificado", que implica una densidad máxima con cemento mayor como consecuencia de la mayor energía de compactación utilizada en el moldeo de las pastillas de ensayo.

En vista de lo anterior, se evidenció la intención de aprobar los tramos "no aptos" por incumplimiento del parámetro de compactación de base estabilizada construida bajo la especificación de "Proctor Modificado". Se evidenció la solicitud de la aceptación de los tramos del viaducto (Eje No. 1) que fueron construíos con el diseño ITP-255-16, pero bajo el criterio de compactación del 95% del "Proctor Estándar", el cual permitiría la aceptación de densidades máximas en sitio menores a las definidas en el diseño anterior (ITP-255-16). Para tales efectos se utilizó como justificación un nuevo diseño de base estabilizada, informe ITP-429-16-E, que da como resultado una densidad máxima menor, para un mismo contenido de cemento y granulometría del agregado, como consecuencia de una energía menor de compactación por efecto del método AASHTO T-99 "Proctor Estándar" como se mostró en la Tabla 8 anterior.

El oficio UE-DCPA-019-2016-174 del 24 de mayo de 2016 adjunta el oficio 042-PA-2016 de la Supervisora del proyecto donde se enumeran los tramos determinados como "no aptos" por los resultados de compactación de la base estabilizada con el diseño aprobado a esa fecha que se encontraron por debajo del 95% del Proctor Modificado. Los tramos catalogados de esa forma son del Eje No. 1, entre las estaciones 0+430 a 0+577 de la margen derecha y de la 0+430 a la 0+480 del lado izquierdo.

Se realizaron ensayos de caracterización de la sub-rasante en el sector Este y Central en el Eje No. 1. Los resultados obtenidos fueron comunicados oportunamente a la Unidad Ejecutora por medio de oficio LM-AT-50-2016 del 14 de marzo de 2016, recibido el 18 de marzo de 2016, el cual adjuntó el informe de laboratorio I-0236-16. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 9, y la Fotografía 2 muestra el material de subrasante ensayado por el LanammeUCR:



Tabla 9. Resultados de caracterización de subrasante del Eje No. 1 (Viaducto)

Muestra	Fecha de muestreo	Ubicación	Límite Líquido	Índice Plástico	Proctor		CBR		
					Densidad (kg/m ³)	% w óptimo	0,1"	0,2"	CBR al 95%
0352-16	02/09/2016	Eje No. 1; est. 0+550	102	64	1320	33,3	1,52	1,28	1,4
0353-16	02/09/2016	Eje No. 1; est. 0+480	87	53	1320	29,5	1,0	1,2	1,1
0354-16	02/09/2016	Eje No. 1; est. 0+400	60	23	1278	36,2	2,4	2,7	2,6

Fuente: Informe de laboratorio I-0236-16 del LanammeUCR.



(a) Estación 0+550



(b) Estación 0+400

Fotografía 2. Subrasante Eje No. 1 sector Este.

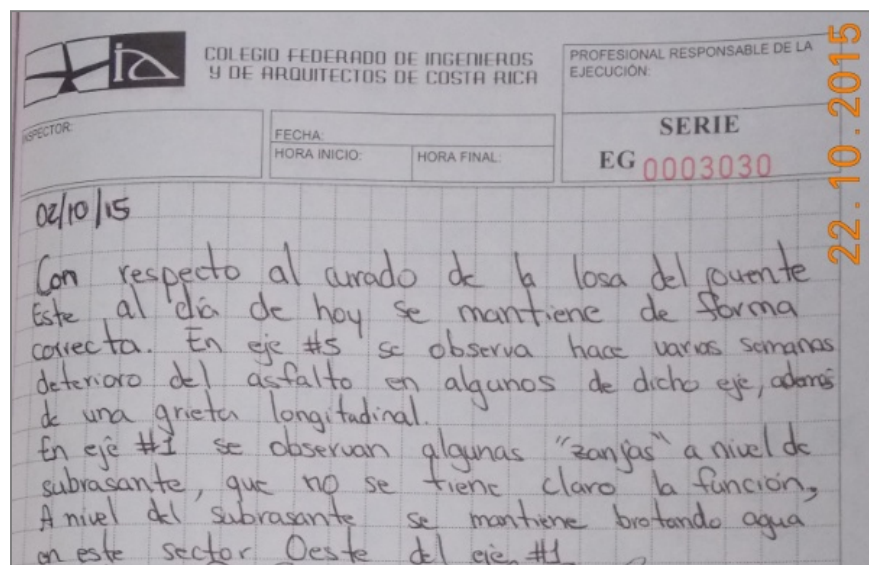
Fecha: 09 de febrero 2016. Fuente: LanammeUCR.

Los resultados obtenidos en el informe I-0236-16 evidencian que la capacidad de soporte (CBR) de la subrasante es baja. Al comparar los valores obtenidos por el LanammeUCR con los mostrados en el diseño original del viaducto del sector Este del Eje No. 1, son más bajos, en el diseño original el valor de CBR es 2,8%.



En la Bitácora del proyecto se hicieron varias anotaciones sobre la presencia de materiales arcillosos durante la excavación del Eje No. 1 y que el paquete estructural del pavimento se deberá adecuar a dicha condición y que se realizó una sustitución del material de sub-rasante en este eje debido a la calidad del material.

De igual forma, en la Bitácora se declara que en el Eje No. 1 sector Oeste se mantiene "brotando agua" de la subrasante, por lo que fue necesario la aplicación de un procedimiento para abatir el nivel freático en el Eje No. 1, ver Fotografía 3. El procedimiento consistió de la construcción de drenajes con piedra cuarta y geotextil, por debajo del nivel de la subrasante, con el fin de abatir el nivel freático y las aguas de escorrentía. En el folio No. 92 y 93 del 20 de enero de 2016 la Supervisión indica que se debería colocar un espesor adicional en el Eje No. 1 entre las estaciones 0+250 y 0+390, dado que se considera que 74 cm no es suficiente. Adicionalmente, se declara la existencia de "mucho agua" en la subrasante.



Fotografía 3. Copia del Folio No. 49 de la Bitácora del proyecto. Fecha: 22 de setiembre 2015. Fuente: LanammeUCR.

En el oficio DTP-IPA-171-2015 que adjunta el informe ITP-727-15 "Diseño de Estructura de Pavimento Ruta Nacional No. 39 Viaducto- Eje 1 - Sector Oeste" (de fecha 25 de agosto de 2015) que indica en su página No. 3 lo siguiente:



"Durante las labores de exploración se ha hecho evidente la presencia de niveles freáticos cercanos a la superficie lo cual se considera como una condición desfavorable para el buen desempeño de estructura de pavimento a proponer. La eventual colocación de una estructura de pavimento sobre la fundación (sub-rasante) descrita anteriormente aunado a los niveles freáticos superficiales a nivel de subrasante podría tener los siguientes efectos negativos:

- Deformación permanente a nivel de capas granulares y sub-rasante*
- Hundimientos*
- Bombeo de finos a capas superiores por aplicación de cargas*
- Migración no deseable de material fino de la sub-base o material de préstamo*
- Mayor perturbación de la sub-rasante durante la construcción*
- Aumento de las labores de mantenimiento y reducción de la vida de servicio del pavimento"*

Las situaciones descritas anteriormente llevaron al cambio en la estructura de pavimento del sector Oeste donde se encuentran materiales en la subrasante de tipo arcilla gris de alta plasticidad (CH), limo café de alta plasticidad (MH), grava limosa (GM) y arena limosa (SM).

El informe anterior ITP-420-15 "Diseño de Estructura de Pavimento Ruta Nacional No. 39 Viaducto - Zona Central" también recomienda lo siguiente:

"Se recomienda la inclusión de un geotextil en la interfaz material de préstamo – sub-rasante para minimizar la contaminación de las capas granulares con material fino proveniente de la sub-rasante evitando así una disminución de las propiedades mecánicas de las capas granulares y manteniendo su capacidad para la evacuación de las aguas provenientes de los altos niveles freáticos. La presente recomendación es aplicable para aquellas zonas donde se identifique o haya identificado altos niveles freáticos, en especial durante las épocas de invierno. Especial atención se debe tener durante las labores de excavación para identificar esta situación y evaluar el uso del geo-textil para cada caso particular."



En el informe ITP-727-15 "Diseño de Estructura de Pavimento Ruta Nacional No. 39 Viaducto- Eje 1 - Sector Oeste" se recomienda:

"(...) queda a criterio del constructor la inclusión o no de una capa de material de préstamo de un espesor tal que permita abatir o prevenir la migración de finos hacia las capas superiores en caso de evidenciar la presencia de altos niveles freáticos."

No obstante, como respuesta al oficio UE-D CPA-07-2015-0319 de la Unidad Ejecutora, sobre la posibilidad de colocar un geotextil se indica:

"La opción de un geo-textil puede ser viable y algún momento fue contemplada y discutida entre el diseñador y la Constructora. Durante la ejecución de los sondeos realizados en el sector Oeste en el mes de julio del 2015, se observó un leve flujo de agua subterránea saliendo a través de las paredes de la trinchera a una profundidad de 1,5 m a 2,00 m con respecto al nivel superior de la sub-rasante sobre la cual partiría la estructura diseñada. Lo anterior validado mediante referencias topográficas realizadas al momento de los sondeos."

Con base en esto se consideró que el nivel de agua estaba relativamente bajo a pesar de las lluvias que se estaban presentando durante esos días y que posterior a la construcción de la estructura de pavimento, dicho nivel no debía incrementar debido a que la sub-rasante estaría impermeabilizada por la estructura de pavimento (...) y las obras complementarias que rodean la zona Oeste del futuro viaducto (...). De ahí se considero que no era necesaria la inclusión de un geo-textil pues no es de esperar un ascenso severo del nivel freático hasta los materiales granulares."

Se evidencia la existencia del riesgo potencial de presencia de agua en la subrasante y que esta afecte el desempeño de la estructura de pavimento y que se descartó la posibilidad de colocar un geotextil para proteger las capas granulares del efecto del ascenso de aguas freáticas. En la Fotografía 4 se observan los subdrenajes en construcción en el Eje No. 1 sección Oeste del viaducto como obra de mitigación del nivel freático de la subrasante.



Fotografía 4. Construcción de sub-drenajes en el Eje No. 1 sector Oeste.
Fecha 04 de febrero 2016. Fuente: LanammeUCR

En conclusión, es criterio del equipo auditor que existe un riesgo potencial de que la estructura de pavimento del viaducto presente deterioros prematuros y se requieran ejecutar intervenciones de mantenimiento anticipadas esto como consecuencia los factores de riesgo potencial evidenciados durante el proceso constructivo del viaducto y por el orden de magnitud y la alta variabilidad las deflexiones obtenidas por el LanammeUCR que son mayores a las obtenidas en que en otros proyectos de obra nueva.

