



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Proyecto: LM-PI-AT-140-15

DESEMPEÑO Y CONDICIÓN DE ALGUNAS OBRAS DE CONSERVACIÓN VIAL

INFORME FINAL

Preparado por:
Unidad de Auditoría Técnica
LanammeUCR

San José, Costa Rica

Febrero, 2016



Información técnica del documento

<p>1. Informe: Informe Final de Auditoría Técnica LM-PI-AT-140-15</p>	<p>2. Copia No. 1</p>	
<p>3. Título y subtítulo: " Desempeño y Condición de Algunas Obras de Conservación Vial "</p>	<p>4. Fecha del Informe Febrero, 2016</p>	
<p>5. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440</p>		
<p>6. Notas complementarias N/A</p>		
<p>7. Resumen Este Informe de Auditoría Técnica tiene el objetivo de dar a conocer a la Administración sobre la condición y desempeño de obras ejecutadas por medio de actividades de conservación vial, de manera que se logren obtener conclusiones sobre mejoras en los procesos constructivos y decisiones técnicas que influyan en una mejor durabilidad de las obras. Los hallazgos incluyen evidencias de deterioros que se vienen presentando a través de los años, de meses y en algunas ocasiones de días, en algunos sitios de ciertas vías, luego de que han sido intervenidas por medio de los últimos contratos de conservación vial y que pueden estar asociados a deficiencias en las prácticas constructivas, condiciones inadecuadas para ejecutar obras de conservación vial, falta de elementos necesarios de la vía, entre otras. En resumen, se mencionan deterioros encontrados en algunos tramos, atribuibles a deficiencias por mal desempeño de bases estabilizadas. Por otra parte, se mencionan agrietamientos y deformaciones en capas asfálticas recientemente colocadas, donde se evidencia una insuficiencia en el aporte estructural y funcional de la intervención escogida respecto a la condición existente de la vía y a las condiciones de tránsito dadas, además de requerimientos básicos de elementos que adolecen actualmente algunas carreteras de la red vial nacional. Además, asociado a condiciones inadecuadas, se mencionan factores que inciden directamente en el desempeño de vías, tales como la inexistencia o falta de mantenimiento de obras de canalización de aguas, condiciones finales de obras de colocación de mezcla asfáltica que no permiten una adecuada evacuación de agua de la superficie, entre otras. Adicionalmente, como un tema de suma importancia en el desempeño de estructuras de pavimento, se ha dado un seguimiento al desempeño de obras de conservación vial en las que se ha observado algunas deficiencias en la aplicación de los riegos de ligante asfáltico que deberían aportar una adherencia necesaria. Se ha observado que en algunos proyectos en los que la Unidad de Auditoría Técnica ha advertido sobre riegos insuficiente o inadecuados, se han presentado deterioros típicos por falta de adherencia en algunos puntos, en los cuales, además del deterioro ocurrido, se evidenció la falta de adherencia por medio de la extracción de núcleos de las capas colocadas.</p>		
<p>8. Palabras clave <i>PITRA, Desempeño - conservación - bacheo - sello de grietas- sobrecapa - deterioro - riego de liga</i></p>	<p>9. Nivel de seguridad: Ninguno</p>	<p>10. Núm. de páginas 91</p>



TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍA	4
1 INTRODUCCIÓN.....	8
1.1 POTESTADES	8
1.2 OBJETIVO GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS.	8
1.3 OBJETIVO DEL INFORME.....	9
1.4 ANTECEDENTES	9
1.5 ALCANCE DEL INFORME	11
1.6 METODOLOGÍA	12
1.7 DOCUMENTOS DE PREVALENCIA DE LA CONTRATACIÓN DIRECTA 2014CD-000140-0CV00 DERIVADAS DE LA LICITACIÓN PÚBLICA N°2009LN-000003-CV	14
1.8 DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN DE LAS ZONAS VISITADAS	15
2 AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME EN SU VERSIÓN PRELIMINAR LM-PI-AT-140B-15	16
3 HALLAZGOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA.....	17
HALLAZGO 1. SE HAN PRESENTADO AGRIETAMIENTOS TRANSVERSALES EN VÍAS REHABILITADAS CON BASES ESTABILIZADAS.....	18
<i>RUTA 238, TRAMO: LA CUESTA - LAUREL</i>	<i>19</i>
<i>RUTA 245, TRAMO: CHACARITA - EL PORVENIR</i>	<i>20</i>
<i>RUTA 21, TRAMO: PUEBLO VIEJO - RÍO MOROTE</i>	<i>22</i>
HALLAZGO 2. SE HAN ENCONTRADO DETERIOROS PREMATUROS EN SUPERFICIES ASFÁLTICAS RECIENTEMENTE COLOCADAS MEDIANTE LOS CONTRATOS DE CONSERVACIÓN VIAL.....	23
<i>RUTA 1, CARRETERA BERNARDO SOTO.....</i>	<i>23</i>
<i>OTROS EJEMPLOS DE DETERIOROS EN SOBRECAPAS ASFÁLTICAS</i>	<i>27</i>
HALLAZGO 3: CONDICIONES EXISTENTES QUE INCIDEN NEGATIVAMENTE EN LA EVACUACIÓN DEL AGUA DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO.....	32
HALLAZGO 4. SE HAN EVIDENCIADO PROBLEMAS DE ADHERENCIA EN SOBRECAPAS ASFÁLTICAS COLOCADAS EN PROYECTOS DE CONSERVACIÓN VIAL	37
<i>RUTA NACIONAL 707, SECCIÓN DE CONTROL: 21263 ATENAS (RUTA NACIONAL 3) - GUÁCIMO (IGLESIA).....</i>	<i>38</i>



RUTA NACIONAL 228, SECCIÓN DE CONTROL: 30552 CORRALILLO - SANTA ELENA (RUTA NACIONAL 222)..... 42

RUTA NACIONAL 712, SECCIÓN DE CONTROL: 21420 SAN ISIDRO(RN130)-FRAIJANES (R146)... 47

RUTA NACIONAL 218, SECCIÓN DE CONTROL 10342, VISTA DE MAR (RUTA NACIONAL 205) - HACIENDA SANTA MARTA. 53

4 CONCLUSIONES.....**60**

5 RECOMENDACIONES**62**

6 REFERENCIAS.....**63**

ANEXO A. ANÁLISIS DE FATIGA PARA ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO CONSIDERANDO CONDICIÓN DE NO ADHERENCIA ENTRE CAPAS.....**66**

ANEXO B: OFICIO GCSV-70-2016-0145.....**73**

ANEXO C: ANÁLISIS DE OFICIO GCSV-70-2016-0145**81**

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Agrietamiento transversal provocado por problemas de contracción en la base estabilizada. También se nota agrietamiento longitudinal. 19

Fotografía 2. Agrietamiento transversal provocado por problemas en la base estabilizada... 21

Fotografía 3. Agrietamiento transversal provocado por problemas en la base estabilizada... 21

Fotografía 4. Agrietamiento transversal provocado por problemas en la base estabilizada. Se pueden ver agrietamiento longitudinal en la junta que divide a ambos carriles. 22

Fotografía 5. Zona perfilada del carril externo. Se nota la diferencia en la superficie debido posibles diferencias en la estructura existente. 24

Fotografía 6. Se puede ver que el espesor es reducido en la orilla (menor a 4cm). Además se nota material granular suelto luego del perfilado, que a su vez afecta la adherencia del riego de liga aplicado. 24

Fotografía 7. Colocación de la capa delgada. 25

Fotografía 8. Agrietamiento y bombeo de finos de la base. 25

Fotografía 9. Agrietamiento y bombeo de finos de la base. 26

Fotografía 10. Agrietamiento severo y bombeo de finos de la base. 26

Fotografía 11. Deformación severa y agrietamiento. 27

Fotografía 12. Agrietamiento y desprendimiento de partículas, sobrecapa asfáltica colocada un año atrás. 27

Fotografía 13. Agrietamiento y desprendimiento de partículas de la sobrecapa asfáltica colocada un año atrás. Ubicación: Ruta 917, Tramo: Potrerillo - Quebrada Grande, Sección



de control 50351, Km 6+465 desde cruce con Ruta 1. Fecha: 27 de mayo de 2015. Fuente: LanammeUCR.....28

Fotografía 14. Agrietamiento en el borde de la calzada de la sobrecapa asfáltica colocada un año atrás.....28

Fotografía 15. Desprendimiento de partículas severo, reparado con bacheo urgencia, sin embargo se nota el agrietamiento alrededor.....29

Fotografía 16. Agrietamiento severo y deformación.....29

Fotografía 17. Agrietamiento severo inicial y posterior deformación por pérdida de finos y saturación de la base.....30

Fotografía 18. Agrietamiento y bombeo de finos a la superficie.....30

Fotografía 19. Agrietamiento y bombeo de finos a la superficie.....31

Fotografía 20. Sitios con problemas de drenaje que puede ayuda a la saturación de la estructura.....32

Fotografía 21. Salida de agua de la estructura con material fino de la base a través de la junta longitudinal.....33

Fotografía 22. Acumulación de agua sin salida al lado de la vía.....34

Fotografía 23. Acumulación de agua en la superficie recién colocada.....35

Fotografía 24. Acumulación de agua en la orilla del bache recién construido.....36

Fotografía 25. Deformación severa y formación de huecos.....36

Fotografía 26. Riego de liga no uniforme. No existe una cobertura total de la superficie donde se colocó sobrecapa de 5 cm.....38

Fotografía 27. Núcleos extraídos muestran separación entre capas por falta de adherencia, en la sección donde se evidenció una aplicación de riego de liga en rayas, previo a colocación de sobrecapa.....39

Fotografía 28. Aplicación de riego de liga no uniforme sin la cobertura total necesaria.....43

Fotografía 29. Evolución del deterioro por desplazamiento de mezcla asfáltica en el bacheo realizado.....44

Fotografía 30. Abertura en la junta transversal del bache producto del desplazamiento de mezcla asfáltica.....44

Fotografía 31. Núcleo asfálticos extraído a 5 m del bache registrado con problemas de desplazamiento de mezcla asfáltica. Se observó desligada del pavimento anterior.....45

Fotografía 32. Núcleo asfáltico extraído, se observó capa asfáltica colocada desligada de superficie existente.....46

Fotografía 33. Núcleo de sobrecapa asfáltica extraído, se observó capa asfáltica colocada desligada de superficie existente.....46

Fotografía 34. Capa asfáltica desligada de superficie existente.....46

Fotografía 35. Delaminación por desplazamiento de mezcla asfáltica.....47

Fotografía 36. Condición de deterioro, desplazamiento de mezcla asfáltica.....48

Fotografía 37. Bacheo realizado en área deteriorada donde se evidenció desplazamiento de mezcla asfáltica.....48



Fotografía 38. Junta transversal abierta de bache realizado como reparación de deterioro por desplazamiento de mezcla.....49

Fotografía 39. Evolución de deterioro por desplazamiento de mezcla asfáltica en bacheo realizado.49

Fotografía 40. Abertura en junta transversal por desplazamiento de mezcla asfáltica en bache realizado como reparación a deterioro.50

Fotografía 41. Evolución de deterioro, abertura notoria por desplazamiento de mezcla asfáltica en bacheo realizado.....50

Fotografía 42. Acumulación de agua en junta abierta de reparación realizada por desplazamiento de mezcla asfáltica.....51

Fotografía 43. Núcleos extraídos de la sobrecapa asfáltica desligados a 5 m del deterioro generado por desplazamiento de mezcla asfáltica.....52

Fotografía 44. Núcleos de sobrecapa asfáltica desligados a 5 m del deterioro generado por desplazamiento de mezcla asfáltica.....52

Fotografía 45. Delaminación por desplazamiento de la mezcla asfáltica.....53

Fotografía 46. Agrietamiento de borde y desplazamiento de mezcla asfáltica, cuneta sin impermeabilizar.54

Fotografía 47. Grieta longitudinal en la junta de construcción, durante proceso constructivo de sobrecapa.....55

Fotografía 48. Zona reparada por agrietamientos producto del desplazamiento de mezcla asfáltica y adherencia en juntas longitudinales.56

Fotografía 49. Núcleo de mezcla asfáltica extraído a 2 m de junta de bache realizado producto del desplazamiento de mezcla asfáltica. Se puede ver que se extrajo desligado de la capa subyacente.....56

Fotografía 50. Junta transversal abierta entre bache y sobrecapa. El núcleo extraído se encontraba desligado de la superficie existente. Ubicación: Sobre la Ruta 218, km 4+100 desde el cruce con la Ruta Nacional 205, Vista de Mar, Sección de control 10342: Vista de Mar (R205) - Hacienda Santa Marta. Fecha 8 de octubre de 2015. Fuente: LanammeUCR.57

Fotografía 51. Abertura en la junta transversal del área reparada.....57

Fotografía 52. Núcleo asfáltico desligado a 30 cm de bache registrado con abertura en junta transversal58

Fotografía 53. Núcleo asfáltico desligado a 20 cm de bache registrado con abertura en junta transversal Ubicación: Sobre la Ruta 218, km 4+150 desde el cruce con la Ruta Nacional 205, Vista de Mar, Sección de control 10342: Vista de Mar (R205) - Hacienda Santa Marta. Fecha 8 de octubre de 2015. Fuente: LanammeUCR58

Fotografía 54. Condición de agrietamiento en superficie, no hay elementos para evacuación de agua pluvial de la vía.59

Fotografía 55. Falla de borde. Hundimiento de mezcla asfáltica debido a falla de capacidad de soporte en la orilla de la calzada, sumado con la saturación de agua en la cuneta sin revestimiento.59



INFORME FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA
Desempeño y Condición de Algunas Obras de Conservación Vial

Departamento encargado del proyecto: Gerencia de Conservación de Vías y Puentes. CONAVI.

Empresas contratadas: Constructora Hernán Solís, Conansa, Meco, Quebradores del Sur y Grupo Orosí.

Coordinador General de Programa de Infraestructura de Transporte, PITRA
Ing. Luis Guillermo Loría Salazar, PhD.

Coordinadora de Auditoría Técnica:
Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc.

Audidores Técnicos:
Ing. Mauricio Salas Chaves. (Auditor líder)
Ing. José David Rodríguez Moreira.
Ing. Sergio Guerrero Aguilera.

Asesor Legal:
Lic. Miguel Chacón Alvarado.

Alcance del informe:
Informar a la Administración sobre el desempeño de algunas obras de Conservación Vial construidas a través del contrato de la Licitación Pública N°2009LN-000003-CV y la Contratación Directa 2014CD-000140-0CV00.

Zonas :

Zona 1-1, San José	Zona 2-1, Liberia	Zona 4-1, Pérez Zeledón
Zona 1-2, Puriscal	Zona 2-2, Cañas	Zona 4-2, Buenos Aires
Zona 1-3, Los Santos	Zona 2-3, Santa Cruz	Zona 4-3, Zona Sur
Zona 1-4, Alajuela Norte	Zona 2-4, Nicoya	Zona 5-1 Guápiles
Zona 1-5, Alajuela Sur	Zona 3-1, Puntarenas	Zona 6-1 Ciudad Quesada
Zona 1-7, Cartago	Zona 3-2, Quepos	Zona 6-2 Los Chiles
Zona 1-8, Turrialba		
Zona 1-9, Heredia		



INFORME FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA Desempeño y Condición de Algunas Obras de Conservación Vial

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Potestades

Las auditorías técnicas externas a proyectos en ejecución del sector vial nacional, se realizan de conformidad con la disposición del artículo 6 de la Ley No. 8114 de Simplificación y Eficiencia Tributaria 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 de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR).

El proceso de auditoría igualmente se fundamenta en el pronunciamiento C-087-2002 de 4 de abril de 2002 de la Procuraduría General de la República, el cual señala que:

“...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)

1.2 Objetivo General de las Auditorías Técnicas.

El propósito de las auditorías técnicas que realiza el LanammeUCR, como parte de sus tareas asignadas por la Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria, Ley N° 8114 y su reforma, es el de producir informes que permitan al Ministerio de Obras Públicas y Transportes, a la Contraloría General de la República, a la Defensoría de los Habitantes y a la Asamblea Legislativa, conocer la situación técnica, administrativa y financiera de los proyectos viales durante cada una de sus etapas: planificación, diseño y especificaciones; cartel y proceso licitatorio; ejecución y finiquito.

La finalidad de estas auditorías consiste en que de manera oportuna se tomen decisiones correctivas y preventivas, se 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 tanto para éste como para futuros proyectos.

Informe final LM-PI-AT-140-15	Febrero, 2016	Página 8 de 91
-------------------------------	---------------	----------------



1.3 Objetivo del Informe

- El objetivo de este informe de auditoría técnica es informar y dar a conocer a la Administración sobre deterioros ocurridos en obras de conservación vial de manera que se considere esta condición para la aplicación de mejoras en los procesos constructivos y toma de decisiones técnicas que influyan positivamente en su durabilidad.

Los objetivos específicos a cumplir en este informe son:

- Dar seguimiento a informes anteriores sobre algunas recomendaciones con respecto a prácticas constructivas ejecutadas.
- Conocer el desempeño que presenta la red vial nacional respecto a las obras construidas de conservación vial.

1.4 Antecedentes

En agosto del año 2014 finalizó el plazo de los contratos de Conservación Vial correspondientes a la Licitación Pública 2009LN-000003-CV para las 22 líneas en todo el país, cuyo inicio fue en setiembre de 2011. Debido a esto CONAVI realizó los trámites necesarios para continuar los trabajos de conservación vial en el país mientras se adjudicaban los nuevos contratos ordinarios correspondientes a las 22 líneas, con el objetivo de que no cesara la labor de mantenimiento en el país.

Es por esto que se autoriza por medio de la Contraloría General de la República, la Contratación Directa 2014CD-000140-0CV00 denominada "*Contratación Directa Autorizada para la Conservación Vial de la Red Nacional Pavimentada por Precios Unitarios*". Esta autorización se dio bajo ciertas condiciones entre la cuales se incluye que se otorga las mismas condiciones contractuales estipuladas en la Licitación Pública 2009LN-000003-CV (licitación correspondiente a los contratos finalizados en agosto 2014), por un plazo de un año y por un monto de $\text{¢}70.220.528.538,64$ para las 22 líneas de conservación vial en todo el país.

Se estipuló que esta contratación directa se rigiera por los mismos renglones de pago y precios unitarios, siguiendo los mismos requerimientos técnicos de la pasada contratación, además que se designan los mismos contratistas para las mismas líneas de conservación vial del país. Las labores de conservación vial bajo esta contratación directa 2014CD-

Informe final LM-PI-AT-140-15	Febrero, 2016	Página 9 de 91
-------------------------------	---------------	----------------



000140-0CV00, iniciaron en noviembre del año 2014, con plazo de un año por lo que en octubre de 2015 finalizaron.

Actualmente, la Contraloría General de la República autorizó mediante oficio DCA-2663 del 20 de octubre de 2015, la ampliación por un año adicional para la continuación de las labores de conservación vial, modificando así el plazo y el precio del contrato 2014CD-000140-0CV00. El monto máximo por 12 meses será de ₡81.455.233.478,37.

Desde el año 2002, la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR ha auditado las obras viales en general, incluidas las de conservación en la Red Vial Nacional (RVN), por lo que en esta nueva contratación seguirá cumpliendo la tarea de fiscalización que por ley se le ha encomendado al LanammeUCR.

El LanammeUCR a través de la elaboración múltiples informes de Auditoría Técnica sobre prácticas constructivas de conservación de la red vial pavimentada, ha evidenciado deficiencias en los procesos constructivos de colocación de mezcla asfáltica dentro de las actividades de pavimento bituminoso en caliente y bacheo formal y urgencia, contempladas y desarrolladas en los contratos de conservación vial de la Red Vial Nacional. Algunos de estos informe se resumen en la Tabla 1.

Tabla. 1. Antecedentes de los hallazgos mostrados en el presente informe de Auditoría Técnica Externa periodo comprendido entre los años 2012-2015)

Año	Código	Título
2012	LM-IC-D-0248-12	Nota informe " Uso de "traba" en proyectos de conservación vial."
2012	LM-PI-AT-086-2012.	Informe "Evaluación de proyectos de Conservación Vial, Red Vial Nacional Pavimentada," del proyecto: Licitación Pública N°2009LN-000003-CV.
2012	LM-PI-AT-056-2012.	Informe "Evaluación de proyectos de Conservación Vial, Red Vial Nacional Pavimentada," del proyecto: Licitación Pública N°2009LN-000003-CV.
2013	LM-PI-AT-026-13	Informe "Evaluación de proyectos de Conservación Vial, Red Vial Nacional Pavimentada," del proyecto: Licitación Pública N°2009LN-000003-CV".
2014	LM-IC-D-691-14	Nota informe "Trabajos de conservación Vial en Ruta 120, Sección de Control 20550 Límite provincial Heredia-Alajuela (0+600 después de la R.126 hacia el oeste) Límite cantonal Alajuela-Poás (Río Poasito)" (Colocación mezcla asfáltica bajo lluvia).



Año	Código	Título
2014	LM-IC-D-0340-14	Nota informe "Bacheos realizados en las losas de la Ruta 18, Limonal- Límite Cantonal Abangares-Cañas".
2014	LM-PI-AT-072-14	Informe "Valoración General de la Licitación Pública N°2009LN-000003-CV Recomendaciones sobre Prácticas Constructivas en Proyectos de Conservación Vial"
2014	LM-PI-AT-031-14	Informe "Prácticas Constructivas en Obras de Conservación Vial de la Red Vial Nacional Pavimentada Licitación Pública N°2009LN-000003-CV"
2015	LM-PI-AT-64-15	Prácticas Constructivas en Obras de Conservación Vial de la Red Vial Nacional Pavimentada. Contratación Directa 2014CD-000140-0CV00
2015	LM-PI-AT-132-15	Evaluación de Procesos Constructivos dentro de la Actividad de Conservación Vial de la Red Vial Nacional contemplados en la Contratación Directa 2014 CD-000140-0CV00

Las auditorías realizadas en que se fundamentaron los hallazgos señalados, evidenciaron deficiencias en técnicas constructivas de los bacheos realizados en distintas rutas de la Red Vial Nacional como por ejemplo:

- Falta de intervención de la totalidad de las áreas deterioradas.
- Construcción de bacheos extensos y profundos
- Deficiencias en procesos constructivos
- Colocación de espesores variables de mezcla asfáltica en caliente.
- Falta de continuidad de abastecimiento de mezcla asfáltica que generan bacheos inconclusos o irregularidades en sobrecapas.
- Riego de liga inadecuados.
- Colocación de espesores reducidos (menores a 4cm) en los que no se garantiza una densificación adecuada.
- Segregación del material asfáltico.

