



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



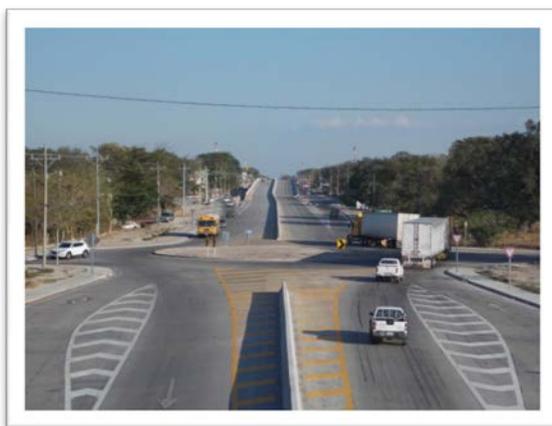
LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Proyecto: LM-PI-AT-034-16

EVALUACIÓN DEL PCI, DE LOS DETERIOROS Y DEL DESEMPEÑO DE LA LOSA DE RODAMIENTO MEDIANTE LOS PARAMETROS DE IRI Y GRIP

***PROYECTO: Ampliación y Rehabilitación de la Ruta Nacional No.
1, Carretera Interamericana Norte, sección Cañas-Liberia. LPI No.
2011LI-000004-ODI00***



Preparado por:

Unidad de Auditoría Técnica



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

San José, Costa Rica
Setiembre 2016

EVALUACIÓN DEL PCI, DE LOS DETERIOROS Y DEL DESEMPEÑO DE LA LOSA DE RODAMIENTO MEDIANTE LOS PARAMETROS DE IRI Y GRIP. LM-PI-AT-034-2016

Cervantes-Calvo, Víctor ¹; Fonseca-Chaves, Francisco ² Hidalgo-Arroyo, Ana³; Salas-Chaves, Mauricio ⁴ y Loría-Salazar, Luis Guillermo ⁵

1. Ingeniero Auditor Técnico. PITRA LanammeUCR
2. Ingeniero Auditor Técnico. PITRA LanammeUCR
3. Ingeniera Auditora Técnica. PITRA LanammeUCR
4. Coordinador a.i. Unidad de Auditoría Técnica PITRA LanammeUCR
5. Coordinador General Programa de Infraestructura del Transporte LanammeUCR

Palabras Clave: PITRA, Cañas Liberia, GRIP, IRI, control de calidad, desempeño.

Resumen: El presente informe presenta los resultados de la evaluación de índice de condición del pavimento (PCI por sus siglas en inglés) del proyecto en el año 2016 mediante imágenes digitales georeferenciadas. Además se desarrollan los temas concernientes a los deterioros observados en el proyecto durante el periodo 2015 y 2016. Finalmente, se evalúa el desempeño de la losa de rodamiento mediante los parámetros de IRI y Grip. En cuanto al IRI el 65.7% presenta algún grado de multa y en cuanto a la fricción se determinó que los valores obtenidos son menores a los recomendados lo que puede ocasionar un aumento en los accidentes de tránsito.

Referencias

1. Barrantes Jiménez, R., Sanabria Sandino, J., & Loría Salazar, G. (2013). *Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica Años 2012-2013*. LanammeUCR, Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA), San José.
2. Calo, D. (2013). Avances en las Características Superficiales de los Pavimentos de Hormigón. *5ª Jornada de Hormigón en Uruguay*, (págs. 9-10). Montevideo.
3. LanammeUCR. (2014). *Manual de Auscultación Visual de Pavimentos de Costa Rica*. San José.
4. MOPT. (1977). *Especificaciones Generales para la construcción de Caminos, Carreteras y Puentes (CR77)*. San José.
5. MOPT. (2010). *Especificaciones Generales para la construcción de Caminos, Carreteras y Puentes (CR2010)*. San José.

Cervantes-Calvo, V., Fonseca-Chaves, F.,Hidalgo-Arroyo A., Salas-Chaves, M.,& Loría-Salazar, L (2016). *Evaluación del PCI, de los deterioros y del desempeño de la losa de rodamiento mediante los parametros de IRI y Grip*. LANAMME, PITRA, San José.

1. Informe Informe de Auditoría Técnica LM-PI-AT-034-16	2. Copia No. 1	
3. Título y subtítulo: EVALUACIÓN DEL PCI, DE LOS DETERIOROS Y DEL DESEMPEÑO DE LA LOSA DE RODAMIENTO MEDIANTE LOS PARAMETROS DE IRI Y GRIP. PROYECTO "AMPLIACIÓN Y REHABILITACIÓN DE LA RUTA NACIONAL NO. 1, CARRETERA INTERAMERICANA NORTE, SECCIÓN CAÑAS-LIBERIA.", LPI NO. 2011LI-000004-0DI00.	4. Fecha del Informe Setiembre 2016	
7. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
8. Notas complementarias		
<p style="text-align: center;">--**--</p> 9. Resumen <p><i>Sobre el Índice de Condición del Pavimento (PCI): al realizar la evaluación del PCI del proyecto se obtuvo una calificación de 92,4 la cual, según criterios internacionales, es considerada como una excelente condición para un proyecto que ya se encuentra en funcionamiento, además cumple con la calificación que se espera para un proyecto nuevo, la cual debe rondar entre 100 - 90.</i></p> <p><i>Sobre a los deterioros de los activos del proyecto: durante las visitas al proyecto se detectaron agrietamientos en taludes revestidos y aberturas entre el talud revestido y el espaldón, las cuales no se han sellado al 20 de julio de 2016 como recomienda la Supervisión mediante oficio 2015-250-SCL.</i></p> <p><i>Sobre a los deterioros de las losas del proyecto: en las giras al proyecto se detectaron agrietamientos en losas en diferentes puntos de la carretera. Estos deterioros fueron informados oportunamente por esta Auditoría a la Unidad Ejecutora mediante oficio LM-AT-142-15. Al 20 de julio de 2016 no han sido reparadas. Según el CR-2010 en la División 500 "Pavimentos de concreto hidráulico" sección 501 "Pavimentos de concreto hidráulico" estos defectos deben ser reparados.</i></p> <p><i>Sobre el Índice de Regularidad del pavimento (IRI): Se realizó un análisis de regularidad superficial utilizando como criterio de evaluación lo indicado en el oficio UE-2014-073, para el cual se obtuvo como resultado que los valores de IRI que se encuentran por encima del valor especificado corresponden a: 2,1% de los tramos se asocia a una multa de 5% del valor de la losa de concreto, el 6,1% de los tramos corresponde a una multa del 10%, el 22,5% de los tramos analizados tiene una multa de 20% y el 35% de los tramos se le asocia una multa del 40%.</i></p> <p><i>Sobre el coeficiente de fricción de la carretera (Grip Number): Los valores obtenidos mediante el ensayo de Grip Number fueron menores a los recomendados en el Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional, en varias secciones de la carretera. Un valor bajo de Grip Number implica una condición deslizante en la carretera que representa un alto riesgo para la seguridad vial de los usuarios.</i></p>		
10. Palabras clave Desempeño GRIP, IRI, PCI, Deterioros.	11. Nivel de seguridad: Confidencial	12. Núm. de páginas 42



**INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA
EVALUACIÓN DEL PCI, DE LOS DETERIOROS Y DEL DESEMPEÑO DE LA LOSA DE RODAMIENTO
MEDIANTE LOS PARAMETROS DE IRI Y GRIP
Ampliación y Rehabilitación de la Ruta Nacional No. 1, Carretera Interamericana Norte,
sección Cañas-Liberia.” LPI NO. 2011LI-000004-0DI00.**

Departamento encargado del proyecto: Unidad Ejecutora de Contrato PIV-1, CONAVI

Laboratorio de verificación de calidad: Consorcio Supervisor de Infraestructura Cacisa & Euroestudios

Empresa contratista: Consorcio FCC-Interamericana Norte

Laboratorio de control de calidad: L.G.C. Ingeniería de Pavimentos S.A.

Monto original del contrato: ₡48.251.641.725,43 (colones),

Monto ampliado del contrato: ₡70.756.759.183,81 (colones),

Plazo original de ejecución: 730 días naturales

Plazo ampliado de ejecución: 1113 días naturales

Longitud del proyecto: 50,610 kilómetros

Coordinador General de Programa de Infraestructura de Transporte, PITRA-LanammeUCR:

Ing. Luís Guillermo Loría Salazar, PhD.

Coordinador a.i. de la Unidad de Auditoría Técnica PITRA-LanammeUCR:

Ing. Mauricio Salas Chaves

Auditores:

Ing. Víctor Cervantes Calvo, Auditor Técnico Adjunto

Ing. Francisco Fonseca Chaves, MBA, Auditor Técnico Líder

Ing. Ana Elena Hidalgo Arroyo, Auditora Técnica Adjunto

Asesor Legal :

Lic. Miguel Chacón Alvarado

Alcance del informe:

El alcance de esta Auditoría Técnica se centró en el análisis de la información recopilada sobre los parámetros de desempeño de IRI (regularidad superficial) y Grip Number (resistencia al deslizamiento) de la losa de rodamiento así como del PCI del proyecto y los deterioros observados durante las visitas.



TABLA DE CONTENIDOS

1. FUNDAMENTACIÓN	8
2. OBJETIVO DE LA AUDITORÍA TÉCNICA	8
3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y UBICACIÓN	9
4. ANTECEDENTES	9
5. METODOLOGÍA DE LA AUDITORÍA TÉCNICA.....	11
6. ALCANCE DE LA AUDITORÍA TÉCNICA.....	11
7. RESPONSABLES DEL PROYECTO.....	11
8. INTEGRANTES DEL EQUIPO DE AUDITORÍA TÉCNICA DEL LANAMMEUCR	12
9. AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME EN SU VERSION PRELIMINAR LM-PI-AT-034B-16.....	12
10. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA	13
A. <i>SOBRE EL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) EN EL PROYECTO .</i>	<i>13</i>
<i>OBSERVACIÓN 1. EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) DE LA VÍA PRINCIPAL DE LA CARRETERA SE ENCUENTRA DENTRO DEL RANGO ESPERADO PARA UN PROYECTO NUEVO.</i>	<i>13</i>
B. <i>SOBRE LOS DETERIOROS OBSERVADOS EN EL PROYECTO</i>	<i>17</i>
<i>OBSERVACIÓN 2. EXISTEN DETERIOROS EN DIFERENTES ACTIVOS DEL PROYECTO QUE NO HAN SIDO REPARADOS A LA FECHA DE INAUGURACIÓN DE OBRA.</i>	<i>17</i>
<i>HALLAZGO 1. SE PRESENTAN DETERIOROS EN DIFERENTES PUNTOS DEL PROYECTO LOS CUALES DEBEN SER REPARADOS SEGÚN EL CR-2010.....</i>	<i>20</i>
<i>OBSERVACIÓN 3. SE HAN DETECTADO ZONAS EN LAS QUE EL MANEJO DE AGUAS PLUVIALES NO ES EL ADECUADO.</i>	<i>26</i>
C. <i>SOBRE EL DESEMPEÑO DE LA LOSA DE RODAMIENTO</i>	<i>27</i>
<i>HALLAZGO 3. EL VALOR DE IRI CALCULADO EN SECCIONES DEL PROYECTO A NIVEL DE LA SUPERFICIE DE RUEDO PRESENTAN VALORES SUPERIORES AL VALOR ESPECIFICADO A NIVEL CONTRACTUAL.....</i>	<i>27</i>
<i>HALLAZGO 4. EL COEFICIENTE DE FRICCIÓN (GRIP NUMBER) DE LA CARRETERA ES MENOR AL MÍNIMO RECOMENDABLE.</i>	<i>34</i>
11. CONCLUSIONES.....	40
12. RECOMENDACIONES	40
13. REFERENCIAS.....	41



ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. RESUMEN DE LOS PRODUCTOS DE AUDITORÍA TÉCNICA EN EL PROYECTO CAÑAS-LIBERIA	10
TABLA 2. CÁLCULO DE PCI PARA CADA UNIDAD DE MUESTRA EVALUADA EN EL PROYECTO.	16
TABLA 3. CALIFICACIÓN DE PCI PARA EL PROYECTO USANDO LOS DOS ESCENARIOS POSIBLES.....	17
TABLA 4. NÚMERO DE TRAMOS DE 200 M, CLASIFICADOS POR RANGO DE PORCENTAJE DE MULTA PARA LOS TRAMOS ANALIZADOS EN LA SECCIÓN DE CALZADA CERRADA AL TRÁNSITO. FUENTE: I-0008-16.....	29
TABLA 5. NÚMERO DE TRAMOS DE 200M, CLASIFICADOS POR RANGO DE PORCENTAJE DE MULTA PARA LOS TRAMOS ANALIZADOS EN LA SECCIÓN DE CALZADA	30
TABLA 6. NÚMERO DE TRAMOS DE 200M, CLASIFICADOS POR RANGO DE PORCENTAJE DE MULTA PARA LOS TRAMOS ANALIZADOS.....	31
TABLA 7. NÚMERO DE TRAMOS DE 200M, CLASIFICADOS POR RANGO DE PORCENTAJE DE MULTA PARA LOS TRAMOS ANALIZADOS, OFICIO LM-AT-038-15.	32
TABLA 8. CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL DEL PAVIMENTO SEGÚN EL GRIP NUMBER.....	35

ÍNDICE DE GRÁFICO

GRÁFICO 1. NÚMERO DE TRAMOS DE 200 M CLASIFICADOS POR RANGO DE PORCENTAJE DE MULTA, CALZADA CERRADA AL TRÁNSITO DURANTE LA REALIZACIÓN DE LA MEDICIÓN. FUENTE: I-0008-16.....	29
GRÁFICO 2. NÚMERO DE TRAMOS DE 200 M CLASIFICADOS POR RANGO DE PORCENTAJE DE MULTA, CALZADA ABIERTO AL TRÁNSITO DURANTE LA REALIZACIÓN DE LA MEDICIÓN. FUENTE: I-0008-16.....	30
GRÁFICO 3. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LOS TRAMOS DE 200 M ANALIZADOS EN 85.400,00 M DE CARRILES DEL PROYECTO. FUENTE : I-0008-16.....	31
GRÁFICO 4. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LOS TRAMOS DE 200 M ANALIZADOS EN 17.800 M DEL PROYECTO. FUENTE: OFICIO LM-AT-038-15.....	33
GRÁFICO 5. COMPARACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE MULTAS DE LOS TRAMOS ANALIZADOS. FUENTE: OFICIO LM-AT-038-15 E INFORME I-0008-16.....	34
GRÁFICO 6. DISTRIBUCIÓN GENERAL CONDICIÓN DE FRICCIÓN PROYECTO CAÑAS LIBERIA SENTIDO: CAÑAS LIBERIA, CARRIL EXTERNO.	36
GRÁFICO 7. DISTRIBUCIÓN GENERAL CONDICIÓN DE FRICCIÓN PROYECTO CAÑAS LIBERIA SENTIDO: LIBERIA- CAÑAS, CARRIL EXTERNO. MEDICIÓN DE DICIEMBRE 2015	37



INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA.

EVALUACIÓN DEL PCI, DE LOS DETERIOROS Y DEL DESEMPEÑO DE LA LOSA DE RODAMIENTO MEDIANTE LOS PARAMETROS DE IRI Y GRIP. PROYECTO DE AMPLIACIÓN Y REHABILITACIÓN DE LA RUTA NACIONAL NO. 1, CARRETERA INTERAMERICANA NORTE, SECCIÓN CAÑAS-LIBERIA.”

LPI NO. 2011LI-000004-0DI00.

1. FUNDAMENTACIÓN

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

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

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

2. OBJETIVO DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

El objetivo de esta Auditoría Técnica realizada en el proyecto “Mejoramiento de la Ruta Nacional No.1, sección Cañas-Liberia”, es dar a conocer a la Administración, desde el punto de vista externo, situaciones derivadas del análisis, con relación al Índice de Condición del Pavimento (PCI) y a los parámetros de desempeño Grip Number e IRI según los ensayos y las visitas realizadas por el equipo de Auditoría Técnica al sitio en el año 2015 y 2016. Es importante mencionar que en documentos anteriores se han comunicado resultados de IRI y Grip Number para este proyecto, siendo realizada la última referencia mediante el informe LM-PI-AT-15-15 del año 2015.

Se procura que este informe sea una herramienta que le permita a la Administración evaluar las condiciones en que se ha venido desarrollando el proyecto de manera que pueda contribuir a la toma de decisiones sobre aspectos que se deben considerar tanto en este proyecto, como en futuras obras viales para que se logren ejecutar de una manera eficiente, minimizando la posibilidad de atrasos en los plazos de conclusión, gastos adicionales que se presenten por aspectos previsibles y buscando siempre la calidad requerida y esperada en las obras de acuerdo con las especificaciones establecidas y que justifique la inversión realizada.



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

3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y UBICACIÓN

El proyecto fue adjudicado el 08 de noviembre de 2011 a la Constructora Consorcio FCC – Interamericana Norte y de acuerdo con el Cartel de Licitación, el alcance del proyecto es que se realicen las actividades constructivas para la ampliación a 4 (cuatro) carriles, (2 (dos) en cada sentido) y la rehabilitación de la carretera existente, de la Ruta Nacional No. 1, Carretera Interamericana Norte, sección Cañas – Liberia, con una longitud de 50,610 kilómetros (cincuenta kilómetros seiscientos diez metros), iniciando en el kilómetro 166+300 (aproximadamente 600 metros antes del Río Cañas) y finaliza en el kilómetro 216+910 (aproximadamente 600 metros después de la Quebrada Piches).

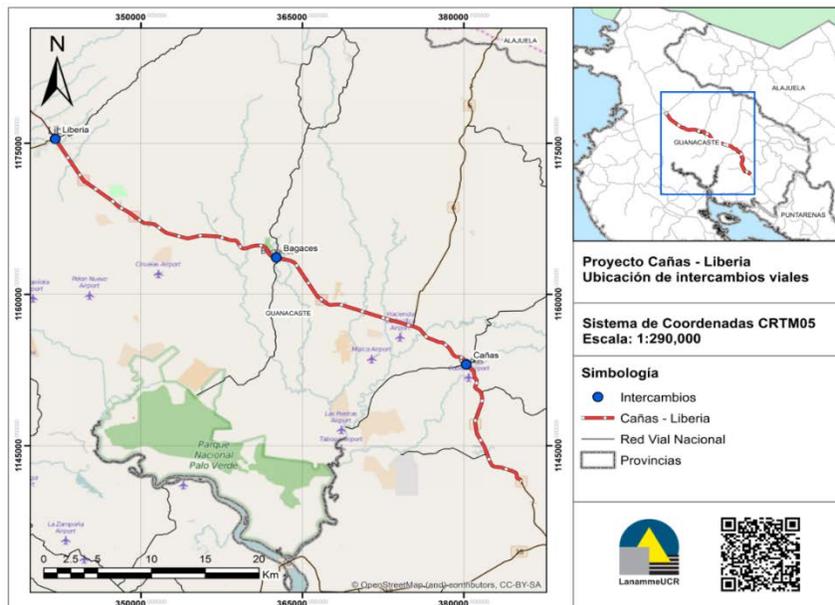


Figura 1. Ubicación del proyecto sobre la Ruta Nacional N°1, sección: Cañas-Liberia