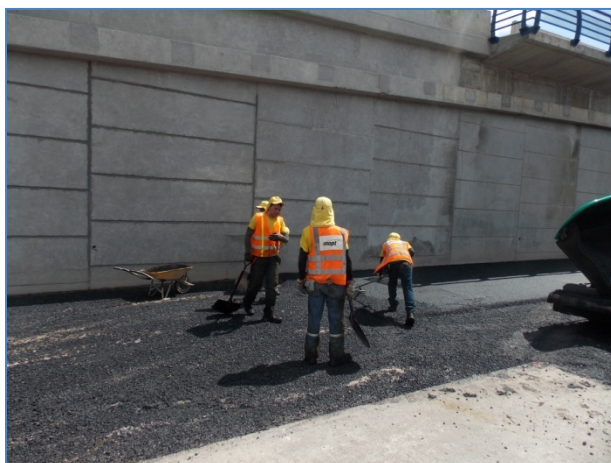
Hallazgo No. 1 Se evidenció el uso de una capa de "traba" o "polveado" sobre el riego de liga durante la colocación de mezcla asfáltica.

Durante las giras del equipo auditor de los días 9 de marzo y 5 de junio de 2016, durante la colocación de la capa de mezcla asfáltica en caliente se observó uso de "traba" sobre el riego de liga recién colocado sobre la capa de base estabilizada, a pesar de que esta práctica ya había sido detectada como no-conforme por la Supervisión del proyecto desde el 6 de enero de 2016. Son conocidos los efectos perjudiciales que esta práctica tiene en cuanto a la adherencia entre capas, los cuales fueron comunicados verbalmente a la inspección presente en campo. En las Fotografías de la No. 5 a la No. 7 se evidencia la ejecución de esta práctica en el proyecto.



Fotografía 5. Capa delgada o "traba" durante la colocación de mezcla asfáltica en caliente.

Fecha: 9 de marzo de 2016. Fuente: LanammeUCR.



Fotografía 6. Uso de "traba" durante la colocación de mezcla asfáltica en caliente

Fecha: 5 de mayo de 2016. Fuente: LanammeUCR.



Fotografía 7. Aplicación de riego de liga y uso de "traba".
Fecha: 5 de junio de 2016. Fuente: LanammeUCR.

La "traba" consiste en la colocación de una capa asfáltica delgada para tratar de contrarrestar el problema de adherencia del riego de liga a las llantas de las vagonetas. La colocación de un espesor reducido no permitirá una compactación adecuada, aunado a la segregación térmica que se produce al extenderla. Esto puede convertir a este tipo de superficies en un plano de falla entre la mezcla asfáltica que se coloca encima y la capa inferior, lo que pone en riesgo la durabilidad de la intervención realizada. (Guerrero-Aguilera, 2016), por lo que esta práctica resulta un problema constructivo que afecta directamente el desempeño de la mezcla asfáltica y la vida útil del proyecto.

Se realizó la revisión documental de las no-conformidades levantadas por la Supervisora del proyecto determinando que en el informe INC-PA-024-2016 de fecha de emisión 06-01-2016 se detectó la ejecución de esta práctica durante la colocación de mezcla asfáltica en el Eje #4 (rampa de salida hacia Zapote del sector Sur). En dicho informe se cita lo siguiente:

"A. Se evidenció una mala ejecución de la actividad que conllevó a la contaminación de la primera capa de "traba" o "polveado" comprometiendo la adherencia entre esa capa y la posterior

B. Desprendimientos de la "traba" por un incorrecto proceso constructivo, dejando en algunas zonas la base estabilizada expuesta."



En ese mismo informe de no-conformidad se señala en su apartado 8b. Causas, un *"Inadecuado proceso constructivo"* y *"Desacato de recomendaciones por parte de la inspección"*.

Es criterio del equipo auditor que el uso de "traba" pone en riesgo la durabilidad de la capa asfáltica y la vida útil del proyecto por el efecto que tiene en la adherencia entre capas en una ruta primaria de alta intensidad de tráfico.

Hallazgo No. 2. Las rampas del intercambio entraron en servicio con una capa de ruedo rehabilitada diferente a la aprobada en el diseño original del proyecto.

Las rampas del intercambio se utilizaron para desviar el tránsito del viaducto mientras éste se encontraba en etapa constructiva. La entrada en servicio del viaducto se retrasó debido varias situaciones relacionadas con el cumplimiento de procedimientos constructivos, lo que provocó que las rampas estuvieran expuestas a una intensidad del tráfico mayor a la del diseño que superó la capacidad estructural de la capa parcial de 5 cm de espesor de mezcla asfáltica colocada por el contratista en los Ejes No. 3, 4 y 5 (espesor total según diseño aprobado era de 10 cm) provocando la fatiga de la capa de mezcla asfáltica. Estas capas presentaron deterioros tipo "cuero de lagarto" y agrietamientos longitudinales. La condición observada se hizo de conocimiento de la Unidad Ejecutora mediante el oficio LM-AT-147-2016 del 31 de agosto de 2016.

Se observaron deterioros en la capa de ruedo de la rampa del eje No. 5, como se observa en las Fotografía 8 y Fotografía 9, los cuales corresponden a grietas longitudinales, agrietamientos (cuero de lagarto) que podrían relacionados con fatiga y deformación de la capa inicial colocada de mezcla asfáltica de 5 cm.



Fotografía 8. Agrietamientos tipo "cuero de lagarto" en el Eje No. 5.
Fecha: 4 de febrero de 2016. Fuente: LanammeUCR.



Fotografía 9. Grieta longitudinal en el Eje No. 5.
Fecha: 4 de febrero de 2016. Fuente: LanammeUCR.

En giras posteriores se observó la ejecución de intervenciones de reparación de deterioros, como sello de grietas y áreas bacheadas, sobre la capa asfáltica inicialmente colocada en los ejes No. 5 y 7. (Ver Fotografía 10 y Fotografía 11). En la rampa del eje No. 3 se observó la colocación de una geomalla entre la capa de mezcla asfáltica existente (colocada al inicio del proyecto luego de la estabilización de la base con cemento), y otra capa asfáltica recién colocada como se muestra en la Fotografía 12.

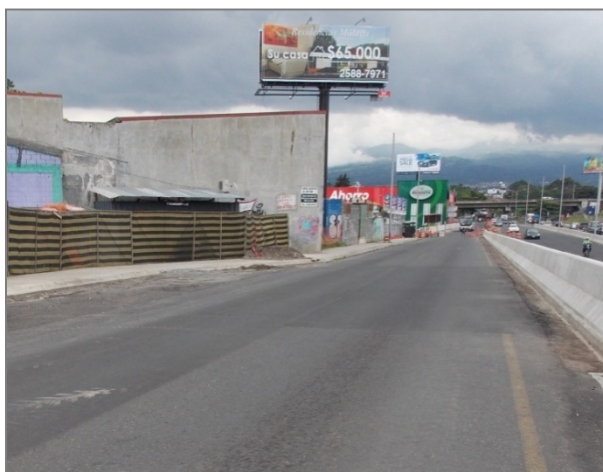
LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Junio 2017	Página 39 de 39
-----------------	------------------------------	-----------------



Tanto la geomalla como la capa asfáltica recién colocada fueron instaladas sobre una capa asfáltica existente en la rampa, la cual correspondía a 5 cm del espesor total de la capa de mezcla asfáltica propuesta por el diseño estructural de pavimentos. Esta capa de 5 cm de espesor fue colocada aproximadamente a finales del año 2014.



Fotografía 10. Sello de grietas en el Eje No. 6 (Rampa).
Fecha 04 de agosto 2016. Fuente: LanammeUCR.



Fotografía 11. Áreas bacheadas.
Fecha 20 de julio 2016. Fuente: LanammeUCR.



Fotografía 12. Geomalla entre capas de mezcla asfáltica en el eje No. 3.

Fecha: 11 de agosto 2016. Fuente: LanammeUCR

Se evidenció que para tratar de recuperar la condición estructural y funcional de la estructura colocada en estas rampas, la Unidad Ejecutora aprobó el sellado de grietas, se colocaron 7,0 cm de mezcla asfáltica nueva y, una geomalla para el control del reflejo de grietas en la superficie de ruedo. El resto de capas colocadas durante el proceso constructivo se mantuvieron, dado que según la valoración realizada por parte de la Unidad Ejecutora, de los estudios técnicos realizados por el contratista, se encontraban en condiciones aceptables.

De acuerdo con esto, es criterio de este ente fiscalizador que la capa final de mezcla asfáltica se colocó sobre otra capa asfáltica fatigada, por lo que no representa los supuestos del diseño original que fue aprobado, donde se consideró una capa nueva de 10 cm de mezcla asfáltica.

El proyecto se aprobó con una estructura de pavimentos nueva en todas las rampas según consta en los diseños aprobados y no consideraba la aplicación de técnicas de rehabilitación de los pavimentos existentes o los utilizados durante la fase de construcción.

El uso de técnicas de mantenimiento, como sello de grietas y bacheo restaura la condición funcional de la superficie de ruedo pero no así la condición estructural. Otras técnicas como la colocación de geomallas y sobrecapas, como lo observado en la rampa No. 3, tienden a retrasar el reflejo de las grietas de la primera capa hacia la siguiente capa de mezcla asfáltica y otorgan cierto aporte estructural al pavimento existente (aporte de la capa nueva) pero sin alcanzar la misma capacidad estructural y desempeño que tendría la

nueva estructura propuesta en el diseño aprobado si se hubiera colocado la capa de 10 cm completa sin deterioro alguno.

De acuerdo con la revisión documental, fue posible evidenciar que se argumentó que la fatiga de la capa asfáltica de ruedo de las rampas se debe a atrasos por parte de la Administración en la entrega de terrenos por trámites de expropiación, y que la colocación de 2 cm de espesor de mezcla adicionales a los 5 cm faltantes (2da. capa) y el resto de la intervención ejecutada originó un reclamo adicional de $\text{¢}29.628.239,64$ (veintinueve millones seiscientos veintiocho mil doscientos treinta y nueve colones con sesenta y cuatro céntimos), el cual no fue aceptado por la Administración debido a que se evidenció que el paso del tránsito no fue la única causa que los deterioros observados en la rampa.

Es importante considerar que la curva de deterioro de un proyecto nuevo decae más rápidamente cuando posee condiciones iniciales no óptimas que afecten su desempeño (curva 1 en el Gráfico 1), en comparación con la curva de un proyecto que inicia su vida útil con una condición óptima donde se cumple a cabalidad con un proceso constructivo con los elementos necesarios de una carretera para lograr un buen desempeño de acuerdo al diseño propuesto (curva 2 en la Figura 1).

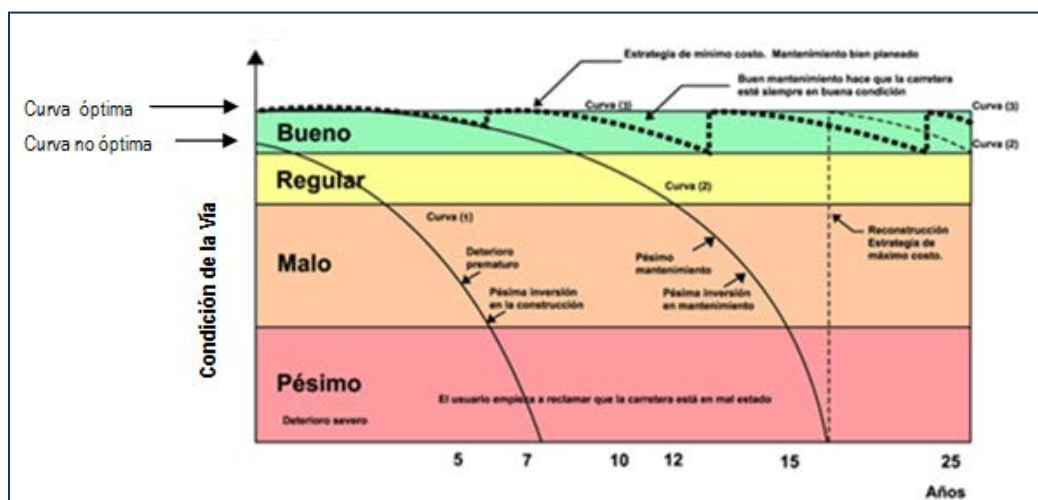


Figura 1. Curva típica de deterioro.