1.5 Alcance del Informe

El actual informe se limita a informar a la Administración sobre el desempeño de algunas obras de Conservación Vial construidas a través del contrato de la Licitación Pública N°2009LN-000003-CV y la Contratación Directa 2014CD-000140-0CV00.



1.6 Metodología

La tarea de fiscalización del LanammeUCR se fundamenta en evaluar la aplicación de las buenas prácticas de ingeniería y de otros análisis técnicos en el proyecto, que se analizan para enriquecer el contenido de este informe. Asimismo, se contrastan las prácticas observadas con el cumplimiento del contrato vigente.

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.

Los hallazgos evidenciados en este informe pretenden identificar oportunidades de mejora para los procesos en la etapa constructiva y en la toma de decisiones técnicas que pudieron haber influido en la ocurrencia de deterioros a corto plazo, y que deben ser analizados con respecto al cumplimiento contractual y a la expectativa de durabilidad de las obras, para que el MOPT-CONAVI tome las medidas preventivas y correctivas que considere necesarias.

Las actividades desarrolladas por el equipo auditor, se apoyan en visitas a los sitios de obras para observar la condición de la vía, así como de los trabajos realizados.

En la Tabla 2 se muestra un listado de las visitas técnicas de fiscalización, realizadas por la Unidad de Auditoría Técnica del Programa de Infraestructura en Transporte (PITRA) del LanammeUCR, a partir de las cuales se fundamenta el presente informe, considerando un seguimiento continuo de informes y notas-informe elaborados anteriormente:



Tabla. 2. Zonas de conservación vial visitadas Mayo y Octubre de 2015.

Región	Zona	Contratista	Monto Original del contrato directo 2014CD-000140-OCV00	Fecha de visitas (mayo- octubre de 2015)
Central	Zona 1-1, San José	Hernán Solís	¢4.842.426.733,90	15 de junio 2 de julio 27 de agosto 17 y 22 de setiembre 8 de octubre
	Zona 1-2, Puriscal	Hernán Solís	¢2.522.394.910,44	8 de agosto 1 de setiembre
	Zona 1-3, Los Santos	Hernán Solís	¢2.686.222.499,48	25 y 28 de agosto 5 y 9 de setiembre
	Zona 1-4, Alajuela Sur	CONANSA	¢3.425.401.646,85	20 y 22 de mayo 16 de junio 22 de julio 21 y 27 de agosto
	Zona 1-5, Alajuela Norte	Hernán Solís	¢2.362.873.476,38	6 de mayo 16 de junio 18 de agosto 17 de setiembre
	Zona 1-7, Cartago	Grupo Orosí	¢3.319.096.782,01	22 de julio 6 y 25 de agosto
	Zona 1-8, Turrialba	Hernán Solís	¢3.558.257.412,65	2 de junio
	Zona 1-9, Heredia	MECO	¢3.598.440.504,17	16 de junio
	Chorotega	Zona 2-1, Liberia	Hernán Solís	¢3.456.147.110,38
Zona 2-2, Cañas		Hernán Solís	¢2.244.769.698,17	26 de mayo 14 y 19 de agosto 29 setiembre
Zona 2-3, Santa Cruz		Hernán Solís	¢3.300.000.000,00	27 de mayo 13 de agosto 29 setiembre
Zona 2-4, Nicoya		Hernán Solís	¢4.020.790.432,44	27 de mayo 14 y 19 de agosto
Pacífico Central	Zona 3-1, Puntarenas	Hernán Solís	¢2.646.591.722,42	26 de mayo
	Zona 3-2, Quepos	MECO	¢3.886.922.797,53	20 y 26 de mayo 8 y 25 de agosto
Brunca	Zona 4-1, Pérez Zeledón	Quebradores del Sur	¢3.428.469.153,93	6 y 25 de agosto
	Zona 4-2, Buenos Aires	Hernán Solís	¢3.350.000.000,00	6 y 7 de agosto
	Zona 4-3, Zona Sur	Hernán Solís	¢4.033.658.158,51	7 de agosto
Huetar Atlántica	Zona 5-1, Guápiles	MECO	¢2.554.365.262,05	13 de agosto
Huetar Norte	Zona 6-1, Ciudad Quesada	MECO	¢2.970.700.852,97	9 de junio 22 de julio
	Zona 6-2, Los Chiles	Hernán Solís	¢2.684.374.670,60	9 de junio 22 de julio 18 de agosto

Fuente: Contratación Directa 2014CD-000140-OCV00



1.7 Documentos de prevalencia de la Contratación Directa 2014CD-000140-0CV00 derivadas de la Licitación Pública N°2009LN-000003-CV

En el cartel de la Licitación Pública N°2009LN-000003-CV de proyectos de Conservación Vial del CONAVI, se establecen los procedimientos a seguir en las obras viales de mantenimiento para las diferentes regiones del país, los cuales rigen para la contratación directa 2014CD-000140-0CV00.

Se define que los trabajos se deben realizar conforme las especificaciones técnicas contenidas en los siguientes documentos contractuales:

- El Cartel de Licitación, sus modificaciones y aclaraciones.
- La oferta del adjudicatario y cualquier manifestación que este realizare con posterioridad a la apertura de las ofertas y que fuere aceptada por la Administración.
- El acto de adjudicación de la Licitación.
- Disposiciones para la Construcción y Conservación Vial aprobadas por el MOPT, vigentes al momento de la presentación de la oferta.
- Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Carreteras y Puentes (CR-77) o versión vigente.
- Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito (SIECA).
- Manual de Especificaciones Técnicas para Señalamiento Horizontal y Vertical en las Carreteras (IT-91).
- Código de Cimentaciones de Costa Rica (CCR).
- Manual de Construcción de Caminos, Carreteras y Puentes (MC-83) o versión vigente.
- Memorándum de Normas y Procedimientos MNP-Comunicado 12-1-70 de fecha treinta de junio de mil novecientos noventa y cuatro.
- Normas para la Colocación de Dispositivos de Seguridad para Protección de Obras.
- Planos o esquemas (de existir).



1.8 Descripción y ubicación de las zonas visitadas

La conservación vial bajo la contratación directa 2014CD-000140-0CV00 abarca la totalidad de las zonas regionalizadas por el CONAVI según se aprecia en la siguiente Figura 1. En este mapa se indican los sitios visitados por el equipo auditor para la elaboración del presente informe.

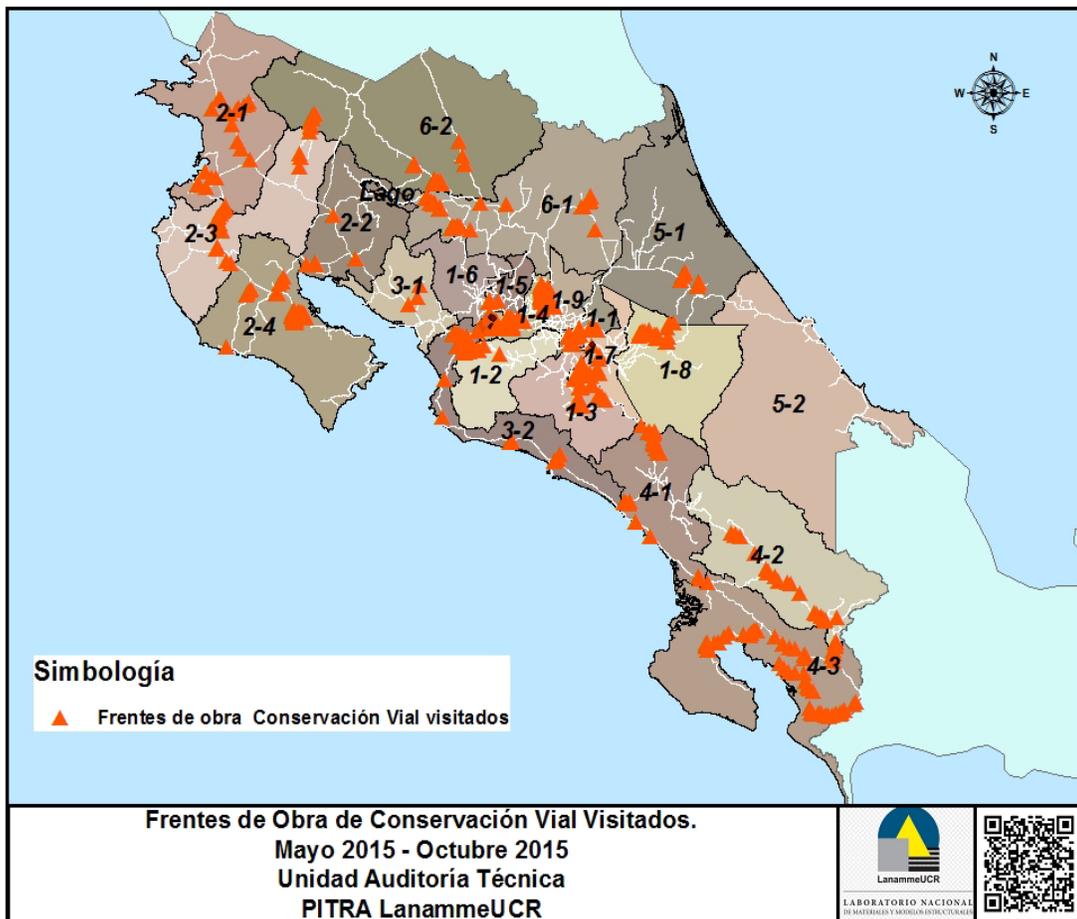


Figura 1. Sitios visitados por la Unidad de Auditoría Técnica de la Red Vial Nacional en periodo comprendido entre los meses de mayo y octubre de 2015. Fuente: UAT-LanammeUCR



2 AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME EN SU VERSIÓN PRELIMINAR LM-PI-AT-140B-15

De acuerdo con los procedimientos de esta auditoría técnica del PITRA - LanammeUCR, este informe en su versión preliminar LM-PI-AT-140B-15 fue remitido a la Administración el día 1 de diciembre de 2015, mediante oficio LM-AT-149-15, para que fuese analizado por parte de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes. A partir de esta fecha se le otorgó un plazo de 15 días hábiles a la Administración para que se refiriera al informe preliminar de forma escrita, plazo que fue ampliado por solicitud de la Gerencia mediante oficio GCSV-70-2016-0030 con fecha de 6 de enero del 2016 para que la documentación fuese aportada el 18 de enero de 2016.

Posterior al envío del informe preliminar se realizó la presentación del informe el día 17 de diciembre de 2015 en las instalaciones del LanammeUCR, dirigida a la parte auditada con el fin de que se conozca con mayor claridad y que se expongan puntos que se requieran ampliar.

En la presentación participaron los ingenieros Eddy Baltodano Araya, Pablo Camacho Salazar, Sarita Monge Conejo, Alfonso Quesada Solís y Reinaldo Mata por parte de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes. Además, los ingenieros Rafael Magaña Aguilar y Jeyfer Martínez Blanco por parte del Departamento de Auditoría Interna de Conavi, así como los auditores encargados del informe Ing. Mauricio Salas Chaves, Ing. Sergio Guerrero Aguilera, Ing. José David Rodríguez y la coordinadora de la Unidad de Auditoría Técnica-PITRA LanammeUCR, Ing. Wendy Sequeira Rojas.

En cumplimiento de los procedimientos de auditoría técnica y una vez recibidos los comentarios al informe preliminar mediante el oficio GCSV-70-2016-0145, se procedieron a analizar para emitir el presente informe LM-PI-AT-140-15 en su versión final, para ser enviado a las instituciones que indica la ley.

En el anexo del informe se adjunta el oficio GCSV-70-2016-0145 de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes y el análisis realizado por el equipo auditor, donde se hacen las aclaraciones correspondientes.

Informe final LM-PI-AT-140-15	Febrero, 2016	Página 16 de 91
-------------------------------	---------------	-----------------



3 HALLAZGOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

Todos los hallazgos declarados por el Equipo Auditor en este informe, se fundamentan en: evidencias representativas, veraces y objetivas, respaldadas en la experiencia técnica de los profesionales de auditoría; el levantamiento en campo y el análisis propio de las 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 lo tanto, las recomendaciones que se derivan del análisis de los hallazgos, podrán ser incluidas en la aplicación de acciones correctivas y preventivas, que adviertan sobre el riesgo potencial del incumplimiento.

Como parte de un seguimiento respecto a los hallazgos encontrados en diferentes informes de Auditoría Técnica, el LanammeUCR específicamente a través de la Unidad de Auditoría Técnica del Programa de Infraestructura en Transporte (PITRA), ha cumplido una labor fiscalizadora mediante visitas a diferentes frentes de obra en todo el país, donde se contemplan actividades de conservación vial de colocación de mezcla asfáltica y de construcción y mantenimiento en general de los diferentes elementos necesarios para buscar un eficiente y seguro funcionamiento de la Red Vial Nacional. De aquí surge la importancia de que se verificara como parte de esta fiscalización, el desempeño de algunas obras de conservación y así verificar su efectividad.



HALLAZGO 1. SE HAN PRESENTADO AGRIETAMIENTOS TRANSVERSALES EN VÍAS REHABILITADAS CON BASES ESTABILIZADAS.

En algunos tramos de rutas que han sido rehabilitadas con bases estabilizadas con cemento bajo actividades de contratos de conservación vial, se han encontrado grietas transversales continuas importantes de la superficie de mezcla asfáltica colocada, ubicadas en algunas pocas secciones de la longitud del proyecto.

Este agrietamiento es provocado por la contracción de la base estabilizada con cemento y puede iniciar desde el proceso de curado, por lo que desde el proceso de colocación deben tomarse precauciones en este sentido. En general, es común que estas grietas que se formen en bases estabilizadas por efecto de contracción, lleguen a reflejarse a través de la mezcla asfáltica en un corto plazo, dependiendo del espesor colocado, siendo más acelerado en capas de mínimo espesor tales como 4 cm.

Es conocido que el fisuramiento descontrolado en bases estabilizadas se puede deber al exceso de cemento en algunos tramos, ya sea por una dosificación más alta de lo necesario para lograr una resistencia requerida y adecuada, o por una falta de homogenización del material, lo cual puede crear cúmulos de cemento en algunos sitios más que en otros. Además, se pueden presentar problemas de fisuramiento por una falta o por deficiencias en el proceso de curado durante el tiempo necesario para que gane la resistencia deseada y requerida de acuerdo con especificaciones.

Resistencias excesivas en una base estabilizada con cemento hidráulico pueden ser tan perjudiciales para un buen desempeño de una estructura de pavimento como resistencias por debajo de las mínimas requeridas. Pero además de no cumplir especificaciones, una de las diferencias entre ambos casos es que para el caso de resistencias excesivas, se incurre en una inversión importante e innecesaria de cemento (por encima de la requerida), que podría generar deterioros prematuros por exceso de rigidez de la base y que afectarían directamente la durabilidad de la obra. Eficiencia en la compactación en conjunto con una adecuada dosificación de agua y un correcto curado, pueden lograr ahorros importantes en la cantidad de cemento utilizado para obtener una resistencia necesaria y a la vez garantizar control en el agrietamiento por contracción.

Algunas veces, si se requieren resistencias altas cercanas a los 50 kg/cm², se pueden aplicar cortes en la base estabilizada, al igual como se aplican en losas de concreto, con el objetivo de fisurar intencionalmente el material, antes que se agriete por sí solo. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que si se coloca una capa de mezcla asfáltica en la superficie de ruedo, la junta construida se reflejará al igual que lo hace una grieta existente en la base, dependiendo del espesor de la capa de ruedo.



Tales grietas reflejadas en la capa de ruedo, algunas ocasiones son selladas con el objetivo de impermeabilizar la superficie y proteger la estructura del pavimento, lo que se considera una buena práctica, en el caso de que inevitablemente se formen. Sin embargo, es importante prevenir este tipo de agrietamientos con un estricto control de calidad y buenas prácticas constructivas de las bases estabilizadas que puedan aportar resultados aceptables en el desempeño de la estructura.

Algunos casos observados en sitio se mencionan a continuación, como ejemplos de agrietamientos transversales causados por problemas de contracción en la base estabilizada.

Ruta 238, Tramo: La Cuesta - Laurel



Fotografía 1. Agrietamiento transversal provocado por problemas de contracción en la base estabilizada. También se nota agrietamiento longitudinal.

Ubicación: Ruta 238, Tramo: La Cuesta - Laurel, Sección de control 60262, Km 13+060 desde la intersección con Ruta 2 en Paso Canoas. Fecha: 6 de agosto de 2015. Fuente: LanammeUCR.

Este tramo de la ruta 238 entre La Cuesta y Laurel, fue rehabilitado aproximadamente en setiembre del año 2011 mediante obras de conservación vial a través de la Licitación Pública N°2009LN-000003-CV, donde se colocó una base estabilizada con cemento y una capa de ruedo de mezcla asfáltica.

En visita realizada el 6 de agosto de 2015 se pudo verificar que existen agrietamientos transversales, los cuales tienen un patrón de espaciamiento de 3 m a 4 m de forma continua en los tramos afectados, típico de este tipo de deterioro por contracción de la base. Además de los agrietamientos transversales, se suman en este sitio agrietamientos longitudinales que pueden asociarse a problemas de estabilidad lateral de la estructura al no existir revestimiento o elementos de canalización de aguas para control de humedad. Esta situación que provoca primeramente saturación de agua en los costados de la



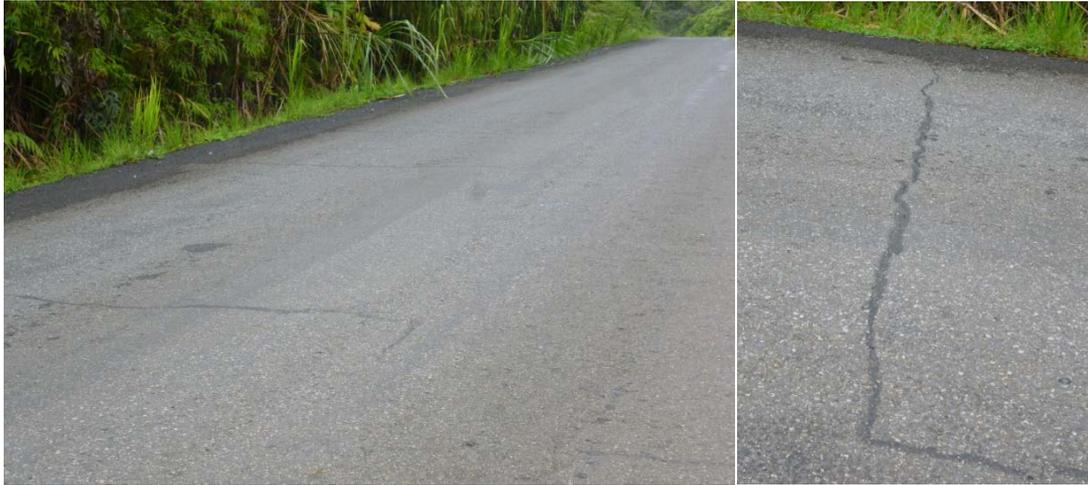
estructura y debilitamiento lateral, facilitando desplazamientos de la calzada hacia afuera. Estos desplazamientos suelen ser de mayor magnitud en taludes de mayor altura, principalmente en sitios de alta humedad lo que se refleja en la vegetación existente y desfuegos naturales de agua.

El equipo auditor desconoce el momento preciso que se iniciaron las grietas en estos tramos puntuales. Como se puede ver en la fotografía, como una medida de protección de la estructura y de prevención del aceleramiento del deterioro se sellaron acertadamente, algunas con fechas de aplicación del sello de 7 de julio del 2015. Se debe tomar en cuenta que este tipo de agrietamientos pueden ser controlados desde el proceso constructivo, tal como se nota en gran parte del proyecto rehabilitado. Por otro lado, se evidencia la falta de elementos laterales de impermeabilización y manejo de aguas que puedan ayudar a la estabilidad de la estructura construida, por lo que se debe verificar las condiciones específicas para los casos de deterioro existentes.

Tal condición no se presenta en toda la obra, sin embargo el equipo auditor lo informa a la Administración para que sea considerada esta condición observada y que esto contribuya para que se tomen medidas preventivas adicionales a las que ya se han tomado en esta obra (sellos de grietas), y que se consideren los efectos mostrados para que se tomen en cuenta en futuras obras.

Ruta 245, Tramo: Chacarita - El Porvenir

Otro proyecto en el que se encontraron grietas del mismo tipo, es el proyecto entre Chacarita - Rincón, donde también se estabilizó la base con cemento en el año 2012 mediante la misma Licitación Pública de conservación vial N°2009LN-000003-CV. Algunas de estas grietas transversales se han venido desarrollando desde finales de 2013 y se han observado en la superficie conformada por un tratamiento superficial. De igual manera, es importante mencionar que, aunque los deterioros mostrados en las fotografías no son los únicos, no es un deterioro que se observa en todo el proyecto que se ha rehabilitado. Sin embargo, se ha podido evidenciar en algunos tramos visitados por el equipo auditor para informar a la Administración sobre su existencia.



Fotografía 2. Agrietamiento transversal provocado por problemas en la base estabilizada.
Ubicación: Ruta 245, Tramo: Chacarita - El Porvenir, Sección de control 60411, Km 4+500 desde la intersección con Ruta 2 en Chacarita. Fecha: 7 de agosto de 2015. Fuente: LanammeUCR.



Fotografía 3. Agrietamiento transversal provocado por problemas en la base estabilizada.
Ubicación: Ruta 245, Tramo: Chacarita - El Porvenir, Sección de control 60411, Km 8+700 desde la intersección con Ruta 2 en Chacarita. Fecha: 7 de agosto de 2015. Fuente: LanammeUCR.

Es importante mencionar que luego de la estabilización de la base de este proyecto, se colocó un tratamiento superficial, previendo que en años futuros se fuera a reforzar la estructura colocando una sobrecapa asfáltica, según lo indicado en esa oportunidad por el ingeniero de proyecto a cargo. En este sentido, es importante considerar el deterioro existente en algunos tramos del proyecto, para tomar en cuenta previsiones tendientes a que cuando se programe la colocación de una sobrecapa asfáltica se pueda controlar el reflejo de grietas a la superficie nueva.



Ruta 21, Tramo: Pueblo Viejo - Río Morote

Como un ejemplo adicional de rutas rehabilitadas, se encontraron grietas transversales del mismo tipo en el proyecto que comprende desde Pueblo Viejo hasta Río Morote en Nicoya, Ruta Nacional 21. De igual forma se han sellado preventivamente algunas grietas que se formaron, protegiendo así la estructura construida de la entrada de agua. En este proyecto la base fue estabilizada con cemento en el año 2011 y se colocó una capa asfáltica como capa de ruedo.