El monto original del contrato es de $\text{¢}48.251.641.725,43$ (colones), y el plazo de ejecución inicial es de 730 días naturales contados a partir de la orden de inicio, que según la Orden de Servicio N° 1, fue el 14 de mayo de 2012. Mediante Orden de Servicio 9 del 10 de diciembre del 2015 se amplía el monto del contrato en $\text{¢}22.505.117.458,38$ (colones), quedando el monto total autorizado en $70.756.759.183,81$ (colones) y según la adenda 2 del 24 de febrero de 2014 el plazo se amplía a 1113 días.

4. ANTECEDENTES



Este informe de Auditoría Técnica forma parte de una estrategia de trabajo que se está desarrollando con el proyecto en mención, en donde se están realizando muestreos de materiales y un monitoreo continuo del proyecto desde el segundo semestre de 2012 y hasta la fecha.

Durante el período de julio a septiembre de 2012, se realizaron los muestreos y ensayos al material de préstamo del proyecto (Tajo Pijije y Tajo Salitral) donde se estaba extrayendo el material en dicho periodo. Posteriormente, en el periodo de enero de 2013 a la actualidad se continuó con el muestreo y ensayo de los diferentes materiales utilizados en el proyecto tales como material de préstamo, material de subbase, base estabilizada y el concreto para el pavimento hidráulico. Además, a manera de antecedentes es importante mencionar que durante ese periodo se realizaron mediciones del perfil longitudinal tanto en secciones del proyecto, iniciando en secciones en base estabilizada y posteriormente en las losas de concreto (superficie de ruedo) para realizar una estimación del índice de regularidad internacional (IRI), los diferentes productos que esta auditoría técnica ha entregado a la Administración con respecto al proyecto en cuestión, en aras de contribuir con el proceso de mejora continua en el desarrollo de proyectos de infraestructura vial del país se enlistan en la Tabla 1.

Tabla 1. Resumen de los productos de auditoría técnica en el proyecto Cañas-Liberia

Fecha de emisión	Nombre	Tipo de documento
Noviembre 2012	LM-IC-D-1373-12: Observaciones al material de préstamo	Nota Informe
Febrero 2013	LM-PI-AT-130-12: Análisis de la calidad del material de préstamo y evaluación del control de tránsito en obra. Periodo: Junio a Noviembre del 2012	Informe Final
Julio 2013	LM-IC-D-0842-13: Valor del IRI medido y calculado por el LanammeUCR en secciones de base estabilizada.	Nota Informe
Julio 2013	LM-IC-D-0843-13: Valor del IRI medido y calculado por el LanammeUCR en secciones de superficie de ruedo (losa de concreto).	Nota Informe
Julio 2013	LM-PI-AT-047-13: Análisis de la calidad del material de préstamo, subbase, base estabilizada y concreto del pavimento. Periodo de muestreo: Enero a Marzo 2013	Informe Final
Enero 2014	LM-PI-AT-066-13: Análisis de la calidad del material de préstamo, subbase, base estabilizada y concreto del pavimento. Periodo de muestreo: Abril a Junio 2013	Informe Final
Febrero 2014	LM-IC-D-0117-14: Análisis de la calidad del material de préstamo, subbase, base estabilizada y concreto del pavimento. Periodo de muestreo: Julio a Octubre 2013	Nota Informe
Mayo 2014	LM-PI-AT-29-14: Análisis general de la calidad del material de préstamo, subbase, base estabilizada y concreto del pavimento rígido. Periodo de muestreo: año 2013.	Informe Final
Enero 2015	LM-AT-01-15: Valor del IRI medido y calculado por el LanammeUCR en secciones de superficie de ruedo (losa de concreto).	Nota Informe
Febrero 2015	LM-PI-AT-62-14: Evaluación de la calidad de los materiales y procesos constructivos proyecto: Diseño y Construcción de 18 Puentes en la Ruta Nacional No. 1, Carretera Interamericana Norte, Sección: Cañas-Liberia"	Informe Final
Febrero 2015	LM-AT-38-15: Cálculo de multas estimado a partir del Valor del IRI medido y calculado por el LanammeUCR en secciones de superficie	Nota Informe



	de ruedo (losa de concreto).	
Marzo 2015	LM-AT-45-15: Análisis del espesor de grietas en las barreras de contención tipo New Jersey	Nota
Noviembre 2015	LM-PI-AT-15-15 Evaluación de la calidad de los materiales, la capacidad estructural y funcional de la losa de rodamiento y aspectos constructivos.	Informe Final

5. METODOLOGÍA DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

El período de realización de los ensayos abarcó el periodo de diciembre de 2015 a mayo de 2016, contando con la colaboración de los laboratorios del LanammeUCR. Se realizaron ensayos de Índice de Regularidad Internacional (IRI) y de coeficiente de fricción (GRIP) en la vía principal del proyecto así como la metodología de Índice de Condición del Pavimento (PCI), para determinar el desempeño de la losa de rodamiento de acuerdo con los parámetros citados.

Además se realizaron visitas técnicas durante todo el 2015 y primer semestre del 2016 con el fin de observar el avance del proyecto, las prácticas constructivas y los deterioros que se presentaban en la ejecución de la obra. Las observaciones del equipo auditor durante estas visitas quedaron plasmadas en 2 oficios entregados a la Administración.

6. ALCANCE DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

El alcance de esta Auditoría Técnica se centró en presentar una estimación del desempeño de la losa de concreto basado en el análisis de los parámetros de IRI, GRIP y PCI. Asimismo, se incluye un análisis de los deterioros observados con el fin de resumir el comportamiento general del proyecto de ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional N°1, sección: Cañas-Liberia en el periodo que comprende el año 2015 y 2016, comunicado previamente.