Fuente: LanammeUCR.

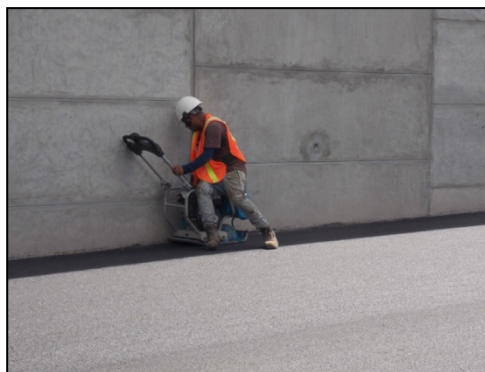


Se debe tomar en cuenta que si la estructura final del pavimento de un proyecto nuevo es aceptada en una condición no óptima, existe un riesgo potencial mayor sobre la posibilidad de requerirse obras de mantenimiento anticipadas y más frecuentes para mantener una condición funcional y estructural adecuada.

El garantizar una condición inicial óptima en un proyecto nuevo promueve que se deban invertir menos recursos para mantener el buen estado de la vía en el tiempo (mantenimiento preventivo). En caso contrario, a corto plazo se deberán invertir muchos recursos para atender los deterioros que posiblemente se mostrarán con mayor frecuencia en el tiempo (mantenimiento correctivo), afectando de forma progresiva la estructura interna del pavimento y en consecuencia poniendo en riesgo los recursos invertidos en la construcción de esta obra nueva.

Observación No. 2. Se observó el uso de equipo de bajo tonelaje durante la compactación del espaldón y obstrucciones en las rejillas del sistema de drenaje que pueden favorecer el ingreso de agua a las capas inferiores del pavimento.

En la zona del viaducto se observó la compactación de una sección lateral de mezcla asfáltica que ante la ausencia de cunetas tendrá la función de canalizar las aguas hacia los tragantes colocados en las márgenes del proyecto como muestra en la Fotografía 13. La compactación del material en estas zonas se realizó de forma diferente al resto de la capa del viaducto utilizando equipos de bajo tonelaje. Esta situación fue informada a la Unidad Ejecutora de forma oportuna por medio del oficio LM-AT-147-16 del 31 de agosto de 2016.



Fotografía 13. Zonas laterales compactadas con equipo menor.

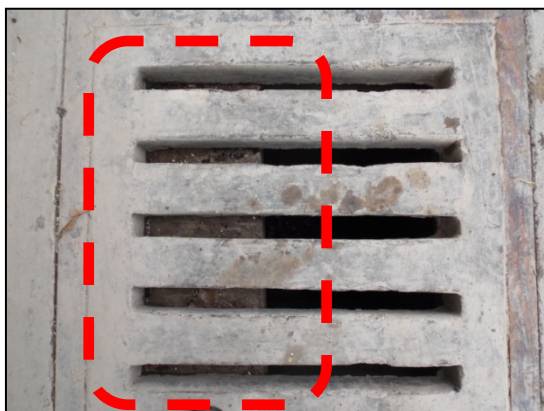
Fecha: 05 de julio 2016. Fuente: LanammeUCR



Por otro lado, se observó que algunas de las rejillas de los tragantes tienen parte del área obstruida para evacuar el agua de escorrentía, debido a que se encuentran apoyadas sobre un elemento de concreto que restringe su capacidad hidráulica (Ver Fotografía 14). De acuerdo con esto, se recalca la necesidad de dar seguimiento al comportamiento del agua en estos puntos de salida y verificar el funcionamiento adecuado de los tragantes construidos.

Es importante que estas zonas hayan quedado adecuadamente densificadas a todo el espesor de la capa asfáltica, principalmente para evitar la penetración de agua a lo interno de la capa favoreciendo el daño por humedad de la mezcla asfáltica traducido a desprendimientos de las partículas de agregado que la conforman. Por otro lado, es importante evitar la penetración de agua hacia las capas internas del resto de la estructura, ya sea a través de la mezcla asfáltica o a través de la junta de ésta con el muro lateral de concreto, situación que podría generar problemas de capacidad de soporte por saturación y la capacidad de las rejillas colocadas en los tragantes del sistema de drenaje del proyecto.

La Unidad Ejecutora por medio del oficio UE-D CPA-015-2016-275 del 23 de setiembre de 2016 manifestó que las pruebas de compactación realizadas por el Laboratorio de Autocontrol en esta zona fueron satisfactorias y que la Supervisora realizaría pruebas adicionales. Con respecto a las rejillas se menciona la solicitud a la empresa constructora, la justificación técnica y la memoria de cálculo que demuestre el correcto funcionamiento del sistema y la evacuación de las aguas pluviales.



(a) Limitada capacidad de la rejilla.
Fecha: 05 de julio 2016



(b) Sedimentos y basura acumulados en la rejilla. Fecha: 08 de diciembre 2016

Fotografía 14. Rejillas con capacidad limitada.

Fuente: LanammeUCR



10.2 SOBRE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES

Hallazgo No. 3. Se evidenciaron incumplimientos de los requisitos de calidad del acero de refuerzo.

Durante las visitas del equipo auditor al proyecto se observó la construcción de diferentes elementos estructurales de los puentes que conforman el paso elevado. Por medio de la inspección visual se pudo apreciar que en el armado del acero de refuerzo de las vigas de asiento y amarre, pilotes, losa de aproximación y baranda "New Jersey", se utilizaron algunas barras de acero que tenían corrugaciones de menor altura en comparación con las que presentaban otras barras del mismo diámetro dentro del mismo elemento estructural. En la Fotografía 15 se muestra uno de estos elementos.



Fotografía 15. Muestras de acero de refuerzo.

Fecha: 2 de julio de 2015. Fuente LanammeUCR

Los ensayos de calidad de las propiedades físicas y mecánicas de las barras de acero ensayadas por el LanammeUCR, tomadas de muestreos aleatorios hechos en el sitio de proyecto ante el Ingeniero de Proyecto, evidencian que el incumplimiento más frecuente se da en el parámetro de "altura de corrugaciones". Las especificaciones vigentes que regulan el acero de refuerzo en los proyectos viales permiten el rechazo del material cuando se dan incumplimientos en sus propiedades. Los elementos estructurales donde se observó el uso de varillas con estas características siempre fueron utilizados y fueron colados con concreto.

En la Tabla 10 se evidencian los incumplimientos sobre los valores promedio de altura de corrugaciones en las varillas No. 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9, del total de 55 muestras ensayadas un 42% presentaron incumplimientos de este parámetro. En Tabla 11 se resumen los resultados de las muestras que presentaron incumplimientos en la resistencia a la tensión.



En cuando al parámetro de resistencia a la tensión se evidenciaron dos incumplimientos. Las muestras corresponden a la 1528-15 y la 1988-15. El incumplimiento se encuentra tanto en el valor del esfuerzo promedio de fluencia como en el esfuerzo máximo. Cabe destacar que las muestras corresponden a un mismo fabricante y diámetro de varilla. Sobre los demás parámetros solicitados por la normativa vigente no se evidenciaron incumplimientos en las muestras ensayadas por el LanammeUCR durante la ejecución de la Auditoría.

Los resultados obtenidos corresponden a los informes de ensayo del LanammeUCR identificados como I-0809-15, I-0916-15, I-1014-15, I-1206-15 y I-1490-15, de los cuales se remitió copia a la Unidad Ejecutora de forma oportuna. De igual forma mediante el oficio LM-AT-095-2015 (recibido por la Unidad Ejecutora el 16-7-2015) se hizo de conocimiento de la Unidad Ejecutora los criterios del Equipo Auditor sobre los resultados de los ensayos de laboratorio y las certificaciones del acero de refuerzo.

La importación de barras de acero de refuerzo en Costa Rica está regulada por el Reglamento Técnico RTCR 452:2011 Barras y Alambres de Acero de refuerzo para concreto. Especificaciones, No 37341-MEIC. Los objetivos de este reglamento son establecer las características y especificaciones técnicas para las barras y alambres utilizadas como refuerzo de concreto, y garantizar que los productos de acero comercializados en el país cumplen con las características y especificaciones técnicas, a efecto de salvaguardar la vida y la integridad humana.

De igual forma, el Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes (CR-2010), establece los requisitos de este material en la sección 554 "Acero de refuerzo", entre los que están:

- **554.06 "Protección del material".** *"(...) Se colocará el acero de refuerzo solamente cuando la superficie esté limpia y las dimensiones mínimas, área de sección transversal y propiedades de tensión cumplan con requisitos físicos para el tamaño y grado del acero especificado."*
- **107.03. Certificación.** *"(...) El material aceptado mediante certificación puede ser muestreado y ensayado en cualquier momento si se encuentra que no está conforme con el contrato, se rechazará en el lugar en que se encuentre."*

Los ensayos de conformidad de las barras de acero y los alambres de refuerzo para concreto deben efectuarse según los establecidos en las normas INTE 06-09-04 e INTE 06-09-05, según se muestra en la Tabla 12. La determinación de las mediciones de las corrugaciones se debe realizar con los ensayos establecidos de acuerdo el reglamento:



Tabla 10. Resultados de altura de corrugaciones para el acero de refuerzo

Informe	Muestra	Varilla N°	Identificación	Altura de corrugación (mm)					
				Altura (mm)	Mínima altura (mm)	Cumplimiento	Promedio	Cumplimiento	Desv, Est
I-0809-15	1279-15	4	Baranda New Jersey	0,29	0,51	No Cumple	0,34	No Cumple	0,14
				0,50	0,51	No Cumple			
				0,24	0,51	No Cumple			
I-0809-15	1280-15	4	KD TURKEY 4 W 60	0,75	0,51	Cumple	0,61	Cumple	0,13
				0,58	0,51	Cumple			
				0,50	0,51	No Cumple			
I-0809-15	1281-15	5	AMPL 5 W 60	0,31	0,71	No Cumple	0,34	No Cumple	0,04
				0,30	0,71	No Cumple			
				0,37	0,71	No Cumple			
				0,37	0,71	No Cumple			
I-0809-15	1282-15	5	KD TURKEY 4 W 60	0,62	0,71	No Cumple	0,59	No Cumple	0,03
				0,59	0,71	No Cumple			
				0,57	0,71	No Cumple			
I-0916-15	1527-15	5	KD TURKEY 5 W 60	0,93	0,71	Cumple	0,90	Cumple	0,03
				0,87	0,71	Cumple			
				0,91	0,71	Cumple			
I-0916-15	1528-15	6	AM 6 W 60 CR	1,13	0,97	Cumple	1,06	Cumple	0,09
				1,09	0,97	Cumple			
				0,96	0,97	No Cumple			
I-0916-15	1529-15	7	KD TURKEY 7 W 60	1,24	1,12	Cumple	1,23	Cumple	0,12
				1,34	1,12	Cumple			
				1,10	1,12	No Cumple			
I-0916-15	1530-15	8	KD TURKEY 8 W 60	1,32	1,27	Cumple	1,44	Cumple	0,13
				1,57	1,27	Cumple			
				1,42	1,27	Cumple			
I-1014-15	1691-15	7	KD TURKEY 7 W 60	0,98	1,12	No Cumple	0,99	No Cumple	0,02
				0,99	1,12	No Cumple			
				1,01	1,12	No Cumple			
I-1014-15	1692-15	5	H 5 W 60 TR	0,74	0,71	Cumple	0,74	Cumple	0,02
				0,75	0,71	Cumple			
				0,72	0,71	Cumple			
I-1014-15	1693-15	4	TTAMPL 4 W 60	0,51	0,51	Cumple	0,47	No Cumple	0,03
				0,45	0,51	No Cumple			
				0,45	0,51	No Cumple			
I-1014-15	1694-15	4	TTAMPL 4 W 60	0,38	0,51	No Cumple	0,44	No Cumple	0,06
				0,44	0,51	No Cumple			
				0,50	0,51	No Cumple			
I-1014-15	1696-15	3	H 3 W 60 TR	0,31	0,38	No Cumple	0,39	Cumple	0,11
				0,51	0,38	Cumple			
				0,34	0,38	No Cumple			
I-1206-15	1987-15	4	TTAMPL 4 W 60	0,61	0,51	Cumple	0,65	Cumple	0,04
				0,66	0,51	Cumple			
				0,68	0,51	Cumple			
I-1206-15	1988-15	6	AM 6 W 60 CR	1,05	0,97	Cumple	1,00	Cumple	0,05
				0,99	0,97	Cumple			
				0,96	0,97	Cumple			
I-1206-15	1989-15	6	H 6 W 60 TR	1,26	0,97	Cumple	1,33	Cumple	0,07
				1,39	0,97	Cumple			
				1,35	0,97	Cumple			
I-1490-15	2520-15	6	KD TURKEY 6 W 60	1,23	0,97	Cumple	1,25	Cumple	0,02
				1,26	0,97	Cumple			
				1,26	0,97	Cumple			
I-1490-15	2521-15	9	H 9 W 60 TR	1,83	1,42	Cumple	2,02	Cumple	0,23
				2,27	1,42	Cumple			
				1,96	1,42	Cumple			

Fuente: LanammeUCR

LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Junio 2017	Página 47 de 47
-----------------	------------------------------	-----------------



Tabla 11. Resultados de ensayo de tensión del acero de refuerzo

Informe	Muestra	Varilla N°	Identificación	Resistencia a la tensión (MPa)									
				Esf. fluencia	Cumplimiento	Prom.	Desv. Est.	Esf. máx.	Cumplimiento	Prom.	Desv. Est.		
I-0809-15	1279-15	4	Baranda New Jersey	526	Cumple	528,67	22,12	637	Cumple	646,00	17,35		
				508	Cumple							635	Cumple
				552	Cumple							666	Cumple
I-0809-15	1280-15	4	KD TURKEY 4 W 60	503	Cumple	500,67	6,81	636	Cumple	629,00	8,19		
				493	Cumple							620	Cumple
				506	Cumple							631	Cumple
I-0809-15	1281-15	5	AMPL 5 W 60	No se reporta fluencia	-	-	-	684	Cumple	671,25	22,02		
								694	Cumple				
								662	Cumple				
								645	Cumple				
I-0809-15	1282-15	5	KD TURKEY 4 W 60	454	Cumple	473,00	16,82	622	Cumple	630,33	8,50		
				486	Cumple							639	Cumple
				479	Cumple							630	Cumple
I-0916-15	1527-15	5	KD TURKEY 5 W 60	421	Cumple	419,33	22,55	575	Cumple	589,00	25,12		
				396	No cumple							574	Cumple
				441	Cumple							618	Cumple
I-0916-15	1528-15	6	AM 6 W 60 CR	422	Cumple	381,33	38,68	558	Cumple	519,67	35,13		
				345	No cumple							489	No Cumple
				377	No cumple							512	No Cumple
I-0916-15	1529-15	7	KD TURKEY 7 W 60	488	Cumple	485,00	8,89	640	Cumple	638,00	8,19		
				475	Cumple							629	Cumple
				492	Cumple							645	Cumple
I-0916-15	1530-15	8	KD TURKEY 8 W 60	453	Cumple	452,67	3,51	590	Cumple	592,67	2,31		
				456	Cumple							594	Cumple
				449	Cumple							594	Cumple
I-1014-15	1691-15	7	KD TURKEY 7 W 60	443	Cumple	471,00	24,25	607	Cumple	624,33	16,56		
				485	Cumple							626	Cumple
				485	Cumple							640	Cumple
I-1014-15	1692-15	5	H 5 W 60 TR	No se reporta fluencia	-	-	-	521	No Cumple	601,00	69,5		
								643	Cumple				
								639	Cumple				
I-1014-15	1693-15	4	TTAMPL 4 W 60	No se reporta fluencia	-	-	-	666	Cumple	682,33	15,57		
								697	Cumple				
								684	Cumple				
I-1014-15	1694-15	4	TTAMPL 4 W 60	No se reporta fluencia	-	-	-	668	Cumple	674,67	14,22		
								665	Cumple				
								691	Cumple				
I-1014-15	1696-15	3	H 3 W 60 TR	No fluencia	-	500,00	-	683	Cumple	663,00	42,50		
				500	Cumple							614	Cumple
				No fluencia	-							692	Cumple
I-1206-15	1987-15	4	TTAMPL 4 W 60	No fluencia	-	460,00	31,11	560	Cumple	622,67	60,62		
				438	Cumple							627	Cumple
				482	Cumple							681	Cumple
I-1206-15	1988-15	6	AM 6 W 60 CR	312	No cumple	404,33	80,00	443	No Cumple	534,67	79,39		
				448	Cumple							581	Cumple
				453	Cumple							580	Cumple
I-1206-15	1989-15	6	H 6 W 60 TR	462	Cumple	451,67	9,29	608	Cumple	602,33	5,51		
				449	Cumple							602	Cumple
				444	Cumple							597	Cumple
I-1490-15	2520-15	6	KD TURKEY 6 W 60	457	Cumple	458,00	2,65	622	Cumple	611,67	17,90		
				456	Cumple							622	Cumple
				461	Cumple							591	Cumple
I-1490-15	2521-15	9	H 9 W 60 TR	487	Cumple	481,33	8,96	633	Cumple	635,00	4,36		
				486	Cumple							640	Cumple
				471	Cumple							632	Cumple

Fuente: LanammeUCR

LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Junio 2017	Página 48 de 48
-----------------	------------------------------	-----------------



Tabla 12. Método de ensayo para las barras y los alambres.

Clasificación	Barras de acero al carbono lisas y corrugadas. Grados 40 y 60 (1)	Barras de acero de baja aleación, lisas y corrugadas. Grado 60 (1)	Alambre de acero al carbono grafilado. Grado 70 (1)
Medición de corrugaciones y deformaciones (2)	INTE 06-09-01, punto 8	INTE 06-09-02, punto 8	INTE 06-09-06, punto 7
<p>(1) Los requisitos de esta tabla son aplicables para las normas ASTM 496, ASTM A615 y ASTM 706 en su versión más actualizada. En el caso de la ASTM A615 Grado 40 y Grado 60, se deben cumplir:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. El esfuerzo real de cedencia no sobrepasará el esfuerzo especificado en más de 1250 kg/cm². b. La relación de la resistencia última en tracción y el esfuerzo de cedencia real no es inferior a 1,25. <p>(2) Las normas INTE referenciadas en esta tabla corresponden a la última versión vigente o su modificación.</p>			

Fuente: Reglamento Técnico RTCR 452:2011 Barras y Alambres de Acero de refuerzo para concreto. Especificaciones. No. 37341-MEIC.

Los incumplimientos del parámetro de altura de corrugaciones pueden tener implicaciones significativas en el comportamiento del concreto reforzado que revisten mayor importancia en obras de gran magnitud y funcionalidad, como los puentes y fundaciones de este proyecto.

Las corrugaciones en las varillas tienen varias funciones en el sistema de concreto reforzado, en primer lugar mejora la adherencia del acero al concreto, característica importante para que el acero desarrolle mejor las capacidades propias del material, alcanzando el valor de fluencia del mismo y garantizando un comportamiento óptimo de la estructura. La otra función importante es que el concreto con el acero corrugado, desarrolla grietas más pequeñas y redistribuidas a lo largo de la luz del elemento, precisamente en la zona que se encuentra reforzada, por lo que se generan deflexiones de menor magnitud. Por último las corrugaciones permiten una mejor distribución de esfuerzos en el elemento, esto aunado a las otras funciones antes mencionadas, hace que la falla del elemento no se presente de manera abrupta. Esto generalmente rige para el acero que es utilizado como refuerzo longitudinal de elementos de concreto reforzado.

Un aspecto importante que se debe tomar en cuenta es que a pesar de que lo indicado en el punto anterior en principio se encuentra regulado para varillas que se utilizan como refuerzo longitudinal, ello también es aplicable a varillas que son utilizadas como aros, siendo que el ACI 318 “Requisitos de reglamento para concreto Estructural” indica en el apartado 20.2.1.1:



*“Las barras y alambres no preesforzados **deben ser corrugados**, excepto las barras lisas o alambres que se permiten para ser utilizados en espirales”. (Lo resaltado no es del texto original)*

El apartado 26-6-1.2 del capítulo 26 "Documentos de construcción e Inspección" del mismo Código dice:

*"b) El refuerzo no preesforzado con óxido, escamas o una combinación de ambas debe considerarse satisfactorio, si las **dimensiones mínimas (incluyendo la altura de los resaltes del corrugado)** y el peso de una muestra limpiada a mano utilizando un cepillo de alambre de acero, **cumple con los requisitos de la norma**". (El resaltado no es del texto original)*

Cabe recordar que el ACI 318 es el documento al que hace referencia el Código Sísmico de Costa Rica para regular el concreto reforzado en Costa Rica.

La norma INTE 06-09-02 (ASTM A706) indica en el apartado de "Acabado" que la presencia de oxidación, de las costuras, de irregularidades superficiales o delaminaciones no pueden ser la causa de que una barra de refuerzo sea rechazada, siempre y cuando la masa, las dimensiones, el área de la sección transversal, y las propiedades de tracción de un espécimen de ensayo cepillado a mano con cepillo de alambre no sean menores que los requisitos dados en la norma.