Fotografía 4. Agrietamiento transversal provocado por problemas en la base estabilizada. Se pueden ver agrietamiento longitudinal en la junta que divide a ambos carriles.

Ubicación: Ruta 21, Tramo: Pueblo Viejo - Río Morote, Sección de control 50160, Km 1+500 desde la intersección con Ruta 18 en Pueblo Viejo. Fecha: 19 de agosto de 2015. Fuente: LanammeUCR.

Como se ha mencionado en algunos informes de auditoría técnica, los detalles constructivos y el control de calidad son vitales en el desempeño de las obras, y muchas veces los efectos negativos no son perceptibles inmediatamente. Sin embargo, al existir ciertas deficiencias constructivas, falta de elementos necesarios o falta de un control estricto de calidad, los deterioros empiezan a afectar en algún momento no esperado de acuerdo al diseño realizado y a la vida útil esperada, y se debe recurrir a labores adicionales de conservación para realizar reparaciones que muchas veces pueden ser costosas y tardías.

Para estos casos en particular, con una muestra de deterioros encontrados en vías rehabilitadas y atendidas con actividades de conservación vial, al igual que ha pasado en proyectos de obra nueva, la Unidad de Auditoría Técnica considera importante mostrar e informar a la Administración los efectos de problemas que han presentado algunas bases estabilizadas con cemento con el fin de que se valore la importancia de garantizar una dosificación adecuada y homogénea que brinde una resistencia adecuada a la estructura



y que mediante diseños precisos y controles estrictos se eviten al máximo, problemas futuros que afectan directamente la durabilidad de las obras.

HALLAZGO 2. SE HAN ENCONTRADO DETERIOROS PREMATUROS EN SUPERFICIES ASFÁLTICAS RECIENTEMENTE COLOCADAS MEDIANTE LOS CONTRATOS DE CONSERVACIÓN VIAL.

En capas asfálticas colocadas en fechas recientes se han encontrado evidencias de agrietamientos importantes que permiten tanto la entrada de agua a la estructura, como la salida de material fino de la base hacia la superficie.

Ruta 1, Carretera Bernardo Soto

En junio de 2015, mediante la contratación directa 2014CD-000140-0CV00 de conservación vial, se iniciaron obras de perfilado y recarpeteo de algunos tramos de la carretera Bernardo Soto entre el puente del Coyol y el puente sobre el Río Grande, vía que se encuentra en un alto grado de deterioro y cuyo tránsito de vehículos y su componente de carga pesada son considerables.

De acuerdo con el ingeniero de proyecto encargado, el objetivo de realizar esta intervención es de mejorar la condición de ruedo en los tramos de mayor deterioro debido a la condición encontrada, donde se han realizado constantemente bacheos de urgencia por la peligrosidad de los huecos que se forman principalmente en épocas de lluvia. La decisión tomada en este caso fue de perfilar 4 cm de la capa existente, profundidad que no eliminaría la profundidad total de la capa agrietada. Posteriormente, se colocaría un espesor promedio de 4 cm compactados. Sin embargo, el espesor resultaba variable, principalmente porque hacia los lados fue necesario en algunos puntos disminuir el espesor para aportar cierta inclinación transversal de bombeo para facilitar la salida del agua superficial. Según conversación con el ingeniero de proyecto, la sección transversal se ha modificado con la intervenciones constantes que ha recibido la vía en años pasados, por lo que se le ha tratado de corregir con la capa recién colocada.

En algunos puntos, se podía notar que en las zonas cercanas a los bordes, el perfilado de 4 cm dejaba descubiertas áreas con material granular contaminado visiblemente con material de suelo o áreas con diferente material, lo que evidencia posibles cambios en la estructura existente en la sección transversal de algunos puntos, tal como se observa en la Fotografía 5.



Fotografía 5. Zona perfilada del carril externo. Se nota la diferencia en la superficie debido posibles diferencias en la estructura existente.

Ubicación: Ruta 1, Tramo: Coyoil - Manolos, Sección de control 20010, Km 0+600 desde el puente a desnivel del Coyoil. Fecha: 9 de junio de 2015. Fuente: LanammeUCR.

Por otro lado, debido a que el espesor es variable y principalmente en los bordes es menor a 4 cm, según el ingeniero, los porcentajes de compactación difícilmente se lograban llegar a 92% de la densidad máxima teórica de la mezcla asfáltica. Adicionalmente, en zonas que posiblemente poseen problemas de capacidad de soporte por falta de estructura, principalmente en las orillas, se observaba material granular contaminado o suelo, siendo una base de poca firmeza para garantizar una compactación adecuada (Ver Fotografía 6).



Fotografía 6. Se puede ver que el espesor es reducido en la orilla (menor a 4cm). Además se nota material granular suelto luego del perfilado, que a su vez afecta la adherencia del riego de liga aplicado.

Ubicación: Ruta 1, Tramo: Río Poas - Río Colorado, Sección de control 20020, Km 2+860 desde el cruce de Manolos (cruce con Ruta 3). Fecha: 16 de junio de 2015. Fuente: LanammeUCR.



Luego de mencionar algunos detalles constructivos, el equipo auditor ha hecho un seguimiento del desempeño de las obras construidas con el fin de informar a la Administración las consecuencias de la aplicación de este tipo de capas delgadas (Ver Fotografía 7) en esta vía altamente transitada.



Fotografía 7. Colocación de la capa delgada.

Ubicación: Ruta 1, Tramo: Río Poas - Río Colorado, Sección de control 20020, Km 2+860 desde el cruce de Manolos (cruce con Ruta 3). Fecha: 16 de junio de 2015. Fuente: LanammeUCR.

En visitas posteriores, se han evidenciado deterioros importantes en la superficie. Ejemplo de esto se muestran en las Fotografías 8,9 y 10 donde se nota salida de finos de la base existente promovida por la entrada de agua a la estructura y por el paso de las cargas normales de la vía. Esto fue evidenciado en diferentes puntos luego de dos meses de su colocación.



Fotografía 8. Agrietamiento y bombeo de finos de la base.

Ubicación: Ruta 1, Tramo: Río Poas - Río Colorado, Sección de control 20020, Km 3+500 desde el cruce de Manolos (cruce con Ruta 3). Fecha: 18 de agosto de 2015. Fuente: LanammeUCR.



Fotografía 9. Agrietamiento y bombeo de finos de la base.

Ubicación: Ruta 1, Tramo: Río Poas - Río Colorado, Sección de control 20020, Km 6+400 desde el cruce de Manolos (cruce con Ruta 3). Fecha: 17 de setiembre de 2015. Fuente: LanammeUCR.



Fotografía 10. Agrietamiento severo y bombeo de finos de la base.

Ubicación: Ruta 1, Tramo: Radial Naranja - Río Grande, Sección de control 20032, Km 4+225 desde el cruce de Naranja. Fecha: 18 de agosto de 2015. Fuente: LanammeUCR.



Fotografía 11. Deformación severa y agrietamiento.

Ubicación: Ruta 1, Tramo: Río Poas - Río Colorado, Sección de control 20020, Km 3+550 desde el cruce de Manolos (cruce con Ruta 3). Fecha: 18 de agosto de 2015. Fuente: LanammeUCR.

Como se puede ver en los ejemplos mostrados, existen deterioros que se han venido presentando en la capa colocada a partir de junio. Se ha observado un aumento en su severidad, además de nuevos sitios donde se han originado deterioros.

Otros ejemplos de deterioros en sobrecapas asfálticas

Otra capa delgada que se ha visto afectada con deterioros a corto plazo es la Ruta Nacional 917, entre Potrerillos, Quebrada Grande y Hacienda Los Ángeles, donde se colocó una capa asfáltica delgada entre 4 cm y 5 cm de espesor, entre los meses de febrero y mayo del año 2014 mediante obras de conservación vial a través de la Licitación Pública N°2009LN-000003-CV. Sin embargo, en visita realizada el 27 de mayo de 2015, se observaron algunos deterioros en la superficie que afectan la impermeabilización de la estructura y en consecuencia su capacidad de soporte en estos sitios específicos del tramo intervenido (Fotografías 12, 13 y 14).



Fotografía 12. Agrietamiento y desprendimiento de partículas, sobrecapa asfáltica colocada un año atrás.

Ubicación: Ruta 917, Tramo: Potrerillo - Quebrada Grande, Sección de control 50351, Km 4+930 desde cruce con Ruta 1. Fecha: 27 de mayo de 2015. Fuente: LanammeUCR.



Fotografía 13. Agrietamiento y desprendimiento de partículas de la sobrecapa asfáltica colocada un año atrás. Ubicación: Ruta 917, Tramo: Potrerillo - Quebrada Grande, Sección de control 50351, Km 6+465 desde cruce con Ruta 1. Fecha: 27 de mayo de 2015. Fuente: LanammeUCR.



Fotografía 14. Agrietamiento en el borde de la calzada de la sobrecapa asfáltica colocada un año atrás. Ubicación: Ruta 917, Tramo: Quebrada Grande - Hacienda Los Ángeles, Sección de control 50352, Km 9+070 desde cruce con Ruta 1. Fecha: 27 de mayo de 2015. Fuente: LanammeUCR.

Por otro lado en la Ruta Nacional 254, entre Comunidad (cruce con R.253) y Playa Panamá (cruce con R.159), se evidenciaron algunos deterioros en visitas realizadas en marzo y agosto de 2015, en una sobrecapa colocada a principios del año 2014 mediante la misma Licitación Pública N°2009LN-000003-CV de conservación vial, tal como se muestra en las Fotografías 15,16 y 17. Según los deterioros observados se reflejaban agrietamientos, deformación y desprendimientos de sitios que dejaban ver un espesor pequeño colocado, específicamente en estos puntos.



Fotografía 15. Desprendimiento de partículas severo, reparado con bacheo urgencia, sin embargo se nota el agrietamiento alrededor.

Ubicación: Ruta 254, Tramo: Comunidad - Playa Panamá, Sección de control 51070, Km 7+500 desde cruce con Ruta 253. Fechas: 25 de marzo y 13 de agosto de 2015, respectivamente. Fuente: LanammeUCR.

Como se puede observar, algunos de los deterioros observados en marzo, fueron atendidos con el ítem de bacheo urgencia. Sin embargo, para agosto, ya se observaba la continuidad del deterioro dado que no fue reparado adecuadamente.

También existen agrietamientos importantes que no se habían sido reparados hasta la visita realizada en agosto de 2015, tal y como se muestra en las siguientes fotografías.



Fotografía 16. Agrietamiento severo y deformación.

Ubicación: Ruta 254, Tramo: Comunidad - Playa Panamá, Sección de control 51070, Km 7+500 desde cruce con Ruta 253. Fechas: 25 de marzo y 13 de agosto de 2015, respectivamente. Fuente: LanammeUCR.

Como se evidencia, son agrietamientos que inician como fisuras y se va extendiendo el área afectada, permitiendo el desarrollo de deformaciones y desprendimientos producto



de falta de capacidad estructural en puntos donde se afecta de forma acelerada con la introducción de agua hacia las capas subyacentes. Posteriormente, las deformaciones crean ahuellamiento donde el agua queda acumulada en esos puntos y el daño se hace mayor, además de que proporciona una superficie insegura de transitar por un posible efecto de hidroplaneo.



Fotografía 17. Agrietamiento severo inicial y posterior deformación por pérdida de finos y saturación de la base.

Ubicación: Ruta 254, Tramo: Comunidad - Playa Panamá, Sección de control 51070, Km 7+300 desde cruce con Ruta 253. Fechas: 25 de marzo y 13 de agosto de 2015, respectivamente. Fuente: LanammeUCR.

Deterioros adicionales se han observado en la ruta 2, aproximadamente 1 km antes de la entrada a San Cristóbal Norte (R.406) y 400m antes de La Sierra (R.222) (Ver Fotografías 18 y 19). Esta sobrecapa fue colocada aproximadamente en julio de 2014 mediante actividades de conservación vial de la Licitación Pública N°2009LN-000003-CV, y en agosto de 2015 se observaron algunas afectaciones considerables que deben ser atendidas para evitar mayor deterioro.



Fotografía 18. Agrietamiento y bombeo de finos a la superficie.

Ubicación: Ruta 2, Tramo: Limite Provincial Cartago / San José (R.406) - La Sierra, Sección de control 10041, 400m antes del cruce de la Sierra (R.222). Fecha: 25 de agosto de 2015. Fuente: LanammeUCR.



Cabe aclarar que los sitios recopilados en este hallazgo son una muestra de lo que puede estar sucediendo en la estructura del pavimento. Aunque los casos mostrados son puntuales, son informados a la Administración para que sean conocidos y ayuden a tomar medidas preventivas de daños mayores. Sin embargo, se advierte que los daños mostrados podrían ser parte de varios deterioros que ya podrían estarse desarrollando, principalmente en condiciones de precipitación importantes, tomando en cuenta además la magnitud de la carga pesada que transita por la vía y que en la gran parte de los casos es tránsito lento que en consecuencia concentra mayor carga en cada punto.



Fotografía 19. Agrietamiento y bombeo de finos a la superficie.

Ubicación: Ruta 2, Tramo: Cruce Purires - Límite Provincial Cartago / San José (R.406), Sección de control 30090, Km 12+800 y 13+000, respectivamente, desde cruce con Ruta 228. Fecha: 25 de agosto de 2015.
Fuente: LanammeUCR.

A pesar de lo observado, no se ha determinado que la totalidad de la ruta se encuentra en condiciones severas de deterioro. Sin embargo, es importante prestar un seguimiento continuo por lo que la Unidad de Auditoría Técnica consideró relevante dar a conocer a la Administración.

Por otro lado, es importante tomar en consideración la durabilidad limitada que se está presentando en algunos sitios puntuales de ciertas obras de conservación vial de carácter de urgencia para mejorar la transitabilidad por condiciones severas de deterioro, factor que obliga a una constante inversión en períodos cortos en los mismos tramos debido a que no se actualiza la capacidad de soporte ni las condiciones generales de la vía al requerimiento estructural presente y futuro, posiblemente mejorando una regularidad superficial por un periodo corto en algunos casos (un poco mayor en otros), pero no suficiente para brindar un desempeño aceptable que permita optimizar los recursos disponibles para lograr una planificación indispensable para atender la totalidad de la red vial nacional de forma eficiente.



HALLAZGO 3: CONDICIONES EXISTENTES QUE INCIDEN NEGATIVAMENTE EN LA EVACUACIÓN DEL AGUA DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO.

Como ya se ha mencionado en algunos informes de Auditoría Técnica, la importancia de evacuar el agua de la estructura está directamente relacionada con la capacidad de soporte esperada de acuerdo al diseño de una vía. Carreteras bien diseñadas estructuralmente pueden verse afectadas a corto plazo por la falta de manejo adecuado de aguas. Esta condición eventualmente puede saturar la estructura y la subrasante, y a la vez disminuir su capacidad de soporte, al punto de crear deformaciones. Si a estos fenómenos se le suman agrietamientos, la magnitud de las deformaciones se van incrementando hasta crear hundimientos importantes que afectan la seguridad y la capacidad de la vía. En este sentido, es importante garantizar un drenaje eficiente que ayude a sacar el agua de la superficie y de la estructura en general.

De acuerdo con esto, se han evidenciado sitios que no poseen salida de agua, ya sea por obstrucciones en la cuneta o por inexistencia de ellas. Como ejemplo de esto, se puede mencionar el caso de la intervención realizada en la carretera Bernardo Soto, donde en junio de 2015, mediante la contratación directa de conservación vial 2014CD-000140-0CV00, se intervino la superficie de rodamiento que se encontraba en peores condiciones. Sin embargo, se observan sitios donde no existe un adecuado manejo de aguas, lo que podría afectar la estructura y en consecuencia el desempeño de la capa colocada.

En las siguientes fotografías se evidencian sitios donde existe obstrucción total del paso de agua en la cuneta por falta de mantenimiento, o también por falta de este necesario elemento de la vía.



Fotografía 20. Sitios con problemas de drenaje que puede ayuda a la saturación de la estructura.

Ubicación: Ruta 1, Tramo: Coyol - Manolos, Sección de control 20010, Km 0+300 y Km 0+500 desde el puente a desnivel del Coyol. Fecha: 16 de junio de 2015. Fuente: LanammeUCR.



Como se puede ver en las fotografías anteriores el agua permanece al costado de la calzada, saturando el terreno adyacente a la estructura y en consecuencia el agua presente podría extenderse hacia la estructura del pavimento. Este hecho eventualmente podría afectar la capacidad de soporte del sitio y empezar a promover agrietamientos. Mediante estos agrietamientos se podría permitir la entrada de agua a la estructura, y empezar a bombear material fino de la base, creando progresivamente deformaciones importantes, tal como se aprecia en la Fotografía 21.



Fotografía 21. Salida de agua de la estructura con material fino de la base a través de la junta longitudinal.
Ubicación: Ruta 1, Tramo: Coyol - Manolos, Sección de control 20010, Km 0+300 desde el puente a desnivel del Coyol. Fecha: 16 de junio de 2015. Fuente: LanammeUCR.

Otro ejemplo evidenciado se presentó en la ruta nacional 415 que va de Azul de Turrialba hacia Santa Teresita, donde en este punto mostrado en la siguiente fotografía, el agua se acumula al lado de la calzada.



Fotografía 22. Acumulación de agua sin salida al lado de la vía.

Ubicación: Ruta 415, Tramo: Azul - Santa Teresita, Sección de control 30392, Km 5+720 desde el cruce con Ruta 10. Fecha: 2 de junio de 2015. Fuente: LanammeUCR.

Por otro lado, se debe garantizar que la sección transversal de las capas colocadas, tengan una inclinación necesaria hacia las orillas (bombeo) para que el agua no se acumule en la superficie conformada, y salga hacia un elemento que canalice el agua lejos de la estructura. Además de la acumulación de agua en la margen de la calzada, si ésta llega a acumularse en la superficie de rueda asfáltica, crea problemas tanto de seguridad de tránsito como de daño por humedad en la mezcla asfáltica, exponiendo el material que presente desprendimientos en el tiempo, seguidos de deformaciones y agrietamientos que podrían prevenirse.

De acuerdo con esto, es necesario garantizar esta inclinación transversal continua, controlando la colocación de sobrecapas por medio de herramientas propias de la maquinaria utilizada, como instrumentos de medición de campo tan simples como codales y niveles manuales. Por ejemplo, en la siguiente fotografía se nota una deficiencia leve en la sección transversal, lo que podría convertirse en corto plazo en un deterioro importante luego de una inversión considerable. Esta capa asfáltica fue colocada en agosto de 2015 en la Ruta Nacional 142 que va de la Fortuna de San Carlos hacia Arenal. Se debe aclarar que aunque es una deficiencia puntual observada, se muestra como ejemplo de detalles técnicos que deben ser evitados.



Fotografía 23. Acumulación de agua en la superficie recién colocada.

Ubicación: Ruta 142, Tramo: La Fortuna - Río Tabacón, Sección de control 21342, Km 2+500 desde el cruce con Ruta 702. Fecha: 18 de agosto de 2015. Fuente: LanammeUCR.

Sitios donde se han construido baches, en ocasiones tienen asociado al deterioro ocurrido, problemas de saturación de la estructura subyacente donde está apoyada la capa de rueda. Generalmente, estos problemas de deformaciones y agrietamientos provocados por la disminución de la capacidad de soporte de las capas de la estructura o el suelo debido a la saturación, inician justamente en los bordes, zonas que están más cercanas a los sitios de acumulación de agua. Sin embargo, aunque muchas veces el origen de las fallas en la estructura es la falta de elementos necesarios para canalizar el agua, se atiende directamente la superficie de rueda, situación que inminentemente seguiría presentando el mismo desempeño en plazos cortos hasta llegar a la pérdida de las reparaciones realizadas.

En la Fotografía 24 se puede notar la reparación realizada de la calzada, sin embargo la fuente del deterioro se observa al lado del bache nuevo. Además de esto, se puede ver como se colocó mezcla asfáltica a la par de una acumulación importante de agua, lo que podría afectar factores y parámetros importantes en el material colocado tales como su densificación, introducción de agua entre la mezcla antes de su compactación, contaminación con material granular, afectación del riego de liga para brindar adherencia, que podrían afectar el desempeño de las obras.



Fotografía 24. Acumulación de agua en la orilla del bache recién construido.

Ubicación: Ruta 4, Tramo: Puerto Viejo - Bajos de Chilamate, Sección de control 40460, Km 0+000, Cruce de Puerto Viejo (R.505). Fecha: 10 de junio de 2015. Fuente: LanammeUCR.

En la siguiente fotografía se puede observar la condición del mismo punto intervenido en junio, 4 meses y medio después, en donde se aprecia una deformación severa del bache y sus alrededores.



Fotografía 25. Deformación severa y formación de huecos.

Ubicación: Ruta 4, Tramo: Puerto Viejo - Bajos de Chilamate, Sección de control 40460, Km 0+000, Cruce de Puerto Viejo (R.505). Fecha: 30 de octubre de 2015. Fuente: LanammeUCR.



Aunque se conoce que múltiples ocasiones se requiere de intervenciones rápidas para mejorar la transitabilidad de algunas vías, es criterio de la Unidad de Auditoría Técnica que toda intervención debe llevar consigo las mejores técnicas de colocación de mezcla asfáltica, eliminando al máximo factores que inciden negativamente el comportamiento de las obras realizadas y en consecuencia su durabilidad.

HALLAZGO 4. SE HAN EVIDENCIADO PROBLEMAS DE ADHERENCIA EN SOBRECAPAS ASFÁLTICAS COLOCADAS EN PROYECTOS DE CONSERVACIÓN VIAL

Se han observado deterioros prematuros de desplazamiento de mezcla y delaminación en algunas vías donde se observaron riegos de liga no uniforme con cobertura parcial durante el proceso constructivo de sobrecapas.

El informe de Auditoría Técnica LM-PI-AT-64-15 "Prácticas Constructivas en Obras de Conservación Vial de la Red Vial Nacional Pavimentada. Contratación Directa 2014CD-000140-0CV00" emitido en julio de 2015, señaló diversos frentes de obra de conservación vial en los cuales se constató que la emulsión asfáltica no fue uniformemente distribuida en la superficie de intervención, dejando áreas sin material de liga en la colocación de sobrecapas asfálticas. El informe advierte las posibles consecuencias en el desempeño de un pavimento ante un riego de liga no uniforme sin cobertura total de la superficie de intervención durante el proceso de construcción de sobrecapas. Principalmente, el documento hace énfasis en que un riego de liga no uniforme no garantiza una adherencia óptima en la interfaz entre el pavimento existente y la nueva capa asfáltica, pudiendo afectar de forma directa la transmisión y disipación de los esfuerzos al pavimento así como la reducción de la vida por fatiga de la estructura y la aparición de deterioros prematuros.