Es importante mencionar que este informe no pretende ser un dictamen final de la calidad del proyecto sobre la Ruta Nacional No 1, sección: Cañas-Liberia, sino un insumo para que la Administración realice una revisión de los resultados obtenidos por el LanammeUCR, en contraste con los controles propios, tanto de la verificación como del control de calidad por parte del contratista, controles que deben existir en todo proyecto de obra vial.

Por otro lado, se reitera que la Auditoría Técnica corresponde a una descripción de los hechos observados en un momento determinado. Es un instrumento específico del proyecto, los datos presentados en los informes emitidos por esta unidad sirven como referencia para que la Administración tome las acciones correctivas respectivas. La determinación del cumplimiento contractual y corrección de defectos o aplicación de multas corresponde a la Administración.

7. RESPONSABLES DEL PROYECTO

a) Responsables por parte de la Administración:

- Entidad ejecutora del contrato: Unidad Ejecutora PIV-1, CONAVI



- Laboratorio de Verificación de Calidad, por parte de la Administración: la verificación de calidad está a cargo del Consorcio Supervisor de Infraestructura Cacisa & Euroestudios (C&E) que es el organismo de ensayo encargado de efectuar los ensayos de verificación de calidad a los materiales y procesos constructivos que realiza el Contratista en este proyecto.

b) Responsables por parte de la empresa constructora:

- Contratista: La empresa Contratista "Consortio FCC-Interamericana Norte", adjudicataria de la Licitación Pública No LPI No. 2011LI-000004-0DI00 Proyecto: Ampliación y Rehabilitación de la Ruta Nacional No. 1, Carretera Interamericana Norte, sección Cañas-Liberia
- Laboratorio de Autocontrol de Calidad: el consultor de calidad del Contratista y laboratorio de autocontrol es el organismo de ensayo LGC Ingeniería de Pavimentos SA, quien es la empresa encargada de efectuar los ensayos de control de calidad a los materiales y procesos constructivos que realiza el Contratista en este proyecto, así como el diseño de la base estabilizada.

8. INTEGRANTES DEL EQUIPO DE AUDITORÍA TÉCNICA DEL LANAMMEUCR

- Ing. Luis Guillermo Loría Salazar. PhD (Coordinador General del Programa de Infraestructura de Transporte, PITRA-LanammeUCR)
- Ing. Mauricio Salas Chaves (Coordinador a.i de la Unidad de Auditoría Técnica PITRA-LanammeUCR)
- Ing. Francisco Fonseca Chaves. (Auditor Técnico Líder)
- Ing. Víctor Cervantes Calvo (Auditor Técnico Adjunto)
- Ing. Ana Elena Hidalgo Arroyo (Auditora Técnica Adjunto)
- Lic. Miguel Chacón Alvarado (Asesor Legal)

9. AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME EN SU VERSION PRELIMINAR LM-PI-AT-034B-16

Como parte de los procedimientos de auditoría técnica, mediante oficio LM-AT-127-15 de 29 de julio de 2016 se envía el informe preliminar LM-PI-AT-034B-16 a la parte auditada para que sea analizado y de requerirse, se proceda a esclarecer aspectos que no hayan sido considerados durante el proceso de ejecución de la auditoría, por lo que se otorga un plazo de 15 días hábiles posteriores al recibo de dicho informe para el envío de comentarios al informe preliminar..

Como parte del proceso de Auditoría se propone una reunión el jueves 4 de agosto en la cual participan por parte del auditado el Ing. Kenneth Solano Carmona y el Ing. Federico Bolaños Villalobos funcionarios de la Unidad Ejecutora PIV-1, así como el Ing. Victor Zamora



Ureña en representación del Consorcio Supervisor Cacisa Euroestudios. Por parte del equipo auditor asisten el Ing. Francisco Fonseca Chaves, el Ing. Víctor Cervantes Calvo, la Ing. Ana Elena Hidalgo Arroyo y el Ing. Mauricio Salas Chaves, éste último como coordinador a.i. de la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR .

El día 24 de agosto de 2016 se recibe en las instalaciones del LanammeUCR el oficio UE-ARCL-17-2016-211 con asunto: Informe preliminar de Auditoría Técnica Externa LM-PI-AT-34B-16. Se Incluye además un anexo a este oficio por parte de la Supervisora oficio 2016-135-SCL.

Por tanto, en cumplimiento de los procedimientos de auditoría técnica, una vez analizado el documento en mención y considerando la evidencia presentada, se procede a emitir el informe LM-PI-AT-034-16 en su versión final para ser enviado a las instituciones que indica la ley.

10. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA

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

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

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

Por lo tanto las recomendaciones que se derivan del análisis de los hallazgos y observaciones deben ser atendidas planteando acciones correctivas y preventivas, que prevengan el riesgo potencial de incumplimiento.

A. SOBRE EI INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) EN EL PROYECTO

Observación 1. El índice de condición del pavimento (PCI) de la vía principal de la carretera se encuentra dentro del rango esperado para un proyecto nuevo.



Durante el mes de enero de 2016 el LanammeUCR procedió a realizar un levantamiento de deterioros del proyecto mediante un registro de imágenes digitales georreferenciadas y cámaras (ver Figura 1) con el fin de evaluar el estado funcional de la vía principal mediante la metodología de Índice de Condición de Pavimento (PCI por sus siglas en Inglés).



Figura 1. Equipo de imágenes digitales georeferenciadas. Fuente: Informe de Evaluación de Red Vial Nacional

En coordinación con la Unidad de Evaluación de la Red Vial Nacional del LanammeUCR se realizó el levantamiento de los deterioros en las diferentes unidades de muestra que se determinaron para el proyecto basado en su longitud. Según el cálculo de unidades de muestra definido por la metodología establecida en el Manual de Auscultación Visual de Pavimentos de Costa Rica, se seleccionaron aleatoriamente 16 unidades de muestra de 20 losas cada una (5 losas por carril para los dos sentidos). Adicionalmente, la metodología establece que se pueden tomar unidades de muestra especiales las cuales tienen una jerarquía diferente a las unidades de muestra. Para este caso se tomaron tres unidades de muestra especial. Estas muestras especiales se toman cuando se observa uno o varios deterioros en una zona que no fue escogida aleatoriamente para la ponderación del índice, al no ser escogidas al azar tienen un peso inferior en la calificación final.

En la Figura 2 se muestra la metodología para calcular el PCI de cada Unidad de muestra basado en los deterioros encontrados y su severidad.