El Manual del Instituto Americano del Concreto (*American Concrete Institute*) en adelante ACI 318 hace referencia a las normas ASTM de especificación del acero (en este caso ASTM A706) la cual tiene su homologación en la norma INTE 06-09-02, por lo que se debe cumplir con tales requisitos. Adicionalmente, el Reglamento Técnico de acero es claro en los cumplimientos del material de acero de refuerzo que se utilice para tal fin (es decir, los que se utilicen como acero longitudinal o de cortante), los cuales se basan en los criterios técnicos de la norma INTE 06-09-02.

Por lo tanto, todo acero de refuerzo, que no sea utilizado como refuerzo en espiral, debe ser corrugado y por tanto debe cumplir con los requisitos de las corrugaciones que indican las normas respectivas.



Hallazgo No. 4. Los documentos de calidad del acero de refuerzo omiten parte de la información requerida por la reglamentación vigente y las especificaciones del proyecto.

Los documentos sobre la calidad del acero de refuerzo, aportados por la Unidad Ejecutora, presentan información incompleta al compararlos contra los requisitos del Reglamento Técnico RTCR 452:2011 Barras y Alambres de Acero de refuerzo para concreto, Decreto No. 37341-MEIC.

El Decreto citado y las especificaciones del proyecto indican que se requiere de documentación certificada para verificar el cumplimiento de especificaciones del acero de refuerzo. En el caso particular de este proyecto no se dispone de documentos con dicha característica, dado que la certificación debe ser emitida por parte de un ente independiente y acreditado para tales efectos.

El análisis realizado a los certificados de calidad aportados por la gerencia de Unidad Ejecutora PIV-1 el día viernes 15 de mayo de 2015 por parte de la Unidad Ejecutora, vía correo electrónico, determinó que la información aportada se encuentra incompleta, por falta de datos de corrugaciones y masa por unidad de longitud por lo que no se puede afirmar que cumplan con el Reglamento RCTR-2011. Adicionalmente, no es posible relacionar los informes de propiedades físicas y químicas con las varillas observadas en el proyecto porque no se indica en los informes la identificación de cada tipo de varilla ni su número de lote. De dicho análisis se evidenció lo siguiente:

- La documentación de calidad no corresponde a un certificado de calidad, es un informe de ensayo que permite conocer la calidad del material, pero que fue emitido por un laboratorio no acreditado bajo la norma INTE-ISO/IEC 17025:2005, para emitir certificados de ese tipo. Esta situación incumple con la Ley de Calidad que rige los proyectos estatales.
- La norma indicada en los documentos de calidad con que se realizaron los ensayos no corresponde con la última versión vigente de las normas de INTECO, como lo requiere el Reglamento RTCT 452:2011.
- Existen incumplimientos de la altura promedio de la corrugación en la varillas #4 B-4-KD y el parámetro de altura promedio mínima de corrugación de la varilla #6 B-6-AM. Los restantes parámetros de evaluación sí cumplen.
- Existe un error en el informe de la varilla #6 B-6-KD que impide verificar el cumplimiento de requisitos de esta varilla.



La Unidad Ejecutora remitió el oficio UE-D CPA-015-2015-310 del 28 de agosto de 2015, como respuesta al oficio LM-AT-110-15, donde se detalla el origen y nombre del fabricante del acero de refuerzo utilizado en el proyecto e informes con datos de proveedores, propiedades físicas y mecánicas del acero. La revisión de estos documentos arrojó las siguientes observaciones:

- No es posible evidenciar el elemento del sistema estructural que utilizaron.
- No se indica información acerca de los valores de corrugación y relación masa real con la masa nominal, pues no se cuenta con esta información para ninguna de las varillas (a excepción de la masa de las varillas tipo "Turkey").
- Los informes de laboratorio adjuntos estaban incompletos: con la información aportada no hay fidelidad de que el acero ensayado y reportado en el informe de resultados es el utilizado en el proyecto; no se mostraba el estudio de las corrugaciones y masa por unidad de longitud de las barras. Algunos informes fueron remitidos con hojas faltantes.
- La "marca de conformidad del producto" indicada en algunos documentos se encontraba expirada a la fecha de realizada la revisión.

La importación de barras de acero de refuerzo en Costa Rica está regulada por el Reglamento Técnico RTCR 452:2011 Barras y Alambres de Acero de refuerzo para concreto. Especificaciones, No 37341-MEIC. Los objetivos de este reglamento son establecer las características y especificaciones técnicas para las barras y alambres utilizadas como refuerzo de concreto, y garantizar que los productos de acero comercializados en el país cumplen con las características y especificaciones técnicas, a efecto de salvaguardar la vida y la integridad humana.

La sección aplicable del CR-2010 a las barras de acero de refuerzo, corresponde a la 554 "Acero de refuerzo". Específicamente sobre el cumplimiento de requisitos de calidad se establecen los siguientes:

"554.10 Aceptación Acero de refuerzo y materiales de recubrimiento epóxico son evaluados en las subsecciones 107.02 y 107.03. Se exigirá certificado de producción con cada embarque de acero de refuerzo.

107.03 Certificación El material manufacturado fuera del proyecto debe ser elaborado por fabricantes certificados bajo normas de calidad acordes con la legislación vigente. Es responsabilidad del contratista elegir el mejor material disponible para cumplir con las expectativas del contratante. El material aceptado

LM-PI-AT-187-16	Fecha de emisión: Junio 2017	Página 52 de 52
-----------------	------------------------------	-----------------



mediante certificación puede ser muestreado y ensayado en cualquier momento si se encuentra que no está conforme con el contrato, se rechazará en el lugar en que se encuentre. Se pueden requerir dos tipos de certificación:

Certificación de producto: debe cumplir con los requisitos de la Guía INTE-ISO/IEC 65. Se debe notificar al contratista que el fabricante está obligado a cumplir con este requisito. En el texto de la norma se indica el contenido del certificado.

Declaración de conformidad del proveedor: se deben cumplir con los requisitos de la norma INTE-ISO/IEC 17050: Evaluación de la conformidad - Declaración de la conformidad del proveedor.

El contratista debe demostrar al ingeniero de proyecto que los materiales cumplen por medio de constancias de calidad."

Los informes de las varillas analizados en los puntos anteriores permiten concluir que en el proyecto se utilizaron varillas de acero que no cumplen con todos los requisitos del Reglamento Técnico RTCR 452:2011. Esta situación no permite tener certeza sobre la calidad del acero de refuerzo que se recibió en el proyecto ni dar trazabilidad a cuál de ellos fue utilizado en la fabricación de cada uno de los elementos de concreto reforzado y evidencia que los documentos de certificación del acero no estaban controlados.

Observación No. 3. Los muros de concreto lanzado del viaducto muestran agrietamientos de diversos grados de severidad.

En los muros laterales se ha observado la presencia de agrietamientos de diferentes grados de severidad. En algunos casos se ha observado la salida de material fino y agua por las fisuras. En la Fotografía 16 se observa la situación mencionada. Las valoraciones sobre esta condición de los muros realizadas por la Unidad Ejecutora, se realizó por medio del oficio LM-AT-147-2016 del 31 de agosto de 2016.



(a) Salida de material fino y agua por las grietas

Fecha: 05 de julio 2016

(b) Ejemplo de una grieta de 1,25 mm de ancho aprox.

Fecha: 09 de marzo de 2016.

Fotografía 16. Agrietamientos de los muros laterales del viaducto.

Fuente: LanammeUCR.

La Unidad Ejecutora mediante el oficio UE-D CPA-015-2016-275 del 23 de setiembre, respondió lo siguiente:

"Se aclara que pese a la afirmación realizada por la empresa Geofortis (diseñador y subcontratista de los muros) que la capa de concreto lanzado "...no cumple ninguna función estructural, corresponde meramente al confinamiento de la pantalla" y que las grietas "...no representan ninguna afectación estructural a los muros laterales", esta Unidad no está conforme y mantiene abiertas las "No conformidades Nos. INC-PA-052-2016 y INC-PA-055-2016", en espera de una nueva valoración por parte del Contratista." (El resaltado no es del texto original)

Durante la gira del Equipo Auditor del 8 de diciembre se evidenció la ejecución de trabajos en algunos de los muros agrietados, como se muestra en la Fotografía 17. Sin embargo, se mantiene la condición de salida de finos por las grietas existentes en otros muros, ver Fotografía 18.



Fotografía 17. Reparaciones de los agrietamientos de los muros.
Fecha 08 de diciembre de 2016. Fuente: LanammeUCR.



Fotografía 18. Salida de material fino por las grietas en el muro Norte.
Fecha 07 de febrero de 2017. Fuente: LanammeUCR.



El Equipo Auditor solicitó criterio al Programa de Ingeniería Geotécnica del LanammeUCR, sobre los agrietamientos observados lo que respondió mediante el oficio LM-IC-IG-16-16, que adjunta el oficio LM-IG-08-16 "Comentarios acerca de agrietamiento presentado en el concreto lanzado en el intercambio de Paso Ancho" donde se afirma lo siguiente sobre la función estructural de este concreto:

*"Al realizar la revisión de la memoria de cálculo de los anclajes para la pantalla de pilotes, se puede observar que **entre los cálculos realizados y los elementos tomados en cuenta en los diseños, no se encuentra el concreto lanzado. Por lo tanto, la afirmación que realiza en el informe de Ginprosa es correcta, donde indica que la capa de concreto lanzado de (100 mm) "no tiene como misión principal la estabilización de las cargas sobre el muro" por lo que su agrietamiento no pone en peligro la integridad del muro de pantalla de pilotes con los anclajes activos.**" (Lo resaltado no es del texto original)*

Sin embargo, debe prestarse cuidado al agrietamiento que presenta el concreto lanzado dada su participación en el sistema de contención, como se afirma en el informe LM-IG-08-16:

*"(...) si tiene una función importante que es la de **proteger el suelo entre los pilotes para evitar su degradación.** Por lo tanto, a pesar de que éste no forme parte integral del muro como estructura de retención, si se debe prestar atención al control y subsanación de este agrietamiento.*

*Por lo tanto, a pesar de que el concreto lanzado no forme parte de la estructura de sostenimiento, si **se considera importante subsanar estos daños para evitar problemas posteriores en el material que está siendo sostenido.**" (Lo resaltado no es del texto original)*



Fotografía 19. Etapa constructiva del muro de concreto lanzado.
Fecha: 04 de febrero de 2016. Fuente: LanammeUCR.

En conclusión el concreto lanzado sí tiene la función de proteger el suelo entre los pilotes para evitar su degradación. Por lo tanto, a pesar de que éste concreto no forma parte integral del muro como estructura de retención, sí se debe prestar atención al control y subsanación de este agrietamiento.

10.3 SOBRE LA INSPECCIÓN DE LOS PUENTES

Hallazgo No. 5. Los planos del proyecto fueron aprobados a pesar de contar con información incompleta sobre el proceso constructivo de los puentes.

Los planos constructivos y la memoria de cálculo aprobados no presentan información sobre los procedimientos constructivos y otros parámetros y evaluaciones que deben realizarse durante el diseño estructural que debe ser utilizada durante la inspección de las obras. Por ejemplo, las especificaciones técnicas incluidas en planos indican el apuntalamiento completo de los puentes vehiculares durante la construcción. Sin



embargo, no se indica el momento específico cuando el apuntalamiento puede ser eliminado.