Ese hallazgo contempló el caso de la Ruta Nacional 707 (Atenas - Guácimo), correspondiente a una de las vías reportadas, denominado "Riegos de ligante asfáltico no uniformes" en el informe LM-PI-AT-64-15. Además, el hallazgo señala el caso de la Ruta Nacional 228 (Corralillo - Santa Elena), correspondiente a trabajos de conservación vial realizados en los meses finales de ejecución de la Licitación Pública N°2009LN-000003-CV, donde se registró un riego de liga no uniforme.

Por último, en el presente hallazgo, se menciona el caso de otras rutas adicionales como la 218 y 712. En estas rutas se evidenciaron deterioros asociados a una pobre adherencia en la interfaz de la estructura de pavimento existente y las sobrecapas asfálticas. Pese a no poseer registro de riegos de ligante asfáltico no uniformes o con cobertura parcial,

Informe final LM-PI-AT-140-15	Febrero, 2016	Página 37 de 91
-------------------------------	---------------	-----------------



estos fenómenos están estrechamente relacionados entre sí, tal como se explica en la literatura nacional e internacional sobre el tema.

Ruta Nacional 707, Sección de control: 21263 Atenas (Ruta Nacional 3) - Guácimo (Iglesia)

Uno de los casos mencionados en el informe LM-PI-AT-64-15 corresponde al riego de liga observado el pasado 17 de febrero de 2015, en la ruta nacional 707, específicamente en la sección de control 21263 Atenas(R.3)-Guácimo (Iglesia). Se registró un riego de liga aplicado en rayas, con cobertura parcial de superficie a intervenir durante el proceso constructivo de la sobrecapa de 5 cm (ver fotografía 26).



Fotografía 26. Riego de liga no uniforme. No existe una cobertura total de la superficie donde se colocó sobrecapa de 5 cm.

Ubicación: Sobre Ruta Nacional 707, kilómetro 0+900 desde el mercado municipal medido en sentido Atenas a Guácimo. Sección de control 21263 Atenas (R.3)-Guácimo (Iglesia). Fecha: 17 de febrero de 2015

Fuente: LanammeUCR

Como parte del monitoreo al desempeño de la sobrecapa asfáltica colocada ante el proceso constructivo observado, el equipo auditor realizó una extracción de núcleos en la sección de la ruta donde se registró riego de liga con cobertura parcial, cinco meses después de haberse realizado la intervención. Algunas de las muestras obtenidas evidenciaron problemas de adherencia entre la sobrecapa colocada y la carpeta existente, resultados que se resumen en el informe I-1312-15, realizado por el LanammeUCR.



En la Fotografía 27 se observan los núcleos extraídos y en ambos casos la capa asfáltica colocada (espesor variable entre 4 cm y 6 cm) se mostró totalmente desligada de la capa de rodadura existente. Por lo que existe evidencia para concluir que en el tramo donde se observó el riego de liga aplicado en rayas no se proporcionó la adecuada adherencia entre capas necesaria para aportar una transmisión eficiente de los esfuerzos producto de la cargas de tránsito a la estructura de pavimento. En consecuencia, la sección de la ruta donde se evidenció la aplicación de riego de liga con cobertura parcial, hace que sea vulnerable a la aparición de deterioros prematuros y a una reducción de su vida útil, pese a no tener una carga de tránsito considerable.



Fotografía 27. Núcleos extraídos muestran separación entre capas por falta de adherencia, en la sección donde se evidenció una aplicación de riego de liga en rayas, previo a colocación de sobrecapa.

Ubicación: Sobre Ruta Nacional 707, kilómetro 0+800 desde el mercado municipal medido en sentido Atenas a Guácimo. Sección de control 21263 Atenas (R3)-Guácimo (iglesia). Fecha: 27 de agosto 2015. Fuente: LanammeUCR

En relación a la cobertura del riego de liga se debe considerar que el objetivo principal de la aplicación del riego de liga es aportar la adherencia entre la capa existente y la capa asfáltica nueva, para que estas actúen eficientemente en la transmisión de esfuerzos ante las cargas de tránsito aplicadas, por lo que al no existir cobertura total, el material asfáltico en la superficie de intervención no puede asegurar dicha eficiencia en la transmisión de esfuerzos.

Cabe mencionar que a la fecha de la evaluación no se habían registrado deterioros en la ruta, por lo que se recomienda monitoreo a la sección de la ruta con el problema registrado con el fin de evaluar el desempeño de la misma, por lo que se realizará.

Informe final LM-PI-AT-140-15	Febrero, 2016	Página 39 de 91
-------------------------------	---------------	-----------------



La publicación del LanammeUCR *"Buenas prácticas constructivas en la aplicación de riego de liga para la colocación de sobrecapas asfálticas"* emitida en el presente año 2015, explica de una forma más amplia la importancia de un riego de liga uniforme con cobertura total de la superficie de intervención. En este documento se recopila en uno de sus apartados, diferentes criterios internacionales en relación al tema de cobertura y aplicación de la emulsión asfáltica así como su efecto en el desempeño del pavimento. Algunas de las acotaciones mencionadas en el texto señalan que:

"Si la interfaz de adherencia entre la capa nueva y la existente no puede proveer la suficiente resistencia para soportar los esfuerzos transmitidos por las cargas de tránsito, puede ocurrir una falla por cortante" (NCHRP,2012).

"La insuficiencia de adherencia entre la capa existente y la nueva capa, puede causar además que los esfuerzos de tensión se concentren en la fibra inferior de la nueva capa de rodadura. Esta concentración de esfuerzos acelera la aparición del agrietamiento por fatiga en la superficie y el deterioro del resto de la estructura del pavimento" (Mohammad et al, 2002).

Por otro lado la publicación menciona las posibles consecuencias y afectaciones en el desempeño de la estructura del pavimento ante la aplicación de un riego de liga con cobertura parcial durante los procesos constructivos de colocación de sobrecapas. Algunas de estas consecuencias corresponden a las siguientes:

"Para el efecto de la cobertura del riego de liga, una cobertura de aplicación del 50% de la superficie reduce por un factor de entre un 50 % y 70 % la interfaz de la resistencia al cortante de la estructura. Además una cobertura del 50% en la aplicación del riego de liga resulta en un comportamiento inconsistente y no uniforme de la interfaz de adherencia entre las capas ligadas". (NCHRP,2012)

"Múltiples investigaciones han mostrado que con una mínima pérdida de la resistencia adherencia entre capas, entre un 10% y un 30%, puede resultar en una pérdida de la vida a fatiga de entre un 50% a un 70%". (Instituto del Asfalto 2015)

Como se explicó anteriormente, la no uniformidad sobre la totalidad de la superficie de un riego de liga contribuye a la pérdida de resistencia por adherencia entre la capa existente y la nueva capa colocada, repercutiendo directamente en la transmisión y disipación de los esfuerzos al pavimento, lo que consecuentemente afecta en una reducción de la vida por fatiga de la estructura y la aparición de deterioros prematuros.

En relación al tema de fatiga producto de una posible falta de adherencia cabe acotar que el modelo tradicional de agrietamiento por fatiga considera la concentración de esfuerzos de tensión así como el inicio y propagación de grietas a la superficie en la última fibra del espesor total de las capas asfálticas que constituyen la estructura del pavimento, al



suponer que las capas se encuentran debidamente adheridas y el pavimento funciona como un sistema monolítico. Por otro lado, nuevos modelos de análisis sugieren que en capas asfálticas con pobre adherencia, la concentración de esfuerzos se presentará tanto en la última fibra de la capa existente, como en la última fibra de la nueva capa asfáltica colocada, al encontrarse estas dos desligadas, razón por la cual las investigaciones consideran la aparición y propagación de grietas por fatiga para cada una de las capas asfálticas (ver Figura 2). Esto repercute como se explicó anteriormente en un deterioro acelerado de la estructura del pavimento.

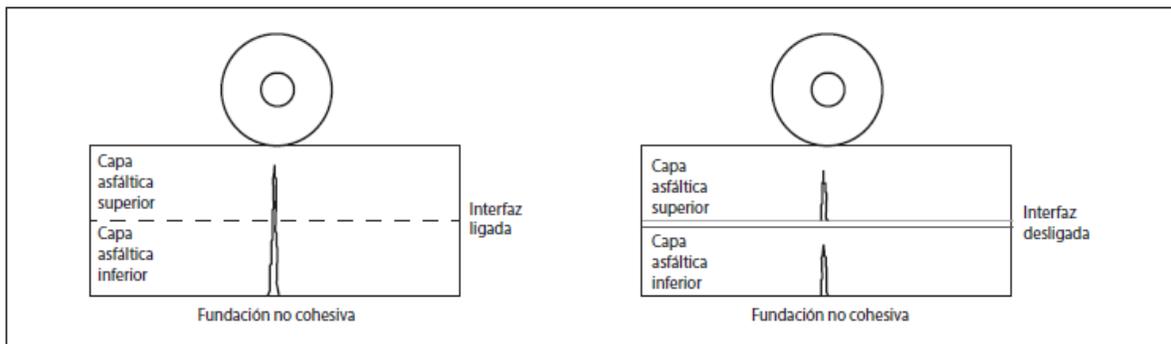


Figura 2. Efecto de desligamiento de capas asfálticas en la iniciación y propagación de grietas para modelo de fatiga tradicional. Fuente: Khweir y Fordyce, 2013.

Con el fin de verificar el comportamiento, efectos y desempeño de la estructura de pavimento, ante una condición desligada de las capas asfálticas o sobrecapas colocadas sobre una estructura de pavimento existente, la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR realizó simulaciones de algunas estructuras típicas mediante el software de análisis de pavimento WESLEA 3.0. Este software permite simular las respuestas del pavimento (esfuerzos, deflexiones y deformaciones) ante la aplicación de cargas de tránsito en una estructura de pavimento tanto para una condición ligada de las capas que la conforman, como para una condición donde no se garantice la adherencia entre ellas. El análisis realizado consistió en la simulación de estructuras de pavimentos generadas a partir de intervenciones típicas realizadas en actividades de mantenimiento de proyectos de conservación vial. Por ejemplo, la colocación de una o dos sobrecapas asfálticas sobre una estructura de pavimento existente a la cual se colocó un material granular nuevo.

Los resultados generados evidenciaron una disminución importante en el número de repeticiones permisibles de las estructuras modeladas considerando adherencia entre capas o no, previo a la falla por fatiga de la estructura. Se observaron diferencias simulando la condición desligada entre capas en un rango entre **68% a un 84%** en relación al total de repeticiones admisibles para la estructura de pavimento bajo la condición ligada, considerando la ecuación de fatiga del Instituto del Asfalto para las



estructuras analizadas. Lo anterior evidencia que la condición de no adherencia entre una nueva capa asfáltica colocada sobre una estructura existente o sobre una capa asfáltica base, representa una afectación directa al desempeño de la estructura de pavimento que repercute en una disminución de la vida a fatiga propiciando la aparición de deterioros prematuros. Algunas de las estructuras simuladas se muestran en los Anexos adjuntos al informe.

Por otro lado, el ejercicio permitió reafirmar el concepto del punto de concentración de esfuerzos en la interfaz de adherencia de dos capas asfálticas colocadas (una capa asfáltica base y una capa de rodadura) para una condición de pobre adherencia como se observa en el margen izquierdo de la Figura 2.

Es importante aclarar que la variación de los porcentajes encontrados en relación al número de repeticiones admisibles, se ve afectado por múltiples factores como por ejemplo los módulos de las capas de la estructura de pavimento existente, o por el tamaño de los espesores colocados. Por lo cual, el ejemplo realizado se limita únicamente al análisis de un número reducido de estructuras por lo que los porcentajes pueden variar en relación a otros tipos de estructuras.

Ruta Nacional 228, Sección de control: 30552 Corralillo - Santa Elena (Ruta Nacional 222)

Otro de los casos registrados donde se observó aplicación de riego de liga no uniforme y sin cobertura total de la superficie durante el proceso constructivo de sobrecapas asfálticas se presentó en la Ruta Nacional 228, específicamente en la sección de control 30552, Corralillo-Santa Elena (RN.222). En este caso se evidenciaron deterioros prematuros un año después de haberse colocado la sobrecapa asfáltica.

En visita técnica realizada el día 13 de agosto de 2014 por parte del equipo auditor, en el frente colocación de la sobrecapa asfáltica se evidenció la aplicación de riego de liga en rayas (ver Fotografía 28), se debe aclarar que estos trabajos fueron contemplados dentro de las actividades de conservación vial de la Licitación Pública N°2009LN-000003-CV para la zona 1-3 de Los Santos.



Fotografía 28. Aplicación de riego de liga no uniforme sin la cobertura total necesaria.
Ubicación: Sobre Ruta Nacional 228, kilómetro 2+250 desde cruce con Ruta Nacional 406. Sección de control 30552, Corralillo - Santa Elena (R.222). Fecha: 13 de agosto de 2014. Fuente: LanammeUCR

Posteriormente, un año después de la colocación de la sobrecapa asfáltica, el equipo auditor realizó una nueva visita de monitoreo para verificar su desempeño. Durante la visita se evidenciaron bacheos construidos a lo largo del tramo intervenido con la colocación de la sobrecapa el año anterior (ver Fotografías 29 y 30). Además, se observaron deterioros asociados a posible falta de adherencia entre capas cercanos a algunos baches observados. Por ejemplo, en la Fotografía 30, se muestra una abertura en la junta transversal del bache construido, producto de un desplazamiento de la mezcla asfáltica colocada como sobrecapa y ocasionado por una adherencia insuficiente. Tal efecto se pudo presentar por deficiencias en el riego de liga utilizado en la capa asfáltica colocada inicialmente sumando el efecto de una posible pobre aplicación de riego de liga el pared vertical del bache. Se observaron fisuras alrededor del bache asociadas al deslizamiento entre capas mencionado, deficiencia que evidentemente no fue solucionada con el bacheo.

Se debe mencionar que las secciones puntuales donde se registraron los deterioros cuentan con pendientes considerables factor que aunado a una pobre adherencia en la interfaz entre la sobrecapa colocada y la estructura del pavimento existente, contribuye a la aparición de este tipo de deterioros.



Fotografía 29. Evolución del deterioro por desplazamiento de mezcla asfáltica en el bacheo realizado. Ubicación: Sobre Ruta Nacional 228, 0+240 medido desde el cruce con la Ruta Nacional 222, Sección de control 30552, Ruta 228 Corralillo - Santa Elena (R222). Fecha 28 de agosto de 2015. Fuente: LanammeUCR.



Fotografía 30. Abertura en la junta transversal del bache producto del desplazamiento de mezcla asfáltica. Ubicación: Sobre Ruta Nacional 228, kilómetro 0+165 medido desde el cruce con la Ruta Nacional 222, Sección de control 30552, Ruta 228 Corralillo - Santa Elena (R222). Fecha 28 de agosto de 2015. Fuente: LanammeUCR.

Ante la evidencia de un posible desplazamiento de la mezcla asfáltica y el antecedente de la aplicación de un riego de liga con cobertura parcial durante el proceso constructivo de la sobrecapa, se procedió a la extracción de núcleos (muestras) a lo largo de la ruta intervenida.

El informe de ensayo I-1312-15 del LanammeUCR, correspondiente a la evaluación de los núcleos de mezcla asfáltica extraídos en la Ruta Nacional 228, evidenció capas desligadas debido a una posible falta de adherencia entre la sobrecapa colocada y la capa de rodadura anterior, como se observa en las Fotografías 31, 32, 33 y 34. Los



espesores registrados de la sobrecapa colocada mostraron variabilidad entre 4 cm y 6 cm, mientras los espesores de la capa de rodadura sobre la que se colocó (capa anterior), registraron valores menores a 3 cm de espesor, por lo que es posible pensar que la sobrecapa asfáltica fue colocada sobre un tratamiento superficial.

Las evidencias generadas permiten afirmar a manera general, que existe un problema de adherencia de la sobrecapa colocada en la ruta 228 con la capa existente, lo cual ha representado una estructura de pavimento vulnerable a deterioros prematuros como lo demuestran las diversas intervenciones realizadas en menos de un año de su puesta en servicio.

Por otro lado, en algunas de las muestras extraídas fueron observadas tres capas diferentes en el laboratorio. Se encontró que los espesores de las capas intermedias son inferiores a 3 cm de espesor por lo que existe la posibilidad de que algunas de las segundas capas encontradas corresponden a capas de "traba" utilizadas durante el proceso constructivo de la sobrecapa. Se debe recordar que el uso "traba" en los procesos constructivos de sobrecapas repercute negativamente en el desempeño de los pavimento, ya que constituye un plano de falla adicional para la estructura del pavimento, aún mayor si existen deficiencias en la adherencia.



Fotografía 31. Núcleo asfálticos extraído a 5 m del bache registrado con problemas de desplazamiento de mezcla asfáltica. Se observó desligada del pavimento anterior.

Ubicación: Sobre Ruta Nacional 228, kilómetro 0+165 medido desde el cruce con la Ruta Nacional 222. Sección de control SC 30552, Ruta 228 Corralillo - Santa Elena (R222). Fecha 28 de agosto de 2015 Fuente: LanammeUCR



Fotografía 32. Núcleo asfáltico extraído, se observó capa asfáltica colocada desligada de superficie existente

Ubicación: Sobre Ruta Nacional 228, kilómetro 21+810 medido desde el cruce con la Ruta Nacional 406. Sección de control SC 30552, Ruta 228 Corralillo - Santa Elena (R222). Fecha 28 de agosto de 2015. Fuente: LanammeUCR



Fotografía 33. Núcleo de sobrecapa asfáltica extraído, se observó capa asfáltica colocada desligada de superficie existente

Ubicación: Sobre Ruta Nacional 228, kilómetro 6+300 medido desde el cruce con la Ruta Nacional 406. Sección de control SC 30552, Ruta 228 Corralillo - Santa Elena (R222) Fecha 28 de agosto de 2015. Fuente: LanammeUCR



Fotografía 34. Capa asfáltica desligada de superficie existente.

Ubicación: Sobre Ruta Nacional 228, 6+320 medido desde el cruce con la Ruta Nacional 406. Sección de control SC 30552, Ruta 228 Corralillo - Santa Elena (R222). Fecha 28 de agosto de 2015 Fuente: LanammeUCR



Ruta Nacional 712, Sección de control: 21420 San Isidro(RN130)-Frajianes (R146).

En visita realizada por el equipo auditor el día 6 de mayo de 2015 a la Ruta Nacional 712 para evaluar el desempeño de la sobrecapa colocada en el mes de febrero de 2015, se observaron deterioros puntuales en la sobrecapa colocada. Los deterioros encontrados específicamente en los kilómetros 8+750 y 8+760 desde el cruce con Ruta Nacional 130, corresponden a delaminaciones de la superficie de rodadura producto del desplazamiento de mezcla asfáltica como se observa en las Fotografías 35 y 36.

Este tipo de deterioro es asociado principalmente a una pobre adherencia entre la nueva capa colocada y la capa existente. En el recuadro de la Fotografía 35 es posible observar que la mezcla asfáltica de la capa de rodadura se encuentra desligada de la superficie inferior sobre la que se colocó.

El día de la visita, se consultó al inspector encargado del frente de obra sobre los deterioros observados, a lo cual mencionó que los deterioros ya habían sido notificados a la Administración y que las reparaciones de los mismos iban a ser corregidas por el contratista como garantía de los trabajos realizados



Fotografía 35. Delaminación por desplazamiento de mezcla asfáltica.

Ubicación: sobre la Ruta 712, kilómetro 8+760 desde cruce con Ruta Nacional 130, Sentido Alajuela - Fraijanes, Sección de control:21420 San Isidro(RN130)-Frajianes (R146). Fecha 06 de mayo de 2015. Fuente: LanammeUCR.



Fotografía 36. Condición de deterioro, desplazamiento de mezcla asfáltica.

Ubicación: sobre la Ruta 712, kilómetro 8+750 desde cruce con Ruta Nacional 130, Sentido Alajuela - Fraijanes, Sección de control:21420 San Isidro(RN130)-Fraijanes (R146). Fecha 06 de mayo de 2015. Fuente: LanammeUCR.

Como parte del seguimiento y monitoreo de los deterioros registrados, el equipo auditor en visita realizada el día 16 de junio de 2015 comprobó la realización de reparaciones en las zonas afectadas por el desplazamiento de la mezcla asfáltica. Las reparaciones consistieron en bacheos de las zonas afectadas donde se observó delaminación como se observa en la Fotografía 37.



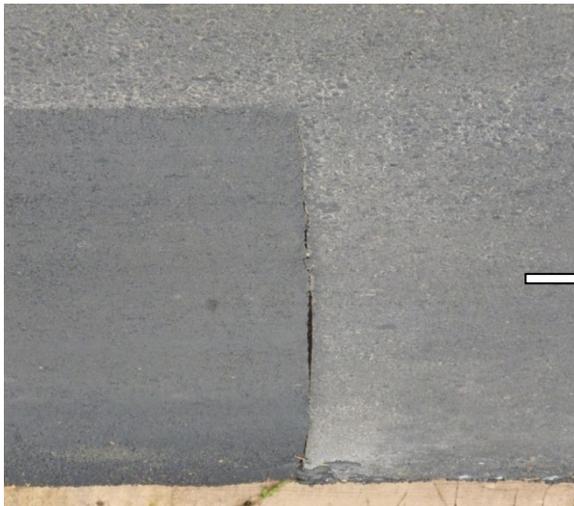
Fotografía 37. Bacheo realizado en área deteriorada donde se evidenció desplazamiento de mezcla asfáltica.

Ubicación: sobre la Ruta 712, kilómetro 8+750 desde cruce con Ruta Nacional 130, Sentido Alajuela - Fraijanes, Sección de control:21420 San Isidro(RN130)-Fraijanes (R146). Fecha 16 de junio de 2015. Fuente: LanammeUCR.



Sin embargo, en el momento en que se realizó la visita técnica, los dos baches realizados ya evidenciaban deterioros en juntas transversales. Se observaron aberturas parciales en juntas transversales de ambos baches (ver Fotografías 38 y 40).

Posteriormente, el día 8 de agosto de 2015 se realizó una nueva visita técnica para observar el área deteriorada con el objetivo de verificar su evolución. En la evaluación se observó una notoria apertura de las juntas transversales en ambos baches debido al desplazamiento de la mezcla asfáltica de la sobrecapa contigua. En las Fotografías 39 y 41 se observa que la separación entre el bache y la sobrecapa es tal que se evidencia material de residuos ajenos a la mezcla asfáltica rellanando el espacio.