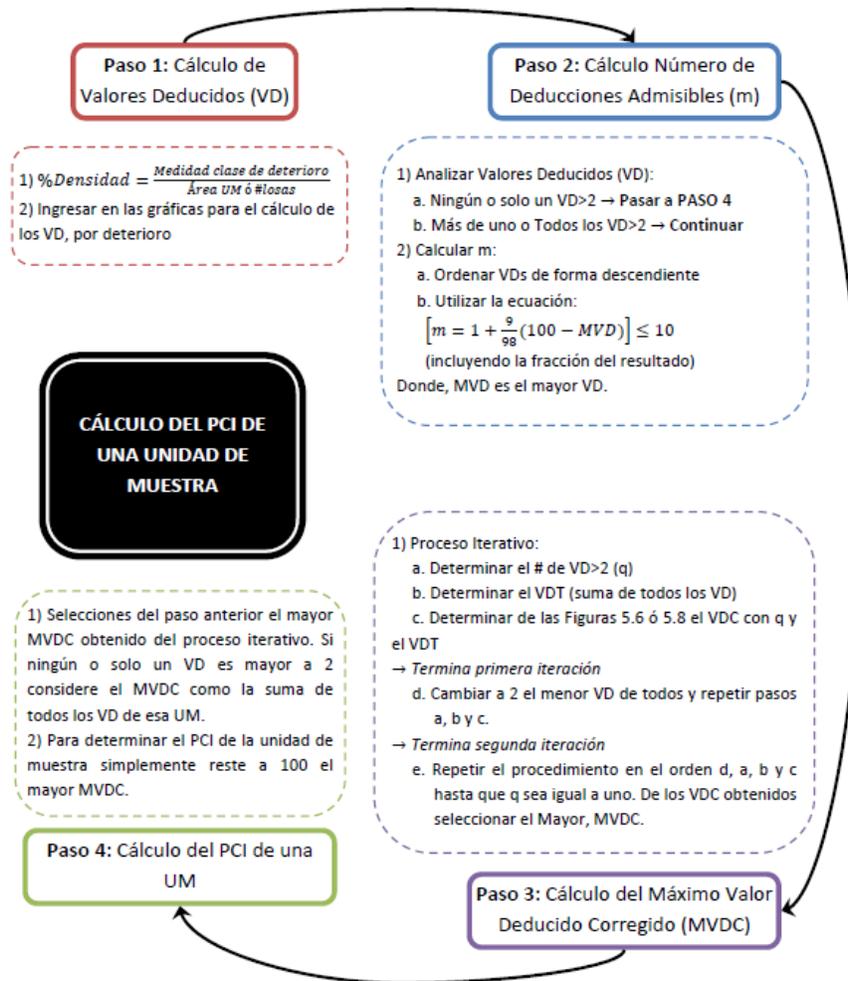


Figura.2 Diagrama resumen para el cálculo del PCI de una UM. Fuente: Manual de Auscultación Visual de Pavimentos de Costa Rica

En la Tabla 2 se observan los valores de PCI obtenidos para cada unidad de muestra, los deterioros auscultados, su severidad (la cual puede ser alta, media o baja), la medida que dependerá de cuantas losas se encuentran afectadas en la unidad de muestra y la densidad la cual está en función de la cantidad de losas deterioradas en la unidad de muestra.



Tabla 2. Cálculo de PCI para cada unidad de muestra evaluada en el proyecto.

Unidad de Muestra	Estacionamiento	Deterioros Auscultados	Severidad	Medida	Densidad	Valor Deducido	Valor deducido Corregido	PCI
1	168+700	Grietas Lineal	Baja	2	10	5	7	93
		Fracturas de Junta	Baja	1	5	2	*	
2	171+800	Grietas Lineal	Baja	4	20	10	14	86
		Grietas Lineal	Medio	1	5	5	12	
3	175+060	Desprendimiento de agregados	Medio	3	15	4	9	84
		Grieta de esquina	Baja	1	5	5	7	
4	179+130	Fractura de esquina	Baja	2	10	1	1	99
		Contracción	-	1	5	0	*	
5	180+950	Grietas Lineal	Baja	6	30	12	12	88
6	184+700	Grietas Lineal	Baja	10	50	20	20	80
7	187+800	Grietas Lineal	Baja	2	10	5	5	95
8	191+000	N/A	N/A	0	0	0	0	100
9	194+200	N/A	N/A	0	0	0	0	100
10	197+300	Grietas Lineal	Baja	1	5	3	3	97
11	200+450	Grietas Lineal	Baja	11	55	20	20	80
12	203+600	Grietas Lineal	Baja	5	25	12	12	88
13	206+900	Grietas Lineal	Baja	3	15	8	8	92
14	210+750	N/A	N/A	0	0	0	0	100
15	214+300	Desprendimiento de agregados	-	1	5	4	4	96
16	216+400	N/A	N/A	0	0	0	0	100
UE1	168+772	Grietas Lineal	Medio	4	20	15	17	83
		Grietas Contracción	-	1	5	0	0	
		Grieta de malla	Baja	1	5	2	*	
UE2	187+039	Grietas Lineal	Alta	1	5	15	15	85
UE3	189+029	Grietas Lineal	Baja	1	5	3	3	97

*Celdas vacías ya que no se debe calcular "m" como se indica en la Figura 2

Se observa que el valor de PCI para las unidades de muestra varía desde 80 a 100. Las unidades de muestra especiales presentan un valor de PCI que va de 87 a 93. Con los valores obtenidos se procedió a sacar el PCI del proyecto, el cual es un promedio ponderado en función del área de cada unidad de muestra. En el caso de las Unidades Especiales se



les asigna un peso especial por no ser elegidas de manera aleatoria. Los resultados se muestran en la Tabla 4.

Tabla 3. Calificación de PCI para el proyecto usando los dos escenarios posibles.