Los planos aprobados del proyecto, la memoria de cálculo estructural y las Especificaciones Técnicas del cartel de licitación solicitan información acerca del programa de control de calidad y el plan de muestreo, grados de acero, programa de inspección y calidad de la soldadura y la pintura.

La memoria de cálculo estructural no incluye consideraciones sobre el proceso constructivo de los puentes, factores de carga, análisis por cargas de viento, análisis del posible levantamiento de los apoyos por carga vertical y el diseño de sus anclajes y otros procedimientos de análisis para cada uno de los elementos que conforman el paso elevado.

En el informe del experto técnico en puentes del Programa de Ingeniería Estructural del LanammeUCR se expresa el criterio sobre la revisión del diseño final de los puentes de intercambio de Paso Ancho (LM-PIE-02-2014). En dicho informe se evidencian una serie de datos faltantes en las especificaciones del proyecto, la memoria de cálculo y los planos aprobados. No se omite indicar que las observaciones realizadas en el oficio LM-PIE-02-2014 fueron informadas oportunamente a la Gerencia de Proyecto de la Unidad Ejecutora en el oficio LM-AT-130-14 del 12 de diciembre de 2014 (con fecha de recibido 16 de diciembre de 2014), no obstante, sobre estas observaciones no se recibieron comentarios por parte de los encargados del proyecto.

En el oficio UE-2014-3715 de fecha 18 de diciembre de 2014 del Gerente de Puentes de la Unidad Ejecutora, Ing. Hugo Lino Paniagua Acuña, hizo una serie de observaciones sobre las vigas de los puentes durante su visita al taller de fabricación de las vigas que evidencian las observaciones realizadas por el experto técnico del LanammeUCR:

*"(...) 1. **Con base en los planos estructurales y en los planos de taller, se requiere que en planta las vigas de acero tengan un "camber" o contra flecha; por ejemplo la viga No. 5 requiere un "camber" de 5 cm el cual no fue observado (ver foto). Asimismo, en ninguna de las vigas fue observado dicho camber. Por lo tanto es necesario se le solicite al contratista aclarar este punto.***

2. Para efectos de inspección en campo y verificación topográfica, es conveniente solicitar al contratista una tabla donde se indique cuál será el estado de deformación esperado de las vigas para cada una de las etapas constructivas: a) instalación de las vigas, b) colocación de losa de concreto,



c) colocación de barandas y d) colocación de carpeta asfáltica hasta la apertura del puente.

3. **En esta etapa constructiva, se ha elegido el método del rolado para lograr la curvatura de las vigas. Al respecto, se debe solicitar al contratista, si los esfuerzos de rolado que se han aplicado por este método constructivo han sido considerados dentro del diseño de las vigas, especialmente en el alma de las mismas.**

4. **Solicitar aclarar cuál es la garantía que tendrá el sistema de pintura, el cual debe cumplir con la normativa AASHTO.**" (El resaltado no es del texto original)

El Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras Caminos y Puentes (CR-2010) establece:

Apartado 105.3 Especificaciones, planos y dibujos:

"Las cláusulas del Contrato relativas a especificaciones, planos y dibujos para la construcción, se complementan de la siguiente manera:

(a) **General. El Contratista debe preparar planos y dibujo adicionales, según sea necesario, para la adecuada ejecución del trabajo. Esto incluye, pero no se limita a, dibujos para el control del tráfico, obra falsa, diagramas de esfuerzos, esquemas de anclajes, planos de construcción y listas de equipo.** (El resaltado no es del texto original)

Apartado 555.06 Planos de taller, planos de erección y transporte:

(a) (...)

(b) **Planos de erección. Se deben presentar planos que ilustren completamente el método propuesto de construcción. Deben mostrarse los detalles de todas las armaduras, obra falsa, arriostres, tirantes, muertos de anclaje, dispositivos de izaje y uniones de los elementos del puente. Se deben mostrar los detalles completos para todas las fases y condiciones de construcción previstas. Se pueden requerir los cálculos para demostrar que los esfuerzos permisibles no son excedidos y que las capacidades de los elementos y la geometría final son las correctas.** (El resaltado no es del texto original).

La ausencia de información completa sobre el diseño estructural y proceso constructivo de los puentes obligó a la Unidad Ejecutora a realizar varias consultas al contratista mientras se continuaba con el avance de las obras, por lo que se evidencia que la falta de



información ocasionada por los documentos técnicos no permitió anticipar situaciones de índole técnica, que pudieron ser resueltas durante el proceso de revisión de documentos, o en su defecto facilitar la toma de decisiones durante la ejecución del proceso constructivo y evitar que el proyecto requiera de reparaciones luego de entrar en operación.

Hallazgo No. 6. Los puentes entraron en operación con elementos deteriorados (apoyos, losa de aproximación y juntas de expansión) y reparaciones pendientes de ejecutar, a pesar de que los daños fueron identificados durante el proceso constructivo.

Las visitas realizadas al proyecto por el equipo auditor durante la etapa constructiva permitieron evidenciar la existencia de componentes funcionales y estructurales del intercambio que sufrieron deterioros durante este periodo. Estos elementos fueron identificados por parte de la Ingeniería de Proyecto y la empresa encargada de la Supervisión según consta en la Bitácora del proyecto y las no-conformidades levantadas.

Los elementos de las estructuras de puentes en los que se observaron deterioros se muestran en el siguiente Tabla:

Tabla 13. No-conformidades sobre elementos deteriorados de los puentes

Elemento	No-conformidad		Acción correctiva aprobada por la Unidad Ejecutora
	Identificación	Fecha de levantamiento	
Losa de aproximación noroeste	INC-PA-018-2015	18 de setiembre de 2015	Sellado de grietas
Almohadillas de neopreno de los apoyos puentes	INC-PA-019-2015	21 de octubre de 2015	Sustitución de todos los apoyos
Las juntas de expansión de ambos puentes	INC-PA-046-2016	19 de agosto de 2016	Pendiente de respuesta del contratista
	INC-PA-053-2015	13 de setiembre de 2016	

Fuente: Unidad Ejecutora PIV-1, 2016

Con respecto a los apoyos, se evidencia que los apoyos de los puentes vehiculares del intercambio, después de instaladas las vigas presentaron deterioros severos como abultamientos, deformaciones, grietas y deformaciones en las almohadillas de neopreno. La valoración posterior de los daños, realizada por la Unidad Ejecutora, concluyó que obedecen a procedimientos constructivos empleados para satisfacer los valores de contraflecha o "camber" especificados por el diseño estructural, que fueron omitidos



durante la etapa de fabricación de las vigas, que sometieron a los apoyos a condiciones de carga y desplazamiento vertical que al final ocasionarían el deterioro de los apoyos.

La revisión de las no-conformidades del proyecto muestra que al 19 de setiembre de 2016 permanece abierta la INC-PA-019-2015 desde el 21 de octubre de 2015, que trata sobre los deterioros observados en las almohadillas de neopreno. Estos deterioros habían sido reportados por la Ingeniería de Proyecto y la Supervisión desde el 21 de octubre de 2015. Sin embargo, ambos puentes fueron abiertos al tránsito sin que los apoyos fueran sustituidos a pesar de que la Unidad Ejecutora ordenó (sin definir un plazo para la ejecución de los trabajos) al contratista el reemplazo de todos los apoyos.

En las juntas de expansión de los puentes se evidenció la falta de un sistema de canalización y evacuación de aguas ocasionando que las aguas escurran hacia los apoyos del puente, siendo una condición perjudicial que favorece el deterioro del concreto y los apoyos. Se observaron tornillos de sujeción del hule de las juntas instaladas se encuentran expuestos al paso del tráfico. Esta condición puede generar deterioros prematuros en el hule de la junta y mayor facilidad de que los tornillos se aflojen, lo que evidencia que durante el proceso constructivo no se aplicó el torque especificado por el fabricante. En la junta Sur del puente del sector Este del eje 2, se observó un desplazamiento importante de la placa de acero superior, la cual ya ocasionó un deterioro en la mezcla asfáltica adyacente, como se muestra en la Fotografía 21, y se aprecia un golpeteo considerable durante el paso de vehículos sobre ella, lo que evidencia que la junta no está colocada apropiadamente.



(a) Ausencia de drenaje en las juntas del puente.



(b) Junta de expansión del puente Este

Fotografía 20. Condición de las juntas de expansión de los puentes.

Fecha: 29 setiembre-2016. Fuente: LanammeUCR, 2016.



Cabe mencionar que en los planos aprobados del proyecto no se observa el detalle ni las especificaciones de la junta de expansión que se colocó en los puentes. La condición de las juntas de expansión fueron identificadas desde el 19 de agosto de 2016, a pesar de ello el puente fue abierto al tráfico. El día 7 de febrero de 2017 se evidenció que las juntas expansión del puente aún no han sido cambiadas y que presentan deterioros en el neopreno como se muestra en la Fotografía 22.

Es criterio del equipo auditor que la junta de expansión instalada en los puentes del proyecto no debe ser permitida ya que, a pesar de que en algunos sectores fue mal colocada, su diseño es inadecuado ya que los tornillos quedan expuestos al paso de los vehículos lo que a la postre puede ocasionar daños prematuros en la misma.

Con respecto a los elementos agrietados, durante las vistas realizadas al proyecto desde el 25 de setiembre de 2015 se observaron agrietamientos en la losa de aproximación del puente oeste sector norte. Esta losa presenta agrietamientos severidad media y desprendimientos del material de relleno de las juntas, sin que estos deterioros hayan sido atendidos. En la Fotografía 23 se evidencia la condición de agrietamiento observado en esta losa.

Posteriormente, durante la visita del equipo auditor del día 7 de febrero de 2017 se evidenció esta losa se presenta una condición de agrietamiento más severa. En la Fotografía 24 se observa parte de las grietas existentes. La condición de agrietamiento que presenta este elemento puede afectar la durabilidad del concreto y obligar a la aplicación de mantenimientos prematuros.



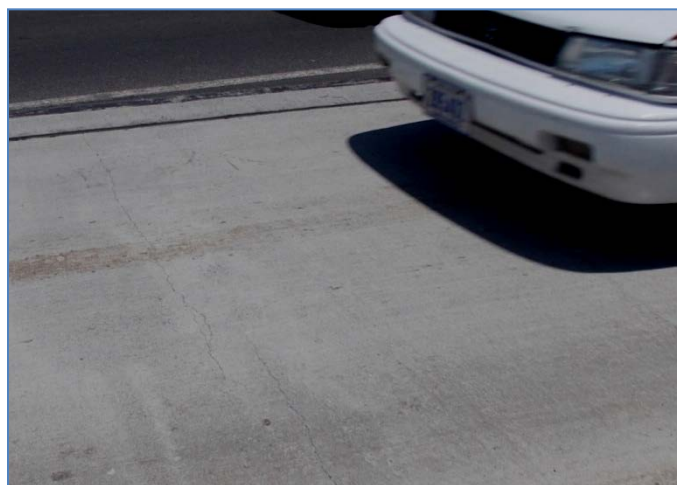
(a) Junta de expansión Sur del puente Este

(b) Junta de expansión Norte del puente Este

Fotografía 21. Deterioros en la mezcla asfáltica adyacente a las juntas de los puentes. Fecha: 7 de febrero de 2017. Fuente: LanammeUCR



Fotografía 22. Deterioros en la junta sureste del puente.
Fecha: 7 de febrero de 2017. Fuente: LanammeUCR



Fotografía 23. Grietas observadas en la losa de aproximación noroeste en el año 2015.
Fecha: 25 de setiembre de 2015. Fuente: LanammeUCR.