Fotografía 38. Junta transversal abierta de bache realizado como reparación de deterioro por desplazamiento de mezcla.

Ubicación: sobre la Ruta 712, kilómetro 8+750 desde cruce con Ruta Nacional 130, Sentido Alajuela - Fraijanes, Sección de control:21420 San Isidro(RN130)-Fraijanes (R146). Fecha 16 de junio de 2015. Fuente: LanammeUCR



Fotografía 39. Evolución de deterioro por desplazamiento de mezcla asfáltica en bacheo realizado.

Ubicación: sobre la Ruta 712, kilómetro 8+750 desde cruce con Ruta Nacional 130, Sentido Alajuela - Fraijanes, Sección de control:21420 San Isidro(RN130)-Fraijanes (R146). Fecha 08 de agosto de 2015. Fuente: LanammeUCR



Fotografía 40. Abertura en junta transversal por desplazamiento de mezcla asfáltica en bacheo realizado como reparación a deterioro. Ubicación: sobre la Ruta 712, kilómetro 8+760 desde cruce con Ruta Nacional 130, Sentido Alajuela - Fraijanes, Sección de control:21420 San Isidro(RN130)-Fraijanes (R146). Fecha 16 de junio de 2015. Fuente: LanammeUCR



Fotografía 41. Evolución de deterioro, abertura notoria por desplazamiento de mezcla asfáltica en bacheo realizado. Ubicación: sobre la Ruta 712, kilómetro 8+760 desde cruce con Ruta Nacional 130, Sentido Alajuela - Fraijanes, Sección de control:21420 San Isidro(RN130)-Fraijanes (R146). Fecha 08 de agosto de 2015. Fuente: LanammeUCR

Como observación adicional al tema de adherencia en paredes verticales de baches la publicación "Buenas prácticas constructivas en la aplicación de riego de liga para la colocación de sobrecapas asfálticas" del LanammeUCR menciona algunos criterios internacionales entre los que destacan:

"El riego de liga debe aplicarse en una capa fina y uniforme que cubra toda la superficie, incluyendo todas las superficies y juntas verticales de la estructura. Un riego de liga pobre puede causar problemas de desligamiento entre capas y la aplicación de un exceso de riego de liga puede causar deslizamiento entre capas". (Federal Highway Administration, 2005)

"Es importante recalcar la importancia de la uniformidad del riego de liga en juntas y caras verticales, ya que es en este sitio donde el ligante asfáltico brinda adherencia entre secciones y mitiga el subsecuente agrietamiento de las juntas" (Departamento de Transportes del Estado de Ohio,2012).

Por otro lado, este tipo de aberturas constituyen un espacio para la incursión de agua a las capas inferiores de la estructura del pavimento como se observa en la Fotografía 42. El ingreso del agua a las capas subyacentes de la estructura del pavimento repercute directamente en la afectación de sus propiedades mecánicas y desempeño, convirtiendo



al pavimento es un estructura totalmente vulnerable al daño por humedad y por pérdida de capacidad soportante.



Fotografía 42. Acumulación de agua en junta abierta de reparación realizada por desplazamiento de mezcla asfáltica.

Ubicación: sobre la Ruta 712, kilómetro 8+750 desde cruce con Ruta Nacional 130, Sentido Alajuela - Fraijanes, Sección de control:21420 San Isidro(RN130)-Fraijanes (R146). Fecha 21 de agosto de 2015. Fuente: LanammeUCR

El tipo de deterioros observados así como la evolución acelerada de estos, representan indicios para considerar que la mezcla asfáltica colocada seguía desplazándose producto de una pobre adherencia entre capas. A partir de esto se procedió a realizar una extracción de núcleos de la mezcla asfáltica colocada, para comprobar la adherencia entre las capas colocadas.

Los núcleos se extrajeron 5 metros después de cada uno de los baches construidos en sentido del flujo de tránsito. En las Fotografías 43 y 44 se observan los núcleos extraídos y en ambos casos se extrajeron dos capas de mezcla asfáltica entre 5 cm y 6 cm desligadas entre sí. Los resultados fueron registrados en el informe I-1248-15 del LanammeUCR.

La evidencia registrada reafirmó la aseveración de la escasa adherencia entre las dos capas asfálticas colocadas. Si bien en este caso no existe evidencia para afirmar que no se realizó un riego de liga uniforme, es importante mencionar que este tipo de problemas es generado por falta de cobertura del ligante asfáltico o por su exceso en las áreas intervenidas durante la actividad de riego de liga previo a la colocación de la sobrecapa.



Fotografía 43. Núcleos extraídos de la sobrecapa asfáltica desligados a 5 m del deterioro generado por desplazamiento de mezcla asfáltica.

Ubicación: Sobre la Ruta 712, kilómetro 8+755 desde cruce con Ruta Nacional 130, Sentido Alajuela - Fraijanes, Sección de control:21420 San Isidro(RN130)-Fraijanes (R146). Fecha 21 de agosto de 2015.

Fuente: LanammeUCR



Fotografía 44. Núcleos de sobrecapa asfáltica desligados a 5 m del deterioro generado por desplazamiento de mezcla asfáltica.

Ubicación: sobre la Ruta 712, kilómetro 8+755 desde cruce con Ruta Nacional 130, Sentido Alajuela - Fraijanes, Sección de control:21420 San Isidro(RN130)-Fraijanes (R146). Fecha 21 de agosto de 2015.

Fuente: LanammeUCR



Ruta Nacional 218, Sección de control 10342, Vista de Mar (Ruta Nacional 205) - Hacienda Santa Marta.

El tercer frente de obra registrado donde se observaron deterioros prematuros asociados a una posible falta de adherencia en intervenciones de colocación se registró en la Ruta Nacional 218 específicamente en la sección de control 10342 Vista de Mar (R.205) - Hacienda Santa Marta.

En visita realizada el día 22 de setiembre de 2015 al frente de obra de conservación vial a la Ruta Nacional 218 se constató la realización de actividades de mantenimiento de la capa de rodadura de la vía. Las intervenciones de conservación vial contemplaron la colocación de sobrecapas asfálticas en los tramos o secciones más deterioradas a criterio de la ingeniería del proyecto, según inspector de obra encargado. Durante la visita al frente de trabajo, el equipo auditor evidenció deterioros en algunos de los tramos intervenidos aproximadamente 15 días atrás.

Entre los deterioros registrados, se evidenció desplazamiento de mezcla asfáltica en varios puntos de la sobrecapa colocada. En la Fotografía 45 se puede observar delaminación de la mezcla asfáltica producto de una pobre adherencia entre la capa colocada y la estructura de pavimento existente. Como se explicó anteriormente, este tipo de falla es comúnmente asociado a un riego de liga no uniforme e insuficiente con cobertura parcial de la superficie. En muchos casos este tipo de falla también podría estar asociado a una falta de adherencia por exceso de riego de liga, en cuyo caso sería probable que llevara a una exudación de la capa de ruedo, deterioro que no aplica para este caso particular.



Fotografía 45. Delaminación por desplazamiento de la mezcla asfáltica
Ubicación: Sobre a Ruta 218, km 1+250 desde el cruce con la Ruta Nacional 205, Vista de Mar, Sección de control 10342: Vista de Mar (R205) - Hacienda Santa Marta. Fecha 22 de setiembre de 2015. Fuente: LanammeUCR



Otros aspectos que contribuyen a este tipo de deterioro son la falta de confinamiento lateral de la estructura de pavimento y la ausencia de revestimiento de la berma o espacio entre la calzada y la cuneta, el cual representa un espacio para el ingreso de agua a las capas inferiores de la estructura del pavimento, y en consecuencia debilitar las capas que la conforman. En la Fotografía 46 se observó agrietamiento de borde por desplazamiento de mezcla asfáltica, en una sección de la carretera con pendiente leve, sin revestimiento de la cuneta, factor que aunado a una pobre adherencia entre capas, puede haber contribuido a la aparición de este tipo de deterioro.



Fotografía 46. Agrietamiento de borde y desplazamiento de mezcla asfáltica, cuneta sin impermeabilizar. Ubicación: Sobre la Ruta 218, km 3+950 desde el cruce con la Ruta Nacional 205, Vista de Mar, Sección de control 10342: Vista de Mar (R205) - Hacienda Santa Marta. Fecha 22 de setiembre de 2015. Fuente: LanammeUCR

Por otro lado, en el kilómetro 3+930 de esta misma ruta, se evidenció agrietamiento longitudinal y desplazamiento de mezcla asfáltica debido a un posible deslizamiento entre las capas asfálticas colocadas en cada uno de los carriles producto de una posible falta de adherencia en la junta longitudinal y en la superficie, como se observa en la Fotografía 47.



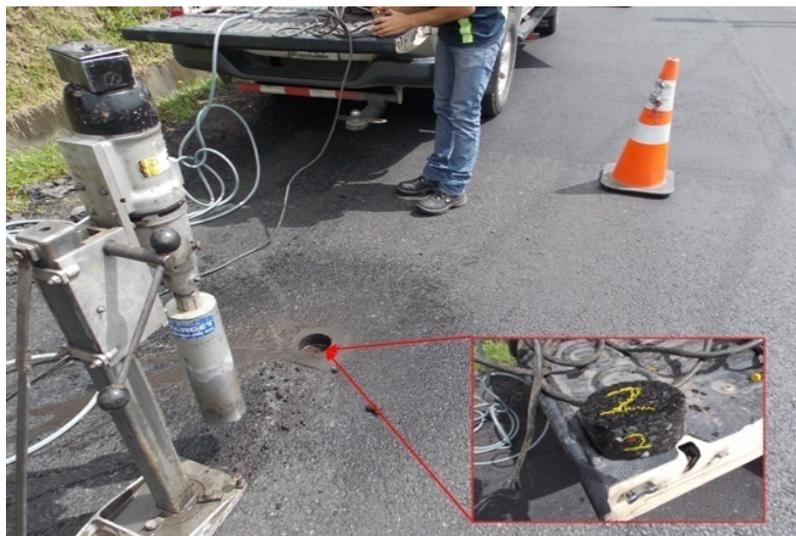
Fotografía 47. Grieta longitudinal en la junta de construcción, durante proceso constructivo de sobrecapa. Ubicación: Sobre la Ruta 218, km 3+930 desde el cruce con la Ruta Nacional 205, Vista de Mar, Sección de control 10342: Vista de Mar (R205) - Hacienda Santa Marta. Fecha 22 de setiembre de 2015. Fuente: LanammeUCR

Posteriormente, una vez finalizado el recorrido de la ruta por parte del equipo auditor y levantados los deterioros anteriormente descritos, se consultó al inspector de obra sobre las fallas encontradas, a lo cual mencionó que las zonas afectadas iban a ser reparadas en los próximos días por el contratista y se debían a un problema de la mezcla asfáltica colocada.

Como parte del seguimiento a los deterioros registrados, el día 8 de octubre de 2015 se realizó una nueva visita de monitoreo a la Ruta Nacional 218 con el objetivo de extraer núcleos asfálticos para verificar adherencia en los diferentes tramos donde se colocó sobrecapa asfáltica. Durante la visita realizada se logró constatar que sí se realizó la reparación de los deterioros encontrados la visita anterior, por desplazamiento de mezcla, mediante bacheo formal (ver Fotografías 48 y 49). Se extrajeron núcleos asfálticos en las proximidades de los baches realizados, cuyos resultados obtenidos evidenciaron que la capa asfáltica colocada se encontraba desligada del resto de la estructura existente. Los espesores encontrados de la capa asfáltica colocada fueron variables (entre 4 cm y 6 cm).



Fotografía 48. Zona reparada por agrietamientos producto del desplazamiento de mezcla asfáltica y adherencia en juntas longitudinales.
Ubicación: Sobre la Ruta 218, km 4+000 desde el cruce con la Ruta Nacional 205, Vista de Mar, Sección de control 10342: Vista de Mar (R205) - Hacienda Santa Marta. Fecha 8 de octubre de 2015. Fuente: LanammeUCR



Fotografía 49. Núcleo de mezcla asfáltica extraído a 2 m de junta de bache realizado producto del desplazamiento de mezcla asfáltica. Se puede ver que se extrajo desligado de la capa subyacente.
Ubicación: Sobre la Ruta 218, km 1+250 desde el cruce con la Ruta Nacional 205, Vista de Mar, Sección de control 10342: Vista de Mar (R205) - Hacienda Santa Marta. Fecha 8 de octubre de 2015. Fuente: LanammeUCR

En la visita realizada el 8 de octubre, se encontraron deterioros en los bacheos construidos en algunos tramos de sobrecapas donde se registraron deterioros. En las Fotografías 50 y 51 se logra observar aberturas en juntas transversales de bacheos generadas por el desplazamiento de mezcla asfáltica y por una posible falta de adherencia tanto en la pared vertical de la sobrecapa con el bache (junta), como entre la



capa asfáltica nueva y la subyacente. Es importante como se mencionó anteriormente, reiterar que estas aberturas en la junta transversal constituyen un espacio físico para la acumulación de material de residuo y para el ingreso de agua a las capas inferiores de la estructura repercutiendo negativamente en el desempeño del pavimento. Se realizaron ensayos de extracción de núcleos en áreas contiguas a la aberturas de los baches (ver Fotografías 52 y 53). Los resultados de la extracción nuevamente evidenciaron que la sobrecapa asfáltica se encontraba desligada de la superficie inferior.

Las evidencias obtenidas mediante la extracción de núcleos permiten afirmar que los deterioros observados tienen relación con problemas de adherencia entre la sobrecapa colocada y la estructura de pavimento existente. El informe de ensayo I-1455-15 del LanammeUCR resume los resultados de los núcleos muestreados.



Fotografía 50. Junta transversal abierta entre bache y sobrecapa. El núcleo extraído se encontraba desligado de la superficie existente. Ubicación: Sobre la Ruta 218, km 4+100 desde el cruce con la Ruta Nacional 205, Vista de Mar, Sección de control 10342: Vista de Mar (R205) - Hacienda Santa Marta. Fecha 8 de octubre de 2015. Fuente: LanammeUCR



Fotografía 51. Abertura en la junta transversal del área reparada. Ubicación: Sobre la Ruta 218, km 4+075 desde el cruce con la Ruta Nacional 205, Vista de Mar, Sección de control 10342: Vista de Mar (R205) - Hacienda Santa Marta. Fecha 8 de octubre de 2015. Fuente: LanammeUCR



Fotografía 52. Núcleo asfáltico desligado a 30 cm de bache registrado con abertura en junta transversal
Ubicación: Sobre la Ruta 218, km 2+250 desde el cruce con la Ruta Nacional 205, Vista de Mar, Sección de control 10342: Vista de Mar (R205) - Hacienda Santa Marta. Fecha 8 de octubre de 2015. Fuente: LanammeUCR



Fotografía 53. Núcleo asfáltico desligado a 20 cm de bache registrado con abertura en junta transversal
Ubicación: Sobre la Ruta 218, km 4+150 desde el cruce con la Ruta Nacional 205, Vista de Mar, Sección de control 10342: Vista de Mar (R205) - Hacienda Santa Marta. Fecha 8 de octubre de 2015. Fuente: LanammeUCR

Se evidenciaron también deterioros adicionales asociados a falta de revestimiento de la cuneta o inexistencia de ella, además de problemas de adherencia, en estacionamientos cercanos a los deterioros registrados el día 22 de setiembre de 2015. En la Fotografía 54 se observa un patrón de deterioro similar al de la Fotografía 46, con agrietamiento transversal en el borde por desplazamiento de mezcla y falta de cuneta revestida.



Fotografía 54. Condición de agrietamiento en superficie, no hay elementos para evacuación de agua pluvial de la vía.

Ubicación: Sobre la Ruta 218, km 4+120 desde el cruce con la Ruta Nacional 205, Vista de Mar, Sección de control 10342: Vista de Mar (R205) - Hacienda Santa Marta. Fecha 8 de octubre de 2015. Fuente: LanammeUCR

Cercano al deterioro de agrietamiento anterior, se observaron fallas de borde, donde se presenta hundimiento de mezcla asfáltica, el cual pudo haberse debido principalmente, por una falta de estructura de pavimento suficiente en todo el ancho de la calzada, sumado por la falta de impermeabilización en los bordes (ver Fotografía 55).



Fotografía 55. Falla de borde. Hundimiento de mezcla asfáltica debido a falla de capacidad de soporte en la orilla de la calzada, sumado con la saturación de agua en la cuneta sin revestimiento.

Ubicación: Sobre la Ruta 218, km 4+115 desde el cruce con la Ruta Nacional 205, Vista de Mar, Sección de control 10342: Vista de Mar (R205) - Hacienda Santa Marta. Fecha 8 de octubre de 2015. Fuente: LanammeUCR



De manera general se debe mencionar que la aplicación del riego de liga es una actividad normada. en el documento cartelario de la Contratación Directa 2014CD-000140-0CV00, CR-77. El manual CR77 en la sección 407.05: Aplicación del Material Bituminoso, establece que:

"El material bituminoso deberá ser uniformemente distribuido, a presión y a una proporción determinada por cantidad determinada dentro de 24 horas anteriores a la colocación de la capa de recubrimiento." (El subrayado no es parte del texto original).

El término uniforme es considerado a nivel internacional como la aplicación del ligante asfáltico con cobertura total y dosificación uniforme en la superficie de intervención. De ninguna manera debe considerarse el término uniforme para justificar técnicas constructivas no recomendadas como el riego de liga aplicado en rayas en toda una superficie a intervenir. Por ejemplo el Departamento de Transportes del Estado de Ohio menciona en su publicación como "Apropiada aplicación del riego de liga" (*Proper Tack Coat Application*, título en inglés) que:

"El propósito del riego de liga es promover la adherencia entre una superficie de pavimento existente y una sobrecapa, es muy importante que el riego de liga sea aplicado de una manera uniforme con cobertura total de la superficie y el arrastre del riego de liga por las llantas de las vagonetas debe ser minimizado" (El subrayado no es parte del texto original).

En relación a las reparaciones realizadas, si bien las áreas afectadas fueron atendidas de manera puntual, es criterio de este equipo auditor que ninguna obra de mantenimiento que contemple la colocación de sobrecapas asfálticas debe ser atendida mediante técnicas de bacheo en un periodo de tiempo tan reducido (15 días), especialmente si se trata por causas de problemas o deficiencias en el proceso constructivo o por falta de atención de elementos vitales en una carretera como lo es el sistema de drenajes.

4 CONCLUSIONES

- Se ha visto claramente la aparición de agrietamientos transversales ocurridos en algunos tramos estabilizados con cemento por medio de contratos de conservación vial. Tales deterioros consisten en agrietamientos provocados por contracción de la base, y pueden estar relacionados con deficiencias en la homogenización de la base en el proceso de colocación, dosificación de cemento excesiva asociada a resistencias altas, falta de un adecuado curado o una dosificación imprecisa de agua. Aunque los deterioros no afectan la totalidad de la longitud de los proyectos mostrados, es importante que la Administración conozca de su existencia, de manera que se puedan mejorar ciertos detalles constructivos

Informe final LM-PI-AT-140-15	Febrero, 2016	Página 60 de 91
-------------------------------	---------------	-----------------



que influyan positivamente en el control del agrietamiento por contracción y en consecuencia, en su desempeño.

- Se han encontrado deterioros a corto plazo de obras ejecutadas por medio de contratos de conservación vial, principalmente en capas asfálticas delgadas colocadas, que aunque mejoran temporalmente la transitabilidad y la seguridad de la vía, son insuficientes para garantizar, a lo largo de todo el tramo intervenido, un buen desempeño y una protección adecuada de la estructura existente. De acuerdo con esto, los tramos intervenidos se convierten en sitios vulnerables a deterioros prematuros y acelerados, que a corto plazo deberían ser nuevamente atendidos para evitar mayores daños en la superficie y la estructura, en algunos casos en sitios específicos que pueden obedecer a problemas puntuales. Sin embargo, no se descarta en algunos casos que se presente un desarrollo mayor de deterioros a lo largo de la totalidad de los tramos intervenidos, que obedezcan a estructuras que requieren obras mayores tales como rehabilitaciones o reconstrucciones y llevan consigo la construcción y diseño de elementos adicionales, además de la calzada.
- Algunos deterioros observados de vías intervenidas por medio de actividades de conservación vial, son provocados por la falta de elementos de canalización de aguas o por su falta de mantenimiento. Sin embargo, en algunas ocasiones, los recursos son destinados a intervenir únicamente la calzada o superficie de ruedo, donde no se consideran características superficiales como el bombeo necesario para evacuar el agua superficial de manera efectiva.
- Se observaron deterioros prematuros de desplazamiento de mezcla y delaminación asociados a problemas de adherencia en la colocación de sobrecapas asfálticas dentro de las actividades de conservación vial. Este tipo de deterioros está usualmente relacionado a riegos de liga parciales, exceso de ligante asfáltico, falta de tiempo de curado de la emulsión, superficies de intervención con material suelto o arrastre del ligante asfáltico en las huellas de la vagoneta. Se extrajeron núcleos asfálticos en rutas donde se observaron este tipo de deterioros y los resultados evidenciaron en la mayoría de los casos espesores de sobrecapa asfáltica desligados del pavimento existente. Una sección de sobrecapa asfáltica desligada o parcialmente ligada a la estructura de un pavimento existente repercute de forma directa en la transmisión de los esfuerzos producto de la cargas de tránsito a la estructura de pavimento. En consecuencia, una sección con este tipo de condición se vuelve vulnerable a la aparición de deterioros prematuros como se evidenció en el hallazgo 4, además de una eventual reducción de la vida por fatiga de la estructura.
- Se observaron reparaciones y a la vez deterioros de las mismas reparaciones por problemas de adherencia en sobrecapas asfálticas con menos de un año de haberse colocado. A criterio del equipo auditor se considera reducida la vida útil de algunas de estas obras, considerando especialmente que las causas pueden ser



atribuibles a deficiencias constructivas, falta de elementos vitales en una carretera o de su mantenimiento como lo es el sistema de drenajes, o por intervenciones de conservación vial que no aplican como vías conservables y requieran una intervención mayor.