PCI	
Sin unidades especiales	92,4
Con unidades especiales	92,4

Como se observa el valor obtenido tanto sin unidades especiales como con unidades especiales es de 92,4; esto se debe a que la calificación aportada por las unidades especiales tiene tan baja ponderación que no afecta la calificación final. Para este tipo de condición se tiene que el pavimento se encuentra en una condición Q1, la cual según el Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional se indica *"Esta es la condición ideal de un pavimento desde el punto de vista estructural y funcional. Son pavimentos que se encuentran en un estado temprano de su vida útil y que brindan un buen servicio al usuario, mantienen altos niveles de servicio y bajos costos de operación vehicular."* (Barrantes Jimenez, Sanabria Sandino, & Loría Salazar, 2013)

En el informe LM-PI-AT-15-2015 se realizó un análisis similar al que se está mostrando en este informe sólo que el valor obtenido había sido de 88,5. Esto se puede deber a que en el momento de la primera medición (Junio 2015) en el proyecto se encontraban más deterioros en zonas que han sido demolidas y reconstruidas o que las grietas han sido selladas.

Es importante señalar que el Equipo Auditor realizó el análisis para un periodo específico en el cual el proyecto se encontraba todavía en ejecución, por lo que el resultado mostrado no es el diagnóstico final del proyecto pero que puede servir como insumo a la Administración para valorar la calidad de la inversión realizada.

B. SOBRE LOS DETERIOROS OBSERVADOS EN EL PROYECTO

Observación 2. Existen deterioros en diferentes activos del proyecto que no han sido reparados a la fecha de inauguración de obra.

Durante el mes de mayo de 2015 se envió el oficio LM-AT-076-15 en el cual se informaba sobre deterioros observados por el equipo auditor en algunos taludes revestidos en diferentes estacionamientos, tal como se muestra en la Fotografía 1.



Fotografía 1. Grietas transversales en los taludes revestidos. Ubicación: Sobre la Ruta 1, Sección Cañas Liberia. Estacionamiento 194+935 Sentido Cañas Liberia, oficio LM-AT-076-15. Fecha 5 de mayo de 2015. Fuente: LanammeUCR.

Adicionalmente, se podía observar que en algunas de las juntas de estos taludes con la carretera (ver Fotografía 2) la severidad de la grieta alcanzaba un ancho aproximado de 4 centímetros como se puede apreciar en la Fotografía 3.



Fotografía 2. Abertura en junta entre espaldón y revestimiento de talud con presencia de vegetación. Ubicación: Sobre la Ruta 1, Sección Cañas Liberia. Estacionamiento 195+071 Sentido Cañas Liberia, oficio LM-AT-076-15. Fecha 5 de mayo de 2015. Fuente: LanammeUCR.



Fotografía 3. Abertura en junta entre espaldón y revestimiento de talud. Ubicación: Sobre la Ruta 1, Sección Cañas Liberia. Estacionamiento 194+935 Sentido Cañas Liberia, oficio LM-AT-076-15. Fecha 5 de mayo de 2015. Fuente: LanammeUCR.

Mediante oficio UE-ARCL-17-2015-282 la Unidad Ejecutora adjunta el oficio 2015-250-SCL emitido por la Supervisora del proyecto en el cual se indica que:

"en relación a la formación de grietas transversales en los taludes revestidos es necesario señalar que todo concreto (a menos que en el diseño estructural se detalle el acero necesario para evitarlo) está sujeto a la formación de fisuras, especialmente en las juntas de construcción y como la junta de fin de día de construcción. De ser necesario, se podrían diseñar las juntas, que no impedirían su fisuramiento, si no que inducirían su formación en un sitio previsto. Para evitar la filtración de agua en las fisuras transversales ya formadas, es factible la aplicación de un sellador similar al que se utiliza en el sello de las juntas del pavimento." (El subrayado no es parte del texto original)

Además con respecto a las aberturas entre el espaldón y el revestimiento de taludes indican *"recomendamos introducir poliestireno expandido cuando dicha abertura sea mayor a 5 mm, a fin de que sirva de material de respaldo para aplicar posteriormente un sellador de poliuretano o a base de asfalto"*.

Durante una visita al proyecto, realizada 20 de julio de 2016, el equipo auditor observó que siguen existiendo grietas en los taludes revestidos y aberturas entre estos y el espaldón las cuales no han sido selladas o reparadas como lo indica el oficio 2015-250-SCL. (Ver Fotografía 4)



Fotografía 4. Abertura en junta entre espaldón y revestimiento de talud, la cual tiene agrietamiento en el talud revestido. Ubicación: Sobre la Ruta 1, Sección Cañas Liberia Estacionamiento 194+935 Sentido Cañas Liberia, Fecha 20 de julio de 2016. Fuente: LanammeUCR.

Según el oficio 2016-135-SCL anexado al oficio UE-ARCL-17-2016-211 recibido el día 24 de agosto de 2016 como parte de los documentos de descargo del auditado, se indica que los trabajos de sellado de estas grietas y juntas aún está en proceso por parte del contratista. Es criterio del Equipo Auditor que este tipo de deterioros facilitan el ingreso de agua en la estructura del pavimento lo que podría debilitar la capacidad soportante del mismo. Además se podría favorecer el desarrollo de otros fenómenos como bombeo de finos, escalonamiento entre losas o entre losa-cuneta, deterioro de los bordes en las juntas y vacíos en la superficie subyacente que pueden comprometer la integridad de la losa de rodamiento.

Hallazgo 1. Se presentan deterioros en diferentes puntos del proyecto los cuales deben ser reparados según el CR-2010

En oficio LM-AT-142-15 del 12 de noviembre de 2015, la Unidad de Auditoría Técnica advierte a la Unidad Ejecutora sobre varios deterioros detectados durante una visita del 6 de noviembre de 2015. En el estacionamiento 216+500, se construyó una rotonda, la cual debido a su configuración geométrica, provoca que queden ciertas losas con formas



irregulares en forma de cuña, que posibilitan la fractura de las mismas. Como se puede observar en la Fotografía 5 se denota un agrietamiento diagonal en una de las cuñas de las losas. Esta situación se repite en otras losas de geometría irregular que forman parte de la rotonda. Debido a su reciente construcción y el poco tránsito que ha pasado por este sector llama la atención la presencia de grietas en este punto. Es importante mencionar que al no tener una forma estándar es una práctica común que estas losas sean reforzadas con mallas de acero para evitar el agrietamiento de las mismas (Asociación Colombiana de Productores de Concreto, 2015). El desarrollo de este tipo de agrietamiento también se observó en el estacionamiento 202+100 (cercañas de Concrepal).



Fotografía 5 Agrietamiento en losas de concreto con geometría irregular. Ubicación: Sobre la Ruta 1, Sección Cañas Liberia Estacionamiento 216+500 Sentido Liberia La Cruz, Fecha 6 de noviembre de 2015. Fuente: LanammeUCR.