Fotografía 24. Condición de agrietamiento observada en la losa noroeste en el año 2017.
Fecha: 7 de febrero de 2017. Fuente: LanammeUCR.

En los oficios LM-AT-147-2015 del 30 noviembre de 2015, LM-AT-116-2016 del 04 de julio de 2016 y LM-AT-159-2016 del 06 de octubre de 2016, el Equipo Auditor le informó a la Unidad Ejecutora sobre estas observaciones y a la vez se solicitó el procedimiento de acción correctiva para atender los deterioros mencionados anteriormente. En los oficios de respuesta se indicó que todos los casos eran de conocimiento de los encargados del proyecto, se afirmó que la obra no se ha recibido a satisfacción y que existen montos pendientes de pago hasta que se ejecuten las acciones correctivas solicitadas. Sin embargo, no se definió un plazo para la ejecución de los trabajos.

La apertura de los puentes al tráfico vehicular aumenta el riesgo de que las estructuras y los elementos que la conforman sufran otros deterioros prematuros, con la posibilidad de que los costos y tiempos de reparación mayores no sean identificados luego de recibida la obra lo que eventualmente dificultaría la valoración de las causas origen y su reparación dentro del alcance de las condiciones de garantía.



Observación No. 4. Las alas de las vigas y otros elementos de las vigas metálicas de los puentes presentan riesgo de deterioros prematuros por corrosión por efecto de los bordes filosos.

Durante las visitas realizadas al proyecto los días 16 de julio y 22 de octubre de 2015 se observaron bordes filosos en las alas de las vigas que hacen a estas piezas metálicas más susceptibles a la corrosión por la dificultad técnica que representa garantizar un espesor determinado en dichos espesores.

Por ejemplo, en el ala superior de las vigas del puente Oeste muestra bordes filosos los cuales son difíciles de proteger con el sistema de pintura utilizado, sin que medie el redondeo de dichos bordes, en las Fotografía 25 y Fotografía 26 se muestra la condición observada.



Fotografía 25. Bordes afilados y corrosión en las vigas de acero a colocar en el puente. Fecha 16 de julio de 2015. Fuente: LanammeUCR.



Fotografía 26. Corrosión en los bordes de las vigas de acero a colocar en el puente.
Fecha: 20 de noviembre de 2015. Fuente: LanammeUCR.

La Unidad Ejecutora, por medio del oficio UE-D CPA-015-2015-264 recibido fecha 24 de julio de 2015, declaró el envío de los Certificados de Calidad de la pintura de los puentes a esta Auditoría Técnica.

No obstante, la información emitida mediante dicho oficio corresponde a controles seguidos por el fabricante de las vigas en el taller de ensamblaje, que en este caso corresponde a un tercero subcontratado, y a reportes de inspecciones visuales realizadas por el encargado de puentes de la Unidad Ejecutora pero no se adjuntan los resultados de pruebas de verificación de calidad.

En vista de lo anterior, mediante el oficio LM-AT-147-2015 del 30 de noviembre de 2015, se solicita, entre otros aspectos, lo siguiente:

- *Procedimiento para la preparación de la superficie y aplicación de la pintura "in situ" en el acero estructural (elementos filosos, resultados de pruebas de espesor, reparaciones de pintura).*

La Unidad Ejecutora remitió el oficio de respuesta UE-D CPA-002-2016-084 de fecha 26 de febrero de 2016 recibido el 04 de marzo de 2016 la información solicitada en el oficio LM-AT-147-2015. Cabe resaltar que la respuesta de la Unidad Ejecutora fue enviada extemporánea, fuera del plazo de respuesta de Ley, y posterior a la convocatoria de reunión que realizó esta Auditoría como medio para obtener la información solicitada al menos dos oficios pendientes de respuesta.

Los resultados completos de los ensayos de verificación de calidad de la soldadura de las vigas y el espesor de la pintura fueron enviados de forma posterior como anexo al oficio de descargo UE-DCPA-015-2017-082 del 25 de abril de 2017.

La Norma INTE/ISO 12944:2016 - Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores en su apartado 5 titulado "Criterios Básicos de Diseño para la Prevención de la Corrosión" inciso 5.4. Bordes indica:

"Los bordes redondeados son deseables, para posibilitar la aplicación de la capa protectora de modo uniforme y para lograr un espesor de película adecuado sobre bordes agudos. Las capas protectoras en los bordes agudos son también más susceptibles al deterioro. Por consiguiente, todos los bordes agudos deberían redondearse o biselarse desde el proceso de fabricación y las rebabas en torno a orificios y a lo largo de otros bordes cortantes deberían eliminarse." (El resaltado no es del texto original)

La Figura 2 muestra la forma de los bordes de los elementos de acero para lograr la aplicación uniforme de la pintura de protección:

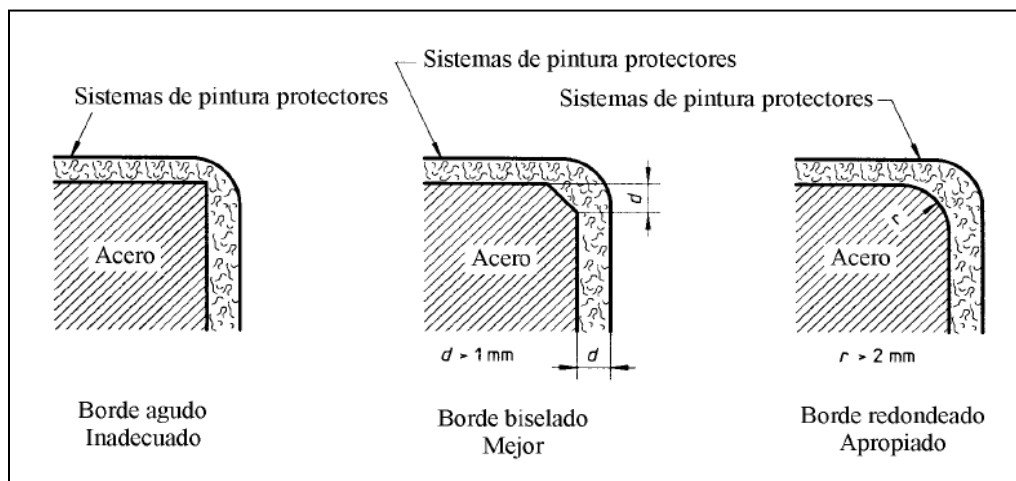


Figura 2. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores.

Fuente: Norma INTE/ISO 12944:2016



Es criterio del equipo auditor que los bordes afilados generan un riesgo potencial de que se coloquen espesores de pintura menores a los especificados, lo que a la postre podría ser un foco de corrosión en el acero estructural. Es importante recalcar que esta norma no forma parte de los documentos contractuales del proyecto auditado pero si es una buena práctica constructiva que puede mejorar la vida útil del proyecto.



11. CONCLUSIONES

A partir de los resultados evidenciados durante la ejecución de la auditoría, se emiten las siguientes conclusiones, con el propósito de aportar elementos técnicos a los procesos de mejora continua:

Sobre los procesos constructivos del pavimento del viaducto y las rampas.

Existe un riesgo potencial de que la estructura de pavimento del viaducto presente deterioros prematuros y se requieran ejecutar intervenciones de mantenimiento anticipadas. En el viaducto sobre la Ruta Nacional No. 39 las deflexiones obtenidas por el LanammeUCR son mayores en orden de magnitud y con alta variabilidad que en otros proyectos de obra nueva. Durante el proceso constructivo del viaducto se evidenció que se construyeron varias estructuras de pavimento, donde la diferencia entre ellas se encuentra en el espesor del material de granular de subbase y relleno granular colocado en cada diseño para mitigar el efecto de la calidad y variabilidad de los materiales de la subrasante. Se tiene evidencia de que en la subrasante existía la presencia de agua y que la base estabilizada de algunos tramos del viaducto se construyó con porcentajes de compactación menores al especificado.

De igual forma durante la construcción del viaducto se evidenció el uso de "traba" que consiste en la colocación de una capa asfáltica delgada para tratar de contrarrestar el problema de adherencia del riego de liga a las llantas de las vagonetas, pero como consecuencia del espesor reducido no permite una compactación adecuada, aunado a la segregación térmica que se produce al extenderla que puede convertir a este tipo de superficies en un plano de falla entre la mezcla asfáltica que se coloca encima y la capa inferior, lo que pone en riesgo la durabilidad de la capa asfáltica y la vida útil del proyecto.

El proyecto se aprobó con una estructura de pavimentos nueva en todas las rampas según consta en los diseños aprobados y no consideraba la aplicación de técnicas de rehabilitación de los pavimentos existentes o los utilizados durante la fase de construcción. Sin embargo, las rampas del intercambio presentaron deterioros tipo "cuero de lagarto" y agrietamientos longitudinales en la carpeta asfáltica de la primera capa que se utilizó para desviar el tránsito del viaducto mientras éste se encontraba en etapa constructiva. Se evidenció que para tratar de recuperar la condición estructural y funcional de la estructura colocada en estas rampas la Unidad Ejecutora aprobó el sellado de grietas, colocar una geomalla para el control del reflejo de grietas en la superficie de ruedo y colocación de mezcla asfáltica adicional. La intervención realizada generó un reclamo de $\$29.628.239,64$ colones (veintinueve millones seiscientos veintiocho mil doscientos treinta y nueve colones con sesenta y cuatro céntimos).



Por otro lado, se observó que algunas de las rejillas de los tragantes del sistema de drenaje del viaducto tienen parte del área de la rejilla obstruida, debido a que se encuentran apoyadas sobre un elemento de concreto que restringe su capacidad hidráulica.

Sobre la calidad del acero de refuerzo utilizado.

Con respecto a la calidad del acero de refuerzo y sus requisitos, se evidenció que utilizaron varillas de acero de refuerzo con incumplimientos en el parámetro de altura promedio de corrugaciones, cuyos valores se encuentran por debajo de lo establecido por las normas ASTM-A615 y ASTM-A706. Se obtuvieron porcentajes de diferencia con respecto a la especificación que oscilan entre un 8% y un 52% en las muestras ensayadas por el LanammeUCR. Consecuentemente, las varillas de acero en obra no cumplen con todos los requisitos establecidos por el Reglamento Técnico RTCR 452:2011.

Los documentos de certificación del acero no estaban controlados durante la ejecución del proyecto. Esta situación no permite tener certeza sobre la calidad del acero de refuerzo que se recibe en el proyecto, ni dar trazabilidad de su uso en la fabricación de cada uno de los elementos de concreto reforzado.

Sobre los agrietamientos en los muros laterales en el viaducto.