5 RECOMENDACIONES

Se recomienda a la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes:

- Considerar las condiciones existentes de agrietamiento en vías estabilizadas con cemento, de manera que se tomen medidas correctivas y preventivas en la ejecución de futuros proyectos con el fin de mejorar la durabilidad de las obras y en consecuencia obtener mayor eficiencia en la optimización de recursos a través del tiempo.
- Además, del sello aplicado en este agrietamiento transversal, es importante considerar en la próxima actividad de conservación de estas vías, prácticas adecuadas para retardar el reflejo de estas grietas en futuras capas asfálticas.
- Analizar y dar seguimiento a los deterioros que se vienen presentando en vías intervenidas con sobrecapas delgadas con el fin de valorar su uso como medidas de conservación temporales, principalmente en vías de alto tránsito vehicular y con condiciones de capacidad de soporte limitadas, lo cual genera inversiones en obras de poca durabilidad, lo que obliga a reparaciones a corto plazo en los mismos sitios intervenidos.
- Velar por que en las actividades de conservación, se cumpla con la construcción y mantenimiento de los elementos de la carretera y con la obtención de características superficiales necesarias para el manejo de aguas, de manera que no afecte el desempeño de la estructura del pavimento.
- Adoptar adecuadas prácticas constructivas relacionadas con la aplicación del riego de liga en la colocación de sobrecapas asfálticas, con el fin de garantizar una cobertura uniforme y total de la superficie de intervención, reduciendo así la posibilidad de aparición de deterioros prematuros por problemas de adherencia y facilitando una adecuada transmisión de los esfuerzos por carga de tránsito.
- En el caso de presentarse deterioros por problemas de adherencia realizar un análisis más detallado de la causa del deterioro, así como el área de cobertura del problema registrado. Lo anterior se fundamenta en los diferentes casos presentados en el hallazgo 4, donde se realizó una reparación puntual, sin embargo, posteriormente se comprobó que se trataba de un problema de desplazamiento de mezcla asfáltica progresivo en la sección.



Se recomienda a la Dirección Ejecutiva del Conavi:

- Velar por que se establezcan los procesos necesarios para que las rutas identificadas con necesidades de intervención que escapan a las competencias de la actividad de conservación vial, reciban el tratamiento requerido de acuerdo a una adecuada priorización dentro de las tareas de la institución.

6 REFERENCIAS

1. Consejo Nacional de Vialidad (2014). Contratación Directa 2014CD-000140-0CV00 proyectos de conservación vial Red Vial Nacional Pavimentada. CONAVI, San José, Costa Rica.
2. Elizondo Salas, A, Salas Chaves M., Chaverri Jiménez, J., & Loria Salazar, L. G. (2012). Informe de Auditoría Técnica LM-PI-AT-040-2012: "Evaluación de la Gestión de las Actividades de Rehabilitación Vial en la Ruta Nacional N° 1, Carretera Bernardo Soto, Sección de Control 20010, Tramo Intercambio Aeropuerto-Intercambio Manolo's. Licitación Pública N° 2009LN-000003-CV. San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
3. Flexible Pavements of Ohio(2012). Technical Bulletin: Proper Tack Coat Application, Columbus, Ohio.
4. Federal Highway Administration (2005).Guidelines for using prime and tack coats, Publication No. FHWA-CFL/TD-05-002. U.S. Department of Transportation
5. Guerrero Aguilera, S., Salas Chaves, M., Rodríguez Morera, J., Sequeira Rojas, W., & Loria Salazar, L. G. (2015). Informe de Auditoría Técnica: LM-PI-AT-64-15 "Prácticas constructivas en obras de conservación vial de la red vial nacional pavimentada. San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
6. Guerrero Aguilera, S., Salas Chaves, M., Rodríguez Morera, J., Sequeira Rojas, W., & Loria Salazar, L. G. (2015). Informe de Auditoría Técnica: LM-PI-AT-132-15 "Evaluación de Procesos Constructivos dentro de la Actividad de Conservación Vial de la Red Vial Nacional contemplados en la Contratación Directa 2014 CD-000140-0CV00". San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
7. Guerrero Aguilera, S., Salas Chaves, M., Sequeira Rojas, W., & Loria Salazar, L. G. (2015). Buenas prácticas constructivas en la aplicación de riego de liga". San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
8. Instituto del Asfalto (2015). Asphalt Magazine Vol. 30 No.2.Tackling tack coats. Asphalt Institute.
9. Instituto del Asfalto (2014). Tack Coat Best Practices. Oklahoma Workshop. Asphalt Institute.
10. Ministerio de Obras Públicas y Transporte (1978). Especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-77, Dirección General de Vialidad, San José, Costa Rica.
11. Mohammad, L. N., Raqib, M., y Huang, B.. "Influence of Asphalt Tack Coat Materials on Interface Shear Strength." Transportation Research Record 1789, Transportation Research Board. National Academies, Washington, DC, 2002
12. National Cooperative Highway Research Program, (2012). NCHRP Report 712, Optimization of Tack Coat for HMA Placement, Transportation Research Board, Washington, DC, 2012
13. Navas Carro, A.(2012). Nota informe LM-IC-D-0248-12. Nota informe " Uso de "traba" en proyectos de conservación vial." San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
14. Navas Carro, A.(2013). Nota informe LM-IC-D-1414-13. Nota informe "Procedimiento de Riego de Liga." San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
15. Navas Carro, A.(2014). Nota informe LM-IC-D-0340-14. ""Bacheos realizados en las losas de la Ruta 18, Limonal-Límite Cantonal Abangares-Cañas".. San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
16. Navas Carro, A.(2014). Nota informe LM-IC-D-449-14. Nota informe "Situaciones de mejora de prácticas constructivas en intervenciones de conservación vial" San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
17. Salas Chaves, M., Solórzano Murillo, S., Rodríguez Morera, J., Chaverri Jiménez, J., & Loria Salazar, L. G. (2012). Informe de Auditoría Técnica LM-PI-AT-056-2012: "Evaluación de proyectos de Conservación Vial, Red Vial Nacional Pavimentada," Licitación Pública N°2009LN-000003-CV. San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
18. Salas Chaves, M., Solórzano Murillo, S., Rodríguez Morera, J., Chaverri Jiménez, J., & Loria Salazar, L. G. (2012). Informe de Auditoría Técnica LM-PI-AT-086-2012: "Evaluación de proyectos de Conservación Vial, Red Vial Nacional Pavimentada," del proyecto: Licitación Pública N°2009LN-000003-CV. San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
19. Salas Chaves, M., Solórzano Murillo, S., Chaverri Jiménez, J., & Loria Salazar, L. G. (2013). Informe de Auditoría Técnica LM-PI-AT-026-13: "Evaluación de proyectos de Conservación Vial, Red Vial Nacional Pavimentada," del proyecto: Licitación Pública N°2009LN-000003-CV". San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.

Informe final LM-PI-AT-140-15	Febrero, 2016	Página 63 de 91
-------------------------------	---------------	-----------------



20. Salas Chaves, M., Solórzano Murillo, S., Rodríguez Morera, J., & Loria Salazar, L. G. (2013). Informe de Auditoría Técnica LM-PI-AT-083-13: "Deterioros Observados en Tramos Intervenidos Bajo el Contrato de Conservación Vial de la Red Vial Nacional Pavimentada", Licitación Pública N°2009LN-000003-CV. San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
21. Salas Chaves, M., Rodríguez Morera, J., Sequeira Rojas, W., & Loria Salazar, L. G. (2014). Informe de Auditoría Técnica: LM-PI-AT-031-14 Prácticas Constructivas en Obras de Conservación Vial de la Red Vial Nacional Pavimentada Licitación Pública N°2009LN-000003-CV". San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
22. Salas Chaves, M., Rodríguez Morera, J., Sequeira Rojas, W., & Loria Salazar, L. G. (2014). Informe de Auditoría Técnica: LM-PI-AT-072-14 "Valoración General de la Licitación Pública N°2009LN-000003-CV Recomendaciones sobre Prácticas Constructivas en Proyectos de Conservación Vial". San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR
23. Unidad de Auditoría Técnica LanammeUCR (2014). Guía para inspectores bacheo formal con mezcla asfáltica en caliente. San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.

EQUIPO AUDITOR		
Preparado por: Ing. Mauricio Salas Chaves Auditor Técnico	Preparado por: Ing. Sergio Guerrero Aguilera Auditor Técnico	Preparado por: Ing. José David Rodríguez Morera 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



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

ANEXOS



ANEXO A. ANÁLISIS DE FATIGA PARA ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO CONSIDERANDO CONDICIÓN DE NO ADHERENCIA ENTRE CAPAS.

Caso A. Se simuló una estructura de pavimento existente típica considerando una condición de deterioro con severidad baja a la cual se le colocó una sobrecapa asfáltica de 5 cm.

Se determinaron deformaciones a tensión en fibras últimas a tensión de la interfaz entre la nueva capa colocada y la existente así como la fibra última de la capa asfáltica existente, considerando adherencia entre capas y no adherencia.

Posteriormente, se evaluaron las deformaciones estimadas en la ecuación de fatiga del Instituto del Asfalto, se obtuvieron el número de repeticiones permisibles tanto para la condición ligada como no ligada.

$$N_f = 0.0796(\varepsilon_t)^{-3.291} * E^{-0.854}$$

Donde,

N_f = número de repeticiones de carga admisibles previo a la falla por fatiga

ε_t = Deformación a tensión fibra analizada (micrones)

E= Módulo de carpeta (psi)

Por último, se determinó el porcentaje de variación de las repeticiones de carga estimadas para una condición de no adherencia entre capas respecto al número de repeticiones de carga para la condición donde se garantiza adherencia entre capas. Los resultados se muestran en las siguientes cuadros.



Cuadro A. 1. Estructura 1 , sobrecapa de 5 cm sobre pavimento existente.

Diseño	Espesor (cm)	Espesor (in)	Coefficiente estructural	Módulo de resiliencia(psi)	Razón de Poisson
Sobrecapa asfáltica 5 cm	5.00	1.96	0.45	450,000.00	0.35
Carpeta existente 10cm	10.00	3.93	0.35	280,000.00	0.35
Base Granular existente 25 cm	25.00	9.84	0.10	21,000.00	0.4
Subbase Granular existente 30 cm	30.00	11.81	0.70	15,000.00	0.4
Subrasante	-	-		5,000.00	0.45

Cuadro A. 2. Deformaciones a tensión en fibras últimas de capas analizadas y número de repeticiones permisibles según ecuación de fatiga del Instituto del Asfalto

Condición ligada fibra inferior capa existente		Condición desligada fibra inferior capa existente		Condición desligada fibra inferior capa colocada	
ϵ_t interfase	Nf (repeticiones permisibles)	ϵ_t interfase	Nf (repeticiones permisibles)	ϵ_t interfase	Nf (repeticiones permisibles)
3.46E-04	2.91E+05	5.96E-04	4.85E+04	3.79E-04	2.16E+05

Cuadro A. 3. Porcentaje variación vida a fatiga estructura analizada

Condición sobrecapa	Número de repeticiones interfaz sobrecapa pavimento existente	Número de repeticiones interfaz carpeta existente
Condición ligada		291,267.89
Condición desligada	216,081.21	48,499.15
% reducción vida fatiga	25.81%	83.35%



Caso B. Se simuló una estructura de pavimento existente típica considerando una condición de deterioro con severidad baja a la cual se le colocó una sobrecapa asfáltica de 8 cm.

De la misma forma que el caso anterior se estiman los porcentajes de variación para la nueva estructura analizada.

Cuadro A. 4. Estructura 2 , sobrecapa de 8 cm sobre pavimento existente.

Diseño	Espesor (cm)	Espesor (cm)	Coefficiente estructural	Módulo de resiliencia(psi)	Razón de Poisson
Sobrecapa asfáltica 8 cm	8.00	3.15	0.45	450,000.00	0.35
Carpeta existente 10cm	10.00	3.93	0.35	280,000.00	0.35
Base Granular existente 25 cm	25.00	9.84	0.10	21,000.00	0.4
SubBase Granular existente 30 cm	30.00	11.81	0.70	15,000.00	0.4
Subrasante	-	-		5,000.00	0.45

Cuadro A. 5. Deformaciones a tensión en fibras últimas de capas analizadas y número de repeticiones permisibles según ecuación de fatiga Instituto del Asfalto

Condición ligada Fibra inferior capa existente		Condición desligada Fibra inferior capa existente		Condición desligada Fibra inferior capa colocada	
ϵ_t interfase	Nf (repeticiones permisibles)	ϵ_t interfase	Nf (repeticiones permisibles)	ϵ_t interfase	Nf (repeticiones permisibles)
2.74E-04	6.26E+05	4.48E-04	1.24E+05	4.20E-04	1.53E+05



Cuadro A. 6. Porcentaje variación vida a fatiga estructura analizada

Condición sobrecapa	Número de repeticiones interfaz sobrecapa- pavimento existente	Número de repeticiones interfaz carpeta existente
Condición ligada		625,795.56
Condición desligada	153,446.21	124,083.39
% reducción	75.48%	80.17%

Caso C. Se simuló una estructura de pavimento existente considerando la colocación de 25 cm de base granular nueva y 2 capas asfálticas de 5 cm

En este caso se supuso adherencia entre el material granular y capa base granular y más bien se analizó la condición de adherencia entre la capa asfáltica base colocada y la capa de rodadura. De la misma forma que el caso anterior se estiman los porcentajes de variación para la nueva estructura analizada.

Cuadro A. 7. Estructura 3, sobrecapa de 10 cm(dos capas de 5 cm) más base granular de 25 cm.

Diseño	Espesor (cm)	Espesor (cm)	Coefficiente estructural	Módulo de resiliencia (psi)	Razón de Poisson
Capa asfáltica de rodadura 5 cm	5.00	1.96	0.45	450,000.00	0.35
Carpeta base 5cm	5.00	1.96	0.45	450,000.00	0.35
Base Granular existente 25 cm	25.00	9.84	0.14	30,000.00	0.4
SubBase Granular existente 30 cm	30.00	11.81	0.11	15,000.00	0.4
Subrasante	-	-		5,000.00	0.45



Cuadro A. 8. Deformaciones a tensión en fibras últimas de capas analizadas y número de repeticiones permisibles según ecuación fatiga Instituto del Asfalto

Condición ligada Fibra inferior capa existente		Condición desligada Fibra inferior capa base		Condición desligada Fibra inferior capa rodadura	
ϵ_t interfase	Nf (repeticiones permisibles)	ϵ_t interfase	Nf (repeticiones permisibles)	ϵ_t interfase	Nf (repeticiones permisibles)
3.48E-04	2.86E+05	4.92E-04	9.09E+04	5.08E-04	8.23E+04

Cuadro A. 9. Porcentaje variación vida a fatiga estructura analizada

Condición sobrecapa	Número de repeticiones interfaz capa rodadura - capa base	Número de repeticiones interfaz carpeta base
Condición ligada		286,223.34
Condición desligada	82,283.09	90,887.84
% reducción	71.25%	68%

Se muestran a continuación las entradas y salidas del programa WESLEA 3 utilizado para el análisis.

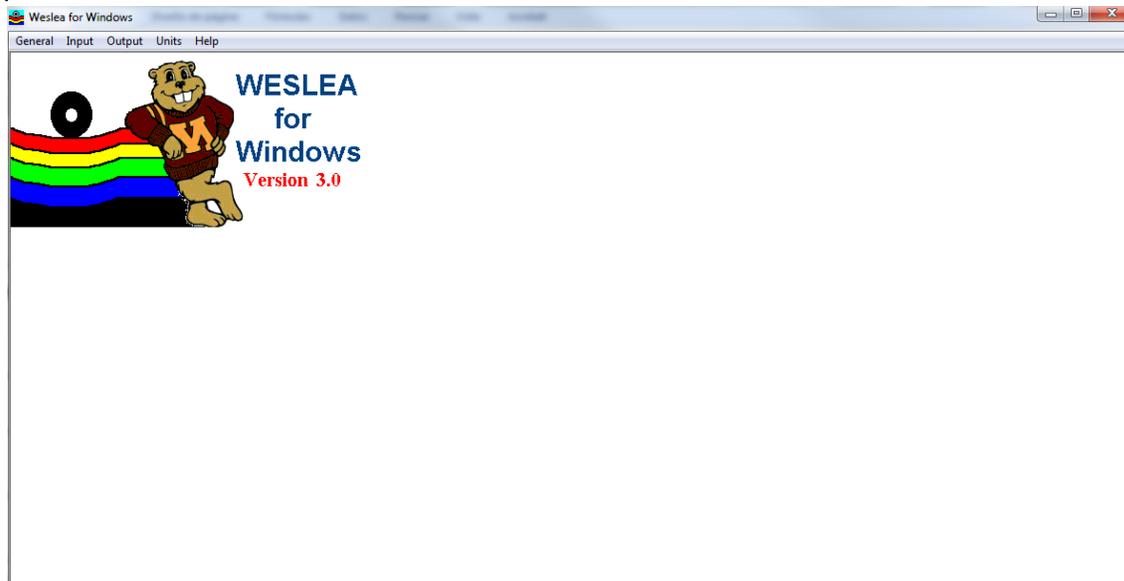


Figura A 1. Interfaz del programa de análisis de pavimentos WESLEA 3.0

Structural Information (F1 for Help)

Number of Layers: 2 3 4 5

	Layer 1	Layer 2	Layer 3	Layer 4	Layer 5
Material Type	AC	AC	GB	GB	Soil
Min Modulus, psi	80000	80000	5000	5000	3000
Layer Modulus, psi	450000	280000	21000	15000	5000
Max Modulus, psi	2000000	2000000	50000	50000	30000
Poisson's Ratio	0.35	0.35	0.4	0.4	0.45
Min - Max	0.15 - 0.4	0.15 - 0.4	0.3 - 0.45	0.3 - 0.45	0.2 - 0.5
Thickness, in.	1.96	3.93	9.84	11.81	Infinite
Slip (0 or 1) 1 = Full Adhesion 0 = Full Slip	1	1	1	1	

OK Cancel

Figura A 2. Parámetro de entrada estructura de pavimentos por analizar. Sección del programa para considerar adherencia entre capas.

Loads (F1 for Help)

Loading Configuration:

Single Tandem Tridem Steer Limit 20

Total Number of Load Applications: 1

Number of Loads in Configuration: 1

Load number: 1 of 1 total loads.

Load Control: Next Load, Previous Load

Location Data: X: 0 in., Y: 0 in.

Load Data: Uniform? Load Magnitude: 9000 lb, Tire Pressure: 100 psi

OK Cancel

Figura A 3. Selección de configuraciones de cargas de tránsito a considerar en el análisis.

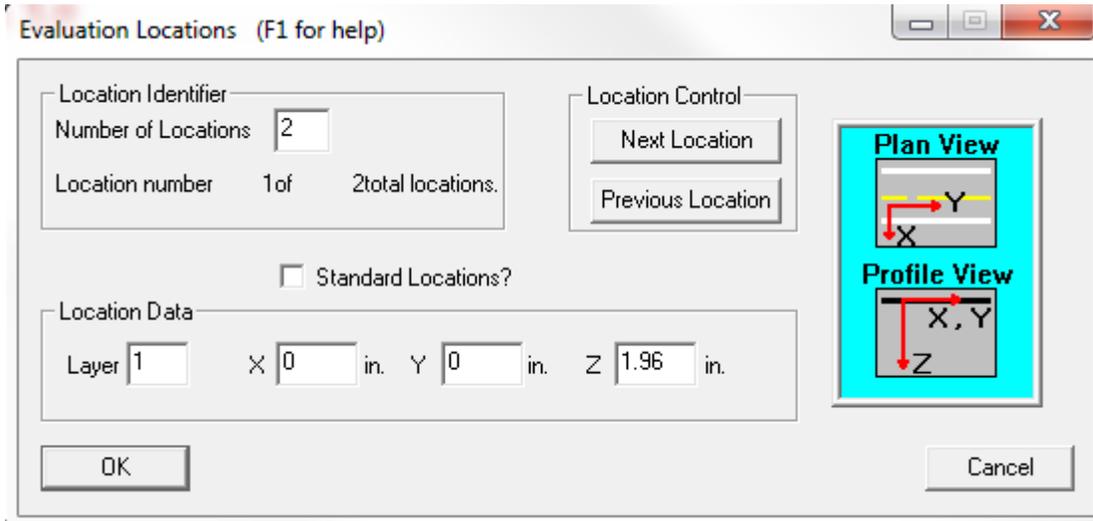


Figura A 4. Selección de puntos de análisis de la estructura del pavimento para obtención de esfuerzos, deflexiones y deformaciones.

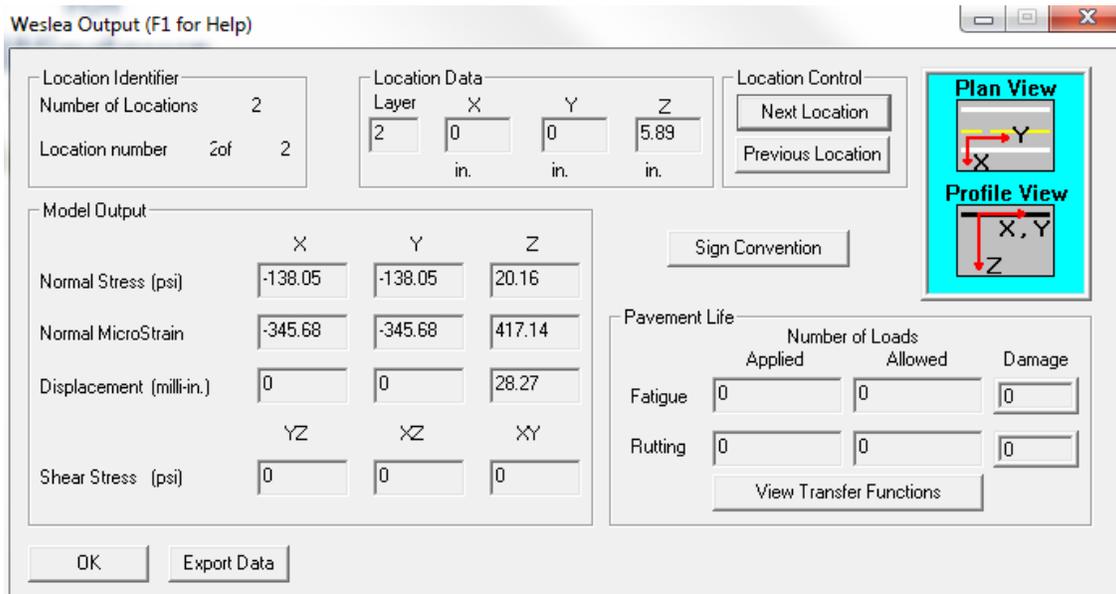


Figura A 5. Salida del programa, respuestas de la estructura del pavimento, obtención deformación a tensión en fibra de análisis.



ANEXO B: Oficio GCSV-70-2016-0145



Universidad de Costa Rica
L A N A M M E

19 ENE 2016

RECIBIDO

Por: *J. Méndez*

San José, 18 de enero de 2016

Gerencia de Conservación de
Vías y Puentes

Tel: 2202-5469 Fax: 2225-4254
cristian.vargas@conavi.go.cr

Al contestar favor referirse al oficio
GCSV-70-2016-0145

Ing. Wendy Sequeira Rojas, M.Sc.
Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica
PITRA - LanammeUCR

Estimada ingeniera:

Asunto de ref.	Aporte de información para complementar el informe preliminar LM-PI-AT-140B-15 remitido mediante oficio LM-AT-149-15.
----------------	---

En respuesta a su oficio LM-AT-149-15, procedemos a remitir observaciones y documentación para que sea valorada dentro del proceso de auditoría sobre el desempeño y la condición de algunas obras de conservación vial, según los señalamientos plasmados en el informe preliminar LM-PI-AT-140B-15.

Se adjuntan para su análisis los oficios de las diferentes ingenierías de proyecto listados en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Documentos adjuntos.

Zona	Documento aportado	Hallazgos relacionados
--	Oficio CRAM-2016-001	1
1-3	Oficio N°DCR-48-2016-0036 e informe adjunto del Administrador Vial de la zona 1-3, número AVLS-003-2016.	4
1-4	Oficio N°DRC-62-2016-0012 e informe adjunto del Administrador Vial de la Zona 1-4, número COFEC(1-4)-006-2016	4
1-5	Oficio N°DRC-32-16-0015	2 y 3
1-8	Oficio N°DRC-41-2016-009	3
2-1	Oficio N°DRCH-22-2016-0005	2
2-3	Oficio N°DRCH-15-2016-0007	2
4-3	Oficio N°DRB-23-2015-0463	1
6-1	Informe del Administrador Vial de la Zona 6-1 número AV(6-1)-2015-0453	3
6-2	Impresión de correo electrónico del ingeniero de la zona del día 17 de Diciembre de 2015	3



A modo más amplio y en complemento a lo señalado por las ingenierías de proyecto en los documentos adjuntos, nos permitimos realizar las algunas observaciones sobre los hallazgos del informe preliminar, y al mismo tiempo nos ponemos en la mejor disposición de aclarar o ampliar cualquier aspecto que considere necesario, a fin de fortalecer el resultado final del proceso de auditoría.

OBSERVACIONES

Hallazgo 1

Debemos recalcar que es ya conocido que las bases estabilizadas con cemento presentan inevitablemente un cierto agrietamiento por contracción¹, sin embargo, estos agrietamientos cuando son clasificados como moderados, leves o muy leves (resistencias cercanas incluso a los 50 kg/cm²) no afectan negativamente ni la vida útil ni el desempeño a largo plazo de la estructura del pavimento².

En el caso de las rutas 238 y 245, es importante hacer notar que los agrietamientos encontrados son puntuales y no una generalidad del proyecto, y no han afectado la funcionalidad de la vía ni proporcionan evidencia de algún problema estructural mayor, aún cuando ambos proyectos se encuentran al final de su vida útil de diseño.

En el caso de la ruta 21, la ingeniería de proyecto actual no se encontraba presente para el momento de la colocación de la base estabilizada, sin embargo vía telefónica han informado de que las grietas que ha aparecido en la ruta corresponden a secciones puntuales y no aparecen a espaciamientos constantes de entre 3 y 7 metros, lo cual sería típico de las grietas por contracción. De manera que podrían tener causas diferentes a las señaladas por la ingeniería de proyecto. Asimismo, son puntuales y no representan una pérdida de funcionalidad para la vía.

De manera que debemos hacer notar que existen algunos factores en sitio que afectan la resistencia de las bases estabilizadas y generan alguna variabilidad en los resultados previstos según el diseño de laboratorio.

Por ejemplo, es conocido que muchas de las rutas nacionales presentan una gran variabilidad de materiales en la estructura del pavimentos (tal y como reafirma el oficio DRB-23-2015-0463 y sus anexos), por lo tanto, a pesar de seguir las buenas prácticas para la elaboración del diseño de base estabilizada, las calicatas y muestreos efectuados arrojan resultados muy variables en cuanto a propiedades de los materiales existentes, los cuales al recuperarse y combinarse con el cemento, producen bases también con características

¹ Reporte de Investigación LM-PI-PV-IN-16B-05 "Desarrollo de leyes de fatiga para bases estabilizadas con cemento". Julio 2005.

² Boletín Pitra Vol2. N°19 Agosto 2011 "Bases estabilizadas con cemento".





variables, sin embargo se hace todo el esfuerzo por proporcionar diseños apropiados para las condiciones encontradas por medio de las calicatas.

Adicionalmente, existen casos donde estas condiciones se ven amplificadas por la existencia de capas arcillosas bajo la estructura del pavimento, lo cual incrementa la aparición de grietas en diferentes configuraciones. Estas condiciones son propias de las diferentes zonas del país y muy difíciles de controlar.

Por otro lado, a pesar de estas discrepancias sobre la interpretación del equipo auditor, manifestamos nuestro agradecimiento por toda la información de seguimiento que nos proporcionan sobre los diferentes proyectos, y tomaremos las mejores medidas de preservación aplicables en los casos mencionados, además reiteramos nuestro compromiso con ejecutar siempre obras de alta calidad y en apego a la normativa vigente.

En este sentido cabe resaltar la importancia de medidas como la evidenciada en el oficio CRAM-2016-001, tendientes a actualizar y mejorar las especificaciones técnicas en la materia, en especial sobre el tope de resistencia para las bases estabilizadas, elemento omiso en la normativa vigente.

Tal y como se ha indicado, se adjuntan documentos DRB-23-2015-0463 y anexos, así como el oficio CRAM-2016-001 para su análisis.

Hallazgo 2

Sobre este hallazgo debemos aclarar que existen diferencias significativas entre los proyectos mencionados dentro de este apartado.

Por un lado, existen se encuentran dos proyectos donde efectivamente se tomó la decisión de realizar intervenciones para mejorar la seguridad y confort de la ruta, a pesar de que se conoce que requieren una intervención de mayor envergadura. Estas decisiones se sustentan en la necesidad de brindar condiciones adecuadas de transitabilidad a la ruta, a pesar de que desde el punto de vista de desempeño no se espera que presenten resultados óptimos, es decir, se sacrifica el desempeño por el bienestar de los usuarios.

Específicamente para explicar este fenómeno, se adjunta oficio DRC-32-16-0015 y sus respectivos anexos.

Por otro lado, se muestran deterioros como los mostrados para las rutas 917 y 254, en las cuales se han colocado carpetas asfálticas delgadas, intervenciones que concuerdan con las estrategias de mantenimiento recomendadas en el Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional del LanammeUCR, las cuales corresponden a mantenimiento para recuperación de IRI y mantenimiento de preservación respectivamente.



Informe final LM-PI-AT-140-15	Febrero, 2016	Página 75 de 91
-------------------------------	---------------	-----------------



En este sentido, es prudente aclarar que las afectaciones mostradas corresponden a deterioros muy puntuales y no representan la generalidad de la ruta. Sin embargo agradecemos el seguimiento realizado por el equipo auditor y reiteramos nuestra mejor disposición para ejecutar proyectos durables y de alta calidad, sin olvidar que debido a la naturaleza de las condiciones de campo, es imposible eliminar el riesgo de que se presente algún defecto puntual a lo largo de los proyectos, para lo cual recurrimos a medidas correctivas tan pronto y como sea posible.

Se adjuntan para su revisión los oficios DRCH-22-2016-0005 y DRCH-15-2016-0007.

Hallazgo 3

Sobre la evacuación de agua pluviales confirmamos al equipo auditor que programamos dentro de la actividades de conservación de la red vial medidas dirigidas a mejorar el drenaje de aguas pluviales lejos de la estructura de pavimentos, sin embargo, tal y como se desprende de los oficios de los diferentes ingenieros de proyecto (oficios DRC-32-16-0015, DRC-41-2016-009 y AV(6-1)-2015-0453), los ejemplos mostrados corresponden a casos puntuales, sin embargo agradecemos el seguimiento realizado por el equipo auditor y confirmamos que continuaremos con las labores de mantenimiento rutinario previstas.

Específicamente, en la ruta 1 se realizó limpieza de la cuneta en tierra existente y se prevé mantener el mismo tipo de mantenimiento rutinario hasta tanto se ejecute una medida permanente dentro del proyecto de ampliación de la ruta San José-San Ramón.

En el caso de la ruta 415, la ingeniería de proyecto realizó recientemente labores de limpieza de la cuneta revestida existente, de acuerdo al mantenimiento rutinario típico para la zona.

En lo que respecta a la ruta 142, efectivamente se trata de un defecto puntual al que se le dará seguimiento para realizar medidas correctivas cuando corresponda.

Por otro lado, en el caso ilustrado de la ruta 4 la ingeniería de proyecto confirma que el área fue intervenida preliminarmente con técnicas de bacheo de urgencia, y adiciona que se realizó bacheo formal en el mismo punto antes de la emisión del informe preliminar de auditoría técnica. Según se informa en el informe del Administrador Vial de la zona, las labores de canalización de aguas se encuentran programadas para el primer trimestre de 2016.

Este caso particular el criterio más relevante tomado para la intervención mostrada en las fotografías 24 y 25 del informe, fue mejorar la seguridad de los usuarios de la vía en el plazo más corto posible, y al mismo tiempo programar las intervenciones necesarias para prevenir deterioros posteriores.



Informe final LM-PI-AT-140-15	Febrero, 2016	Página 76 de 91
-------------------------------	---------------	-----------------



En general acogemos las recomendaciones del equipo auditor, y mantendremos dentro de nuestras prioridades el manejo adecuado de las aguas pluviales para protección de las vías, sin embargo debemos recordar que por la naturaleza de las labores de mantenimiento, es común encontrar obstrucciones cunetas por depósito de sedimentos en forma natural o artificial (en ocasiones por los mismos vecinos de la zona) las cuales requieren atención periódica; defectos constructivos, los cuales buscamos minimizar; o incluso, insuficiencia de obras de arte para manejo de aguas a lo largo de la Red Vial Nacional, situación que se ha ido minimizando en la medida en que el presupuesto lo ha permitido y cuando la magnitud de la intervención se encuentre dentro de nuestras competencias.

Hallazgo 4

En el caso de este hallazgo se remiten los informes de las diferentes ingenierías de proyecto (DCR-48-2016-0036 y DRC-62-2016-0012) y sus respectivos anexos. Ambos informes son amplios en cuanto a la descripción de cada caso, sin embargo nos permitimos resaltar varios aspectos.

Si bien encontramos de sumo valor el análisis realizado por la auditoría técnica sobre la adherencia entre capas asfálticas y las referencias a proyectos de investigación y manuales extranjeros, desde el punto de vista de una auditoría, debemos hacer notar evidencia importante para el informe preliminar remitido.

En primer lugar y con respecto a la Ruta 707, se presenta la evidencia fotográfica de dos núcleos de mezcla asfáltica, sin embargo no hay evidencia de deterioros prematuros en la ruta, por lo cual nos parece inadecuado incluir este caso dentro del hallazgo 4.

Por otro lado, para la ruta 228, la ingeniería de proyecto menciona la pendiente y geometría de la ruta como un factor desencadenante para los deterioros mostrados por el equipo auditor, lo cual consideramos que debe ser tomado en cuenta para valorar las aseveraciones y conclusiones que se muestran en el informe.

Por otro lado, al final de la página 47 se menciona la existencia de capas inferiores a 3cm que podrían corresponder al uso de traba, sin embargo, la traba o polveado corresponde a una capa muy fina, por lo que la aseveración parece tener bases inciertas.

En el caso específico de la ruta 712 encontramos que el deterioro mostrado no corresponde necesariamente al riego de liga aplicado en el proyecto, pues más del 99% de la ruta se muestra sin defectos. Si bien no se ha determinado con certeza la naturaleza del defecto, por las características que presente, bien podría deberse a propiedades de la mezcla asfáltica, probablemente de la vagoneta o bache que fue colocado en ese punto, y que no



Informe final LM-PI-AT-140-15	Febrero, 2016	Página 77 de 91
-------------------------------	---------------	-----------------



se hubiese reflejado en los muestreos de verificación de calidad aleatorios que se realizaron para el proyecto.

Por lo anterior, sugerimos al equipo anterior que realice análisis adicionales para este hallazgo, o bien que enfoque la evidencia bajo una óptica más abierta, y no necesariamente ligando los casos puntuales al riego de ligante, pues no hay evidencia de que el riego de liga sea la causa que los originó.

PETITORIA:

Con base en los documentos aportados y en lo indicado en este oficio, solicitamos respetuosamente al menos los siguientes cambios puntuales en el informe LM-PI-AT-64B-15:

HALLAZGO 1

- Eliminar en el segundo párrafo de la página 20 la mención a que las grietas en la base estabilizada llegan a reflejarse a través de la mezcla asfáltica en un corto plazo, pues como se ha indicado, los agrietamientos mostrados se dan hacia el final de la vida útil de diseño para el proyecto, por lo cual es aventurado calificar este fenómeno como de corto plazo, por el contrario, corresponde a un fenómeno concordante con la literatura técnica relacionada con el uso de bases estabilizadas.
- Modificar segundo párrafo de la página 22, específicamente el señalamiento "...este tipo de agrietamientos pueden ser controlados desde el proceso constructivo, tal y como se nota en gran parte del proyecto rehabilitado", pues esta afirmación no corresponde con la naturaleza del proyecto, y consideramos que por el contrario, la presencia de pocos agrietamientos corrobora que el diseño aplicado se ajustó razonablemente a las condiciones existentes, y que pese a las características complejas de heterogeneidad de los materiales recuperados, se logró ejecutar un proyecto que ha mantenido su funcionalidad para todo el periodo de diseño.

HALLAZGO 2

- Revalorar la redacción del último párrafo de la página 33, pues parece indicar que no se ha determinado a nivel institucional cuál es la mejor intervención a nivel de desempeño estructural para las diferentes rutas, lo cual no obedece a la realidad. Para las intervenciones que realiza esta Gerencia, se toma como referencia el informe de Evaluación de la Red Vial Nacional elaborado por el LanammeUCR, sin embargo esta información no exime la necesidad de asegurar una adecuada transitabilidad y seguridad de las rutas nacionales, lo cual en ocasiones obliga a realizar intervenciones paliativas a la espera de los mecanismos necesarios para realizar intervenciones más profundas, mecanismos que deben ser provistos por la alta Administración.



Informe final LM-PI-AT-140-15	Febrero, 2016	Página 78 de 91
-------------------------------	---------------	-----------------



Adicionalmente existen deterioros que obedecen a la naturaleza variable de los procesos constructivos, y no tienen relación con el tipo de intervención programada para cada ruta.

HALLAZGO 3

- Incluir junto con las observaciones puntuales a cada ruta mención a las obras que ya han sido atendidas en el periodo de la auditoría, a saber: limpieza de cunetas en tierra en la Ruta 1, limpieza de cunetas revestidas en la Ruta 415 y así como bacheo formal y programación de obras de canalización de aguas pluviales en la Ruta 4.
- Variar en el último párrafo de la página 36, la afirmación de que la deficiencia puntual en la ruta 142 de muy poca área *"podría convertirse en un deterioro importante luego de una inversión considerable"*, cuando en realidad lo que podría llegar a ocurrir es una deterioro acelerado de un área menor a 1m², lo cual se corregiría con bacheo sin afectar en forma "importante" la inversión realizada. Si bien es cierto debe procurarse minimizar la presentación de fenómenos de este tipo, aclaramos que para esos efectos precisamente es que existen los mecanismos de corrección de defectos, pues es previsible que en proyectos de construcción se presenten pequeñas fallas que deban ser subsanadas posteriormente.
- Variar en el último párrafo de la página 37 la observación de que *"la fuente del deterioro no se eliminó"*, pues la atención del caso aún no se ha dado por concluida por parte de la ingeniería de proyecto. Solicitamos respetuosamente que se incluya una salvedad con base en lo indicado en oficio AV (6-1)-2015-0453 como por ejemplo: *"la fuente del deterioro no se eliminó en el periodo de esta auditoría"*, o *"la fuente del deterioro no ha eliminado a la fecha"*.

HALLAZGO 4

- Remover el caso de la ruta 707 del hallazgo o modificar el título del mismo, pues en esa ruta no se muestra evidencia de deterioros prematuros. En caso de que deseen mantener el caso de esta ruta dentro del informe, solicitamos reenfocar completamente su descripción, pues se induce equivocadamente a interpretar que la ruta muestra deterioros que en realidad no se observan.
- Eliminar la última frase de la página 45, que indica *"Se observaron fisuras alrededor bache asociadas al deslizamiento entre capas mencionado, deficiencia que evidentemente no fue solucionada con el bacheo"*, pues se da a entender que se realizó un bache que no abarcó la totalidad de la zona deteriorada, cuando bien las fisuras pudieron surgir en una fecha posterior al bacheo.
- Sugerimos modificar el enfoque completo del hallazgo, pues se encuentran agrupados diferentes casos con causas variadas o incluso indeterminadas, por lo cual sugerimos mayor análisis de los casos mostrados.



Informe final LM-PI-AT-140-15	Febrero, 2016	Página 79 de 91
-------------------------------	---------------	-----------------



- Reiteramos la solicitud planteada verbalmente el 17 de diciembre de 2015 y mediante oficios adjuntos de la ingeniería de proyecto de la zona 1-4, para realizar una investigación técnica sobre los esfuerzos de cortante entre capas recomendados para la aceptación de los trabajos de conservación vial, así como las sugerencias asociadas para su medición en campo o en laboratorio.
- Adicionalmente retomamos la solicitud planteada en julio de 2015 y reiterada en oficio adjunto de la ingeniería de proyecto de la zona 1-3, para realizar un estudio sobre las alternativas para minimizar el levantamiento del riego de liga durante la colocación de mezcla asfáltica por las vagonetas. Si bien en el documento técnico "Buenas Prácticas Constructivas en la Aplicación de Riego de Liga para la Colocación de Sobrecapas Asfálticas" se menciona el tiempo de rompimiento de la emulsión como única medida para prevenir este problema, las observaciones hechas en campo sugieren que pueden ser necesarias medidas adicionales.

Tal y como hemos manifestado en oficios GCSV-70-2015-2654 del 3 de julio anterior y GCSV-70-2015-4910 del 04 de diciembre anterior, reiteramos la disposición del personal de la Gerencia para atender las consultas del equipo auditor en los días cercanos a sus visitas a proyectos, e incluso a acompañarles en sus inspecciones de campo o en visitas posteriores a la inspección inicial.

Consideramos que lo anterior podría enriquecer el proceso de auditoría, aportar mayor información, o incluso permitir medidas correctivas tempranas cuando sean necesarias.

Atentamente;



Ing. Cristian Vargas Calvo
Gerente de Conservación de Vías y Puentes

c.c: Lic. Reynaldo Vargas Soto Auditoría Interna
 Ing. Benjamin Sandino González Coordinador Comisión Auditorías Externas
 Ing. Sarita Monge Conejo Gerencia de Conservación de Vías y Puentes
 Ing. Luis Guillermo Loria Salazar PITRA-LanammeUCR



CVC/smc





ANEXO C: Análisis de oficio GCSV-70-2016-0145

De acuerdo con los procedimientos de esta auditoría técnica del PITRA - LanammeUCR, este informe en su versión preliminar LM-PI-AT-140B-15 fue remitido a la Administración el día 1 de diciembre de 2015, para que fuese analizado. A partir de esta fecha se le otorgó un plazo a la Administración para que se refiriera al informe preliminar de forma escrita, plazo que fue ampliado por solicitud de la Gerencia mediante oficio GCSV-70-2016-0030 con fecha de 6 de enero del 2016 para que la documentación fuese aportada el 18 de enero del 2016. Se realizó la presentación del informe el día 17 de diciembre del 2015. El día martes 19 de enero de 2016, se recibió el documento de descargo por parte de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, Oficio GCSV-70-2016-0145, emitido por el Ing. Cristian Vargas Calvo en su calidad de Gerente. Este oficio fue analizado por el equipo auditor y considerado para realizar aclaraciones y mejoras al informe con el fin de que sea de mayor claridad para la Administración.

A continuación se detalle el análisis del descargo para cada hallazgo.

Hallazgo 1

Es importante señalar que el objetivo del hallazgo 1 es principalmente dar a conocer a la Administración la aparición de grietas en proyectos que han sido rehabilitados por medio de actividades de conservación vial. En su redacción se expone claramente que en los proyectos mostrados, los patrones de agrietamiento se presentan en algunos tramos y no son representativos de la totalidad de dichos proyectos. Por otro lado, se da a conocer a la Administración factores que pueden influir en la aparición de estos agrietamientos (no se indica la causa precisa por la que se presentaron, ya que no existe evidencia clara para los casos específicos mostrados), con el fin de que se consideren en futuros proyectos y esto contribuya a mejorar la durabilidad de las obras. Además de esto, el hallazgo ha sido claro en que se han tomado medidas correctivas por parte de las ingenierías de proyecto, esto luego de la ocurrencia de agrietamientos puesto que se han logrado observar debidamente selladas la mayoría de las grietas encontradas por el equipo auditor.

Es claro para el equipo auditor que gran parte de la longitud de los proyectos mostrados no presentan agrietamientos por contracción y que actualmente no presentan problemas estructurales ni de funcionalidad en su mayoría, a pesar de que ya han pasado al menos 4 años de su rehabilitación. Sin embargo, el equipo auditor como parte de su función de fiscalización estimó necesario informar a la Administración de la presencia de estos deterioros, como muestra de situaciones que pueden ser mejoradas en futuros proyectos, principalmente porque los efectos de agrietamiento pueden reflejarse algunos años después y no de manera inmediata como para aplicar las garantías existentes en los

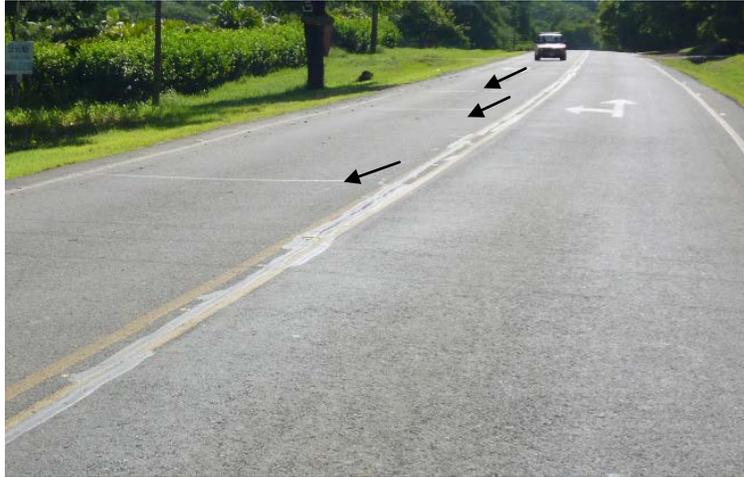
Informe final LM-PI-AT-140-15	Febrero, 2016	Página 81 de 91
-------------------------------	---------------	-----------------



contratos, y en algunos casos podrían ser situaciones que pueden mejorarse desde el proceso constructivo.