Los muros laterales hechos de concreto lanzado que recubren la pantalla de pilotes del viaducto presentan agrietamientos de diversos grados de severidad, donde se observó la salida de material fino de lo interno del muro. Se evidenció que estos muros de concreto lanzado no tienen función estructural, por lo que las grietas observadas no muestran un patrón que indiquen riesgo de inestabilidad de las estructuras. Sin embargo, la función de los muros de concreto lanzado es proteger el suelo existente entre los pilotes y evitar su degradación por lo que los agrietamientos deben subsanarse.



Sobre la evaluación estructural de los puentes.

Existe evidencia de que los daños en los componentes del sistema apoyos, juntas de expansión y las losas de aproximación fueron identificados por la Unidad Ejecutora, según consta en las anotaciones realizadas en bitácora y las no-conformidades abiertas, de las cuales en el caso de los apoyos, juntas y la losa de aproximación noroeste fueron detectados hace más de un año y no han sido reparados. La Unidad Ejecutora, tomó acciones con respecto a investigar las causas de los daños evidenciados, para finalmente tomar la decisión de solicitar el cambio de todos los apoyos y las juntas de expansión y la reparación de la losa de los puentes a la constructora del proyecto. Sin embargo, no se fijó un plazo para realizar la sustitución o reparación de estos elementos por lo que los puentes entraron en operación con estos elementos deteriorados.

Sobre la pintura de los puentes.

Se evidenciaron debilidades en los documentos de calidad del acero estructural, dado que no se remitió información sobre la garantía del sistema de pintura del puente. Existe un riesgo potencial de los bordes agudos o afilados de las vigas metálicas utilizadas en la construcción de los puentes sean susceptibles a la corrosión prematura, lo que conllevará a la necesidad de ejecutar inspecciones y mantenimientos frecuentes a la estructura con el fin de controlar la propagación de este efecto.



12. RECOMENDACIONES

A continuación se listan las recomendaciones del informe para que sean consideradas por la Administración y la Unidad Ejecutora, con el propósito de que puedan definirse e implementarse acciones integrales a futuros proyectos de infraestructura vial.

A la Dirección Ejecutiva del CONAVI:

- Dar seguimiento al desempeño de las estructuras de pavimento construidas en el intercambio con el fin de identificar la aparición de deterioros prematuros que puedan ser resueltos durante el periodo de garantía del proyecto en lugar de ser atendidos de forma posterior por medio de actividades de conservación vial.
- Es importante que antes de iniciar el proceso constructivo, se tengan especificaciones y planos constructivos completos y que estén de acuerdo con la normativa nacional y buenas prácticas de la ingeniería, esto en procura de la calidad del proyecto y el resguardo de la inversión pública.
- En el plan de verificación y autocontrol de calidad se deben considerar ensayos de calidad del acero de refuerzo. Las propiedades físicas y mecánicas deben evaluarse en obra según el Reglamento Técnico RTCR 452:2011 Barras y Alambres de Acero de refuerzo para concreto. Especificaciones, Decreto No 37341-MEIC, con el fin de verificar sus propiedades físicas, dado que los incumplimientos de parámetros físicos, como la altura de corrugación, tienen implicaciones estructurales que eventualmente podrían afectar la durabilidad y seguridad del concreto reforzado. Se recomienda incluir como documento de prevalencia al Decreto No 37341-MEIC dentro de los documentos del cartel de licitación de los proyectos de obra vial.
- Controlar los requisitos de los certificados de calidad del acero de refuerzo para dar trazabilidad al material dentro del plan de control de calidad y la fabricación de elementos estructurales, como parte de los criterios de aceptación de los materiales y obra ejecutada. El Manual CR-2010 establece la documentación que debe ser controlada sobre este material.



- Incluir como parte de las especificaciones de los proyectos de construcción de puentes de la "*Norma INTE/ISO 12944:2016 - Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores*", dado que esta aporta una serie de criterios para el control de la corrosión. Se recomienda incluir a esta norma como documento de prevalencia dentro de los documentos del cartel de licitación de los proyectos de obra vial.
- Considerar la inclusión en los carteles de licitación y las especificaciones una serie de regulaciones sobre la actividad de colocación del riego de liga y la necesidad de brindar el tipo de espera adecuado para que la emulsión asfáltica "rompa" y prohibir el uso esta capa delgada de mezcla asfáltica denominada en la práctica como "traba" o "polveado" dado el efecto negativo que tiene en la consecución de adherencia entre capas del pavimento.

A la Unidad Ejecutora:

- Dar seguimiento a las condiciones de estabilidad de los muros laterales del viaducto y realizar un control topográfico del muro para controlar los movimientos de la masa del suelo, y que estos no excedan los esperados y tomados en cuenta en la etapa de diseño. Hacer las reparaciones pertinentes de los muros agrietados, pues la aparición de estas grietas y su patrón de formación puede ser considerada como indicador para determinar si existe algún problema estructural del muro.
- Considerar la inclusión en los carteles de licitación y las especificaciones una serie de regulaciones sobre la actividad de colocación del riego de liga y la necesidad de brindar el tipo de espera adecuado para que la emulsión asfáltica "rompa" y prohibir el uso esta capa delgada de mezcla asfáltica denominada en la práctica como "traba" o "polveado" dado el efecto negativo que tiene en la consecución de adherencia entre capas del pavimento.
- Se recomienda hacer un seguimiento del desempeño de los sistemas de drenaje de la zona del viaducto y la durabilidad de la mezcla asfáltica colocada con el fin de identificar posibles afectaciones en la evacuación de las aguas.



REFERENCIAS

AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures. Washington, D.C.

Arias Barrantes, E. (2014). Recomendaciones técnicas para el diseño estructural de pavimentos flexibles con la incorporación de criterios Mecánico - Empíricos. Publicación Especial, LanammeUCR, Unidad de Gestión Municipal, San Pedro, Montes de Oca.

Acosta-Hernández, E, Corrales, E. & Hidalgo-Arroyo, A. Unidad de Auditoría Técnica - PITRA, LanammeUCR. (2015). LM-PI-AT-021-2015: Evaluación de los parámetros de desempeño (IRI, FWD y GRIP) de la Ruta Nacional No.4 Sección: Bajos de Chilamate – Vuelta De Kooper”. Licitación Pública Internacional N° 2011LI-000037-32702.Parte 1 de 3.

Acosta-Hernández, E, Fonseca-Chaves, F. & Hidalgo-Arroyo, A. Unidad de Auditoría Técnica -PITRA, LanammeUCR. (2015). LM-PI-AT-021-2015: Evaluación de las prácticas y procedimientos constructivos en la vía y Evaluación estructural de los puentes del proyecto de la Ruta Nacional No.4 Sección: Bajos de Chilamate – Vuelta De Kooper”. Licitación Pública Internacional N° 2011LI-000037-32702.Parte 3 de 3.

Arce, M. (2011). Boletín Técnico PITRA Bases estabilizadas con cemento. Algunos comentarios sobre sus ventajas e inconvenientes Vol. 2 N° 19. San José, Costa Rica.

Herrera, E (2011). Boletín Técnico PITRA. Fatiga en bases estabilizadas. Vol 2 N° 21. San José, Costa Rica.

Barrantes Jiménez, R., & Sanabria Sandino, J. (2015). Informe de Evaluación de La Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica, Año 2015. LanammeUCR, Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional, San Pedro de Montes de Oca.

Castillo-Barahona, R. (2014). LM-PIE-02-15: Revisión del Diseño Final de los Puentes de la Rotonda del Intercambio Paso Ancho -Ruta Nacional 39. Lanamme, PIE, San José.



Castillo-Barahona, R. (2015). LM-PIE-12-15: Inspección del Diseño Estructural de los Puentes en Construcción del Intercambio Paso Ancho -Ruta Nacional 39. Reporte de Inspección No. 1. Lanamme, PIE, San José.

Castillo-Barahona, R. (2015). LM-PIE-22-15: Inspección del Diseño Estructural de los Puentes en Construcción del Intercambio Paso Ancho -Ruta Nacional 39. Reporte de Inspección No. 2. Lanamme, PIE, San José.

Castillo-Barahona, R. (2016). LM-PIE-05-2016: Inspección del Diseño Estructural de los Puentes en Construcción del Intercambio Paso Ancho -Ruta Nacional 39. Reporte de Inspección No. 2. Lanamme, PIE, San José. Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Dirección Nacional de Vialidad (2010). Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes de Costa Rica CR-2010.

Dynatest. (2015, Agosto). Evaluation of Layer Moduli and Overlay Desing. 106. San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

Guerrero-Aguilera, S. (2015). Buenas prácticas constructivas en la aplicación de riego de liga para la colocación de sobrecapas asfálticas. San José, Costa Rica: PITRA.

Herrera, E (2011). Boletín Técnico PITRA. Fatiga en bases estabilizadas. Vol 2 N° 21. San José, Costa Rica.

INTECO. (2016). Norma INTE/ISO 12944:2016 - Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. San José: INTECO.

Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). (2002). Disposiciones para la Construcción y Conservación Vial. Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI).

Monge-Sandí, A L. (2015). IG-05-15: Colocación de concreto en pilotes pre-excavados Proyecto: Paso Ancho. Lanamme, San José.

Monge-Sandí, A L. (2015). IG-08-15: Revisión de pilotes pre-excavados e Informe de Visita de Campo Proyecto: Intercambio Paso Ancho. Lanamme, San José.

Monge-Sandí, A L. (2015). IG-09-15: Revisión de certificados de Calidad del Acero Proyecto: Intercambio Paso Ancho. Lanamme, San José.



Monge-Sandí, A L. (2016). LM-IG-08-16: Comentarios acerca de agrietamiento presentado en el concreto lanzado de la pantalla de pilotes en el Intercambio de Paso Ancho. Lanamme, San José.

National Cooperative Highway Research Program. (2004). Guide for Mechanistic - Empirical Design Guide of New and Rehabilitated Pavement Structures. National Research Council, Transportation Research Program, Illinois.

Unidad de Auditoría Técnica. (2015). LM-AT-014-15 (1/3): Evaluación de los parámetros de desempeño (IRI, FWD, GRIP, APA Y FATIGA) del proyecto de Construcción de la Ruta Nacional No.35 Sección: Sifón-La Abundancia. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR

Unidad de Auditoría Técnica. (2015). LM-AT-014-15 (2/3): Evaluación de los materiales granulares, base estabilizada y de la planta de producción y de mezcla asfáltica de la constructora Sánchez Carvajal de la Ruta Nacional No.35 Sección: Sifón-La Abundancia. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.

Unidad de Auditoría Técnica. (2015). LM-AT-014-15 (3/3): Evaluación de las prácticas y procesos constructivos de la vía e inspección estructural de los puentes del proyecto de Construcción de la Ruta Nacional No.35 Sección: Sifón- La Abundancia. Universidad de Costa Rica.



EQUIPO AUDITOR		
Preparado por: Ing. Erick Acosta Hernández Auditor Técnico	Preparado por: Ing. Ana Elena Hidalgo Arroyo. Auditora Técnica	Preparado por: Ing. Francisco Fonseca Chaves Auditor Técnico
Aprobado por: Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc. Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica PITRA	Aprobado por: Ing. Guillermo Loría Salazar, Ph.D. Coordinador General PITRA	Visto Bueno de Legalidad: Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal Externo LanammeUCR