Se debe mencionar que cuando se indica en la página 20 del informe que " *...Se debe tomar en cuenta que este tipo de agrietamientos pueden ser controlados desde el proceso constructivo, tal como se nota en gran parte del proyecto rehabilitado...*", precisamente se refiere a que en la mayor parte de la longitud de los proyectos mostrados se logra observar que se pudo controlar el agrietamiento de forma positiva, asumiendo que se logró controlar aspectos como resistencia y curado, a pesar de las variaciones de condición de materiales que pudieron existir en el proceso de diseño y constructivo. Precisamente, la condición buena de la mayor parte de los proyectos rehabilitados mencionados en este hallazgo corroboran que es posible controlar el agrietamiento por contracción, más aun siendo resistencias correspondientes a una base estabilizada BE-25. En la medida que se pueda evitar el agrietamiento por contracción, es deseable hacerlo y se puede lograr con diseños apegados a la realidad existente a lo largo de todo un proyecto y procesos constructivos precisos de acuerdo a las técnicas ya conocidas, aspectos básicos que se pretende resaltar en la labor de estabilización de materiales buscando condiciones óptimas.

Por otro lado, para el caso de la ruta 21 se debe mencionar que efectivamente como lo indica el ingeniero de proyecto, no son casos de agrietamiento que se presenten en la totalidad del proyecto y que son casos puntuales. Además, como lo indica el informe, algunos agrietamientos corresponden a otro tipo de fallas en la estructura promovidos por causas independientes de la base estabilizada. Sin embargo, se debe considerar que efectivamente el equipo auditor logró observar algunos tramos con agrietamientos típicos de contracción de bases estabilizadas como lo son las grietas transversales consecutivas. Se recalca que se encontraban debidamente selladas y que efectivamente no provocaban efectos negativos en la regularidad superficial de la capa de ruedo por el momento. Se adjunta una fotografía adicional del sitio donde se observan agrietamientos transversales continuos.



Fotografía A1. Agrietamiento transversal provocado por contracción de la base estabilizada con cemento. Ubicación: Ruta 21, Tramo: Pueblo Viejo - Río Morote, Sección de control 50160, Km 1+500 desde la intersección con Ruta 18 en Pueblo Viejo. Fecha: 19 de agosto de 2015. Fuente: LanammeUCR.

En cuanto al reflejo de grietas, el informe menciona que el agrietamiento se llega a reflejar en la capa de ruedo a corto plazo, dependiendo del espesor colocado, se refiere a casos en general y no específicamente a los casos mostrados. Sin embargo, se indica esta consecuencia porque existe el riesgo que esto se presente, y más aun si lo que se coloca en la superficie es un tratamiento superficial, cuyo caso se empezó a presentar leve y puntualmente desde finales del año 2013 en la ruta 245, tal y como menciona el informe. De acuerdo con esto, se modificará el segundo párrafo del hallazgo para evitar una mala interpretación, y que no se entienda que en los casos mostrados se presentaron deterioros prematuros, pero sí deterioros que pueden ser controlados y minimizados.

Finalmente, se debe considerar que en un proceso de ganancia de resistencia en una base estabilizada con cemento se presentan efectos de contracción, y entre mayor resistencia se busque, esos efectos son de mayor magnitud. Este efecto de contracción debe ser controlado para que posibles fisuras, no se conviertan en grietas que se vayan a reflejar en la superficie de la capa de rodamiento colocada encima de la base. La aparición de grietas en la superficie es un indicador de una situación que puede ser mejorada en el proceso constructivo, y aunque se tomen medidas correctivas y adecuadas, como sellos de estas grietas y no presenten graves problemas estructurales ni de funcionalidad de la carretera, son efectos que se van agravando con el tiempo y es deseable controlarlos en el momento preciso de su construcción.

En este sentido, concordamos con la posición expresada por la ingeniería de proyecto la cual se basa en los documentos acerca de estabilización de bases con cemento publicados por el LanammeUCR, donde se menciona la aparición de fisuramiento como proceso natural del curado del concreto. Asimismo, aprovechamos para señalar que la



afectación del fisuramiento en la durabilidad de la estructura de pavimento se encuentra en función de la severidad de la grieta. Esta severidad está a su vez categorizada de acuerdo a su magnitud. Sobre esto, es importante tomar en cuenta que en manuales de deterioros se catalogan como grietas importantes las que poseen una abertura entre 3 mm (Catálogo de deterioros de pavimentos flexibles de Vol 11 del Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica, 2002) y 6 mm (*Distress Manual Identification Manual FHWA-RD-03-31, 2003*), las cuales deben ser atendidas para evitar la progresión de deterioros en el pavimento y en consecuencia, mejorar la durabilidad.

Por otro lado, la categorización de severidad también está definida por la densidad de grietas en un tramo definido. Es decir, el número de grietas en un segmento de la ruta.

Hallazgo 2

Se debe aclarar que en el hallazgo 2 se explica que los deterioros prematuros encontrados en las rutas mencionadas son puntuales y no representan la totalidad de los tramos intervenidos. Los tramos mencionados en los que se observó mayor afectación, son los casos de la Carretera Bernardo Soto, secciones que fueron atendidas por actividades de Conservación Vial entre el paso a desnivel del Coyol y el Puente sobre el Río Grande, en la ruta nacional 1.

De acuerdo con el descargo recibido, el equipo auditor comprende la rigurosidad del último párrafo del hallazgo respecto a la durabilidad de las obras, siendo que en la mayor parte de los casos mostrados no se presentan deterioros en la totalidad de los tramos intervenidos. Sin embargo sí se advierte, tal y como lo dice el informe, que el desarrollo de deterioros nuevos como los observados prematuramente, podrían presentarse a corto plazo, por lo que para el equipo auditor es considerado importante informarlo a la Administración y que se puedan tomar medidas preventivas que permitan tomar precauciones antes de que pueda afectarse mayormente la estructura.

En este sentido, se modificó la redacción del último párrafo del hallazgo con el fin de que se enfoque claramente la idea del hallazgo y además se recalcó en cada caso que se trata de situaciones puntuales, que deben considerarse como una alerta para un monitoreo del resto de la vía intervenida.

En cuanto a la documentación aportada, es importante saber que en algunos casos ya se han tomado y se tomarán medidas correctivas para los deterioros observados, en cuyo caso, es parte del objetivo del hallazgo.

En el caso de la Carretera Bernardo Soto, es de suma importancia conocer la documentación que respalda la decisión tomada como solución paliativa. Sin embargo es

Informe final LM-PI-AT-140-15	Febrero, 2016	Página 84 de 91
-------------------------------	---------------	-----------------



claro para ambas partes que resultan obras de poca durabilidad, costosas y que, de acuerdo con la condición existente, deberían ser gestionadas más allá de una decisión de Mantenimiento o Conservación Vial, sobretodo siendo una vía tan importante. Para el equipo auditor, es importante la comunicación de estas condiciones para que sean documentadas y sean parte de una mejora en la toma de decisiones a nivel institucional.

Hallazgo 3

Para los casos mencionados en este hallazgo, debe quedar claro que lo observado es comunicado a la Gerencia, tal y como fue encontrado al momento de la visita, con el objetivo que se puedan tomar medidas correctivas en el proyecto y que se puedan utilizar estas experiencias para la toma de medidas preventivas en futuros proyectos. Por otro lado, es importante que este informe genere una rendición de cuentas a la misma Gerencia de Conservación Vial, de los casos informados, de manera que efectivamente se demuestre el cumplimiento de las actividades necesarias en el contrato para cada zona y cada proyecto en particular. En este sentido, es de suma importancia, tal y como se hizo para algunos casos, que se aportara por parte de las Ingenierías de Proyecto, la documentación que demuestre que se realizaron las mejoras en el proyecto o que se ejecutarán en días posteriores, por lo cual se cumple el objetivo del informe. Cada situación reportada no siempre es considerada por sí sola como un incumplimiento contractual, pero es considerada por el equipo auditor de suma importancia para que sea informada a la Gerencia, principalmente si pudiese generar deterioros en obras ya realizadas.

Respecto a la intervención en la Ruta 142, el hallazgo es claro que se refiere a una deficiencia puntual, sin afectar la totalidad del proyecto y que además se puede recurrir a una corrección por defecto dentro del mismo contrato. Sin embargo, el equipo auditor asume la responsabilidad de informar a la Gerencia, con el fin de que sean considerados este tipo de detalles en el proceso constructivo de este y otros proyectos y que se apliquen las correcciones necesarias para mejorar la calidad de las obras. En este sentido, cabe destacar que la deficiencia se observó por la presencia de agua, pero se insta a que se instruya a los inspectores encargados a que se mida rigurosamente este tipo de detalles con el fin de que se garantice un desempeño adecuado de las obras, considerando además que en muchos casos los deterioros empiezan a ser visibles algunos meses o años después luego que los contratos puedan haber concluido y las responsabilidades de reparación deben ser asumidas por la Gerencia en el futuro.

En el caso de la ruta 4, al igual como se explicó anteriormente, se trata de la comunicación de una condición en el momento preciso de la visita técnica del equipo auditor. Sin embargo, se mejoró la redacción debido a que se escribió la frase "condición

Informe final LM-PI-AT-140-15	Febrero, 2016	Página 85 de 91
-------------------------------	---------------	-----------------



actual" cuando en realidad se hace referencia a la condición del día de la segunda visita al sitio.

Hallazgo 4.

Caso Ruta 707

En relación a la solicitud de eliminar el caso de la Ruta Nacional 707 del informe, el equipo auditor reafirma el criterio establecido en el informe.

Es importante aclarar que en ningún punto el informe preliminar LM-PI-AT-140B indica que la ruta 707 cuenta con deterioros prematuros, sino más bien el propósito de incorporar el caso de la ruta 707 busca evidenciar que el desempeño de la ruta puede verse comprometido producto de una práctica constructiva inadecuada como lo es una aplicación del riego de liga insuficiente al no cubrir homogéneamente el área total en la colocación de la sobrecapa. Lo anterior debido a que las evidencias encontradas con los núcleos extraídos específicamente en el tramo comprendido en los estacionamientos 0+800 y 0+900 de la Ruta Nacional 707 medidos desde el mercado Municipal de Atenas, donde se registró el riego de liga no uniforme previo, demuestran que en esa sección puntual, no existe una adecuada adherencia entre las estructura de pavimento existente y la sobrecapa asfáltica colocada, de manera que hay una afectación directa en la eficiencia de transmisión de esfuerzos a la estructura de pavimento. Por lo tanto, como se menciona textualmente en el Hallazgo 4 "la sección de la ruta donde se evidenció la aplicación de riego de liga con cobertura parcial, hace que sea vulnerable a la aparición de deterioros prematuros y a una reducción de su vida útil, pese a no tener una carga de tránsito considerable".

Además, cabe reiterar que el informe menciona que es únicamente una sección de la ruta donde se evidenció el riego de liga no uniforme la cual corresponde al sitio donde se extrajeron núcleos desligados de la capa subyacente. Este punto fue aclarado a la Administración durante la presentación preliminar del informe realizada el día 17 de diciembre de 2015. Además, durante la comunicación oral del informe se mencionó la importancia de contemplar el caso de la ruta nacional 707 dentro del enfoque del hallazgo, lo cual se ejemplificó con la simulación de estructuras ligadas y desligadas mediante el anexo "Análisis de fatiga para estructuras de pavimento considerando condición de no adherencia entre capas". En relación a la modificación del título el equipo auditor considera conveniente realizar la modificación del título del hallazgo con el fin de aclarar que el enfoque del hallazgo no se centra únicamente en evidenciar deterioros prematuros producto de problemas de adherencia, sino también de señalar tramos de carretera cuyo desempeño es vulnerable o puede verse comprometido a la aparición de deterioros

Informe final LM-PI-AT-140-15	Febrero, 2016	Página 86 de 91
-------------------------------	---------------	-----------------



producto de inadecuadas prácticas constructivas asociadas a la actividad de riego de liga. Se modifica el título del hallazgo a: **"Se han evidenciado problemas de adherencia en algunos tramos de sobrecapas asfálticas colocadas en proyectos de conservación vial"**.

En la página 39 del informe con el fin de brindar claridad al caso presentado se agregará el siguiente párrafo

" Cabe mencionar que a la fecha de la evaluación no se habían registrado deterioros en la ruta, por lo que se recomienda monitoreo a la sección de la ruta con el problema registrado con el fin de evaluar el desempeño de la misma, por lo que se realizará".

Caso Ruta 712

Referente a la observación realizada por la Administración en el oficio GSV-70-2016-0145 donde se indica textualmente "En el caso específico de la Ruta 712 encontramos que el deterioro mostrado no corresponde necesariamente al riego de liga aplicado en el proyecto, pues más del 99% de la ruta se muestra sin defectos"

El equipo auditor desea aclarar que en ningún punto del informe se menciona que los problemas de adherencia encontrados en esa sección son un problema generalizado de la ruta. Por el contrario, el hallazgo 4 menciona en el primer párrafo de la página 47 que los deterioros encontrados son casos puntuales en una sección del proyecto.

Por otro lado, la evidencia registrada a lo largo de los meses en los cuales se realizó la auditoría técnica brinda un panorama claro sobre los problemas de adherencia en la interfaz de la sobrecapa colocada y las capas inferiores de la estructura de pavimento presentados en la sección donde se encontraron y se monitorearon los deterioros. La extracción de núcleos donde se evidenció una separación de la capa asfáltica colocada, así como el monitoreo del desplazamiento de mezcla a lo largo del periodo auditado, son evidencias suficientes y claras para determinar que existen problemas de adherencia en la sección previamente indicada. Además de la evidencia presentada, el tipo de deterioro encontrado (delaminación y el desplazamiento de mezcla) está internacionalmente asociado a prácticas inadecuadas en la aplicación del riego de liga. Esto se menciona en el último párrafo de la página 37 del informe:

*"Por último, en el presente hallazgo, se menciona el caso de otras rutas adicionales como la 218 y 712. En estas rutas se evidenciaron **deterioros asociados a una pobre adherencia en la interfaz de la estructura de pavimento existente y las sobrecapas asfálticas**. Pese a no poseer registro de riegos de ligante asfáltico no uniformes o con*

Informe final LM-PI-AT-140-15	Febrero, 2016	Página 87 de 91
-------------------------------	---------------	-----------------



cobertura parcial, estos fenómenos están estrechamente relacionados entre sí, tal como se explica en la literatura nacional e internacional sobre el tema."

Por lo tanto es importante señalar que respecto a las aseveraciones realizadas por la ingeniería de proyecto de la zona 1-4 en el oficio DRC-62-2016-0012, el equipo auditor reitera que el contenido del Hallazgo 4 está fundamentado en evidencias reales constatadas en sitio, además del respaldo técnico en literatura internacional. Por lo tanto el caso de la Ruta Nacional 712 no responde a criterios sin fundamento como se indica en el oficio previamente referido.

Se debe indicar que las reparaciones del área en la cual se evidenciaron deterioros fueron realizadas durante el transcurso de la auditoría que, como se indicó en el informe, forman parte de las reparaciones realizadas como garantía de los trabajos ejecutados por la Administración. Adicionalmente, esta auditoría técnica conoce que los nuevos deterioros generados producto del desplazamiento de mezcla, ya han sido notificados a la empresa contratista por parte de la Administración según el oficio DRC-62-2016-0012 con el fin de ejercer la garantía de los trabajos ejecutados.

Caso Ruta Nacional 228

Con relación al caso presentado en la Ruta Nacional 228, el oficio GCSV-70-2016-1045 menciona que la pendiente y geometría de la ruta juega un factor desencadenante como posible causa de los deterioros registrados por el equipo auditor. En lo que concierne a esta observación, el equipo auditor comparte el criterio mencionado por la ingeniería del proyecto al considerar el grado de inclinación y geometría de una ruta como un factor contribuyente a la generación de este tipo de deterioros. De acuerdo con esto, el equipo auditor considera de mayor relevancia que se aplique un adecuado riego de liga con cobertura total de la superficie para disminuir la posibilidad de aparición de deterioros por desplazamiento de mezcla asociados a una pobre adherencia entre las capas, principalmente en pendientes importantes donde los esfuerzos cortantes pueden ser mayores. Por lo tanto, el caso de la Ruta Nacional 228 se mantiene según las evidencias presentadas por el equipo auditor.

Además, con el fin de brindar una mayor claridad sobre la posible causa del deterioro se agregará en el segundo párrafo de la página 43 la siguiente anotación.

" Se debe mencionar que las secciones puntuales donde se registraron los deterioros cuentan con pendientes considerables factor que aunado a una pobre adherencia en la interfaz entre la sobrecapa colocada y la estructura del pavimento existente, contribuye a la aparición de este tipo de deterioros".

Informe final LM-PI-AT-140-15	Febrero, 2016	Página 88 de 91
-------------------------------	---------------	-----------------



El oficio AVLS-003-2016 proporcionado por el administrador vial a la ingeniería de proyecto de la zona 1-3, indica que se inició la coordinación con la empresa contratista para la reparación de las afectaciones señaladas en el informe. Estas disposiciones forman parte del objetivo por el cual el equipo auditor decidió informar sobre estas condiciones.

Por otro lado en respuesta a la solicitud oral realizada por la Administración durante la comunicación del informe preliminar LM-PI-AT-140B-15 el día 17 de diciembre de 2015, se adjunta el cuadro resumen con la cantidad de ensayos realizados en cada una de las rutas evaluadas. Es importante reiterar que como se mencionó anteriormente, el enfoque del informe se centra el desempeño de las intervenciones realizadas dentro de los contratos de conservación vial. Por lo que independientemente de que se hayan registrados casos puntuales de problemas de adherencia o deterioros por desplazamiento de mezcla, las evidencias registradas muestran que no existe un adecuado comportamiento estructural del pavimento (transmisión de esfuerzos) en estos puntos o secciones que a la vez pueden incidir en el desempeño no esperado de las intervenciones realizadas, con la posibilidad de afectar su durabilidad.



Cuadro 1. Resumen de cantidad de ensayos de extracción de núcleos realizados en rutas evaluadas en hallazgo 4 informe **LM-PI-AT-140-15**

Ruta	Sección de control	Longitud evaluada	Núcleos extraídos	Núcleos desligados	Observaciones	Ensayos
707	21263	2.0 km	10	2	Se extrajeron núcleos de mezcla asfáltica a lo largo de la sección control de la ruta, se evidenciaron 2 núcleos desligados en tramo donde equipo auditor registro riego de liga no uniforme, estacionamiento aproximado: kilómetro 0+800 desde el mercado municipal medido en sentido Atenas a Guácimo	I-1312-15.
228	30552 y 30551	10.0 km	12	4	Se extrajeron núcleos de mezcla asfáltica a lo largo de las secciones de control de la ruta, se evidenciaron 4 núcleos desligados. Estacionamientos aproximados: kilómetros: 0+165 medido desde el cruce con la Ruta Nacional 222, en sentido Santa Elena - Corralillo. Sección de control 30552; 6+300, 6+320 y 21+810 medido desde el cruce con la Ruta Nacional 406, en sentido Santa Elena - Corralillo. Sección de control 30551.	I-1312-15
712	21240	8.9 km	11	2	Se extrajeron núcleos de mezcla asfáltica a lo largo de la sección control de la ruta, se evidenciaron 2 núcleos desligados en sección con evidencia de desplazamiento de mezcla. Estacionamiento aproximado: kilómetros 8+750, 8+760 desde cruce con Ruta Nacional 130, Sentido Alajuela - Fraijanes	I-1248-15
218	10342	4.0 km	11	5	Se extrajeron núcleos de mezcla asfáltica a lo largo de la sección control de la ruta, se evidenciaron 5 núcleos desligados en secciones con evidencia de desplazamiento de mezcla y baches abiertos. Estacionamiento aproximado: kilómetros 1+250, 2+250, 4+100, 4+120, 4+150 desde el cruce con la Ruta Nacional 205, Vista de Mar, Sección de control 10342: Vista de Mar (R205) - Hacienda Santa Marta	I-1455-15



Sobre la solicitud realizada verbalmente el día 17 de diciembre de 2015 y mediante los oficios adjuntos de la ingeniería de proyecto de la zona 1-4 para realizar una investigación técnica sobre los esfuerzos cortante entre capas recomendados para la aceptación de los trabajos de conservación vial, el equipo auditor comparte la necesidad de la Administración sobre generar una especificación para determinar un parámetro de aceptación de los esfuerzos cortantes permisibles para garantizar una adecuada adherencia entre capas y por ende una eficiente transmisión de cargas a la estructura de pavimento que permita optimizar el desempeño de las estructuras durante su periodo de vida útil. Para esto, actualmente el LanammeUCR se encuentra trabajando en la implementación de un ensayo que permita medir estos esfuerzos que se presentan al ligar dos capas y generar recomendaciones fundamentadas en estos ensayos y sus resultados. También, respecto a la solicitud planteada en 2015 y reiterada en el oficio DRC-62-2016036 se informa a la Administración, que se continuará con la línea investigativa de la publicación "especial" buenas prácticas constructivas en la aplicación de riego de liga para la colocación de sobrecapas asfálticas" con el fin de evaluar otras alternativas y estudiar las propiedades del material con el fin de disminuir la problemática del arrastre del ligante asfáltico en las ruedas de la vagonetas durante el proceso de construcción de sobrecapas asfálticas.

Es importante señalar, que la documentación aportada por la Administración ha sido de mucha relevancia y validez para el proceso de esta auditoría técnica de forma tal que aporta aspectos adicionales que aclaran muchas situaciones tanto para la parte auditada como para el equipo auditor. En el análisis realizado de la documentación aportada se observan algunas inquietudes e interpretaciones erróneas sobre temas fueron discutidos en la presentación oral del informe, donde se explicó el objetivo y alcance de los hallazgos. Por tal motivo, se aclararon de nuevo algunos aspectos en este anexo y se modifica la redacción en algunos hallazgos, con el fin de que el informe sea claro y pueda ser utilizado como herramienta de mejora en la Administración.