Según lo indicado por la supervisora mediante oficio UE-ARCL-2015-526 del 1 de diciembre de 2015, en ese momento las reparaciones aún no habían llegado al estacionamiento 216+500 y no hacen mención de las fisuras en el estacionamiento 202+100. Sin embargo, en otra visita técnica más reciente (julio 2016) se observa que en el estacionamiento 202+100 siguen existiendo estas grietas como se evidencia en la Fotografía 6. Esto se repite en el estacionamiento 216+500 como se muestra en la fotografía 7



Fotografía 6 Agrietamiento en losas de concreto con geometría irregular. Ubicación: Sobre la Ruta 1, Sección Cañas Liberia Estacionamiento 202+100 Sentido Liberia Cañas, Fecha 20 de julio de 2016. Fuente: LanammeUCR.



Fotografía 7 Agrietamiento en losas de concreto con geometría irregular. Ubicación: Sobre la Ruta 1, Sección Cañas Liberia Estacionamiento 216+500 Sentido Liberia La Cruz, Fecha 20 de julio de 2016. Fuente: LanammeUCR.



Por otro lado, en la visita de noviembre de 2015 en el estacionamiento 213+730 se observó que las losas cortas colocadas en los marginales del paso a desnivel del Barrio La Cruz mostraban signos de deterioro severo, especialmente en la zona de los bordes como se muestra en la Fotografía 8.



Fotografía 8 Daño de los bordes en losas de concreto. Ubicación: ramales del paso a desnivel del Barrio La Cruz Sobre la Ruta 1, Sección Cañas Liberia Estacionamiento 213+730 Sentido Liberia Cañas, Fecha 6 de noviembre de 2015. Fuente: LanammeUCR.

La supervisora indica en el oficio UE-ARCL-2015-526 que :

" se está efectuando un levantamiento de daños para poder determinar y cuantificar las labores de reparación a efectuar y recuperar el pavimento a las condiciones de estructurales (SIC) que deben poseer" .

Sin embargo, en visita realizada en el mes de julio de 2016 en el estacionamiento mencionado, la carretera ya se encuentra demarcada (ver Fotografía 9) y a la fecha no se ha dado la recuperación del pavimento.

Es importante mencionar que los dos deterioros mostrados anteriormente no se encuentran sobre la vía principal por lo que éstos no fueron tomados para el cálculo de PCI.



Fotografía 9 Daño de los bordes en losas de concreto. Ubicación: ramales del paso a desnivel del Barrio La Cruz Sobre la Ruta 1, Sección Cañas Liberia Estacionamiento 213+730 Sentido Liberia Cañas, Fecha 20 julio de 2016. Fuente: LanammeUCR

Finalmente, en estacionamiento 213+730 se observó que en uno de los accesos al paso a desnivel de Barrio La Cruz una grieta que fue sellada con epóxico, se encontraba nuevamente agrietada a pesar de haber sido reparada (ver Fotografía 10).



Fotografía 10 Daño en sello de grietas en losas de concreto. Ubicación: Sobre la Ruta 1, Sección Cañas Liberia Estacionamiento 213+730 Sentido Liberia Cañas, Fecha 6 de noviembre de 2015. Fuente: LanammeUCR.



Esto fue señalado a la Unidad Ejecutora mediante oficio LM-AT-142-15, la cual respondió en el oficio UE-ARCL-2015-526 que *"las fisuras mencionadas no han sido reconocidas como losas reparadas y están bajo observación, a fin de determinar las acciones a tomar para recuperar la integridad estructural del pavimento"* En gira del 20 de julio esa grieta se encontraba como se muestra en la Fotografía 11.



Fotografía 11 Daño en sello de grietas en losas de concreto. Ubicación: Sobre la Ruta 1, Sección Cañas Liberia Estacionamiento 213+730 Sentido Liberia Cañas, Fecha 13 de abril de 2016. Fuente: LanammeUCR.

Según el Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras caminos y puentes CR-2010 indica en la División 500 "Pavimentos de concreto hidráulico" sección 501 "Pavimentos de concreto hidráulico" apartado 501.11 "Juntas" que:



"En estos casos, todos los defectos que se detecten, tales como agrietamientos, desconche de juntas, desgaste prematuro de la superficie u otros, deberán ser reparados por cuenta del Contratista. En todo caso, la metodología de reparación deberá ser aprobada por el ingeniero antes de proceder con la reparación."

Según lo manifestado al equipo auditor mediante el oficio UE-ARCL-17-2016-204, recibido en fecha 24 de agosto de 2016, la Unidad Ejecutora le solicita al Contratista tomar las medidas para corregir las deficiencias encontradas en las reparaciones de fisuras anteriormente realizadas.

Es criterio del equipo auditor que este tipo de deterioros no deberían presentarse en un proyecto nuevo y que su existencia podría incidir en una reducción de la vida útil del pavimento.

Observación 3. Se han detectado zonas en las que el manejo de aguas pluviales no es el adecuado.

En el oficio LM-AT-127-2015 del 9 de octubre de 2015 se presentó a la Unidad Ejecutora la situación de las zonas inundadas durante las lluvias en secciones del proyecto (Fotografía 12). Esta situación se convierte en un problema de seguridad vial ya que la circulación de los vehículos por dichos tramos a las velocidades de diseño de la carretera pueden propiciar accidentes. Además se podrían generar deterioros prematuros y una reducción en la vida útil del proyecto si esta situación no es corregida oportunamente.



Fotografía 12 Zonas inundadas del proyecto. Ubicación: Sobre la Ruta 1, Sección Cañas Liberia Fecha 1 de octubre de 2015.. Fuente: Denuncia Ciudadana

Mediante oficio UE-ARCL-17-2015 de 16 de octubre de 2015 la Unidad Ejecutora remite una respuesta de la Supervisora (oficio 2015-429-SCL) en el cual indican que *"El proyecto se encuentra aún en construcción por lo que todavía faltan drenajes por finalizar y en algunos*



casos por iniciar. De existir la necesidad de mejorar o de aumentar los drenajes actualmente diseñados, no dudaremos en llevarlos a cabo."

Debido a que se tiene conocimiento de denuncias de personas vecinas al proyecto y publicaciones en medios locales que informan de inundaciones en diferentes lugares del proyecto se emite oficio LM-AT-112-16 del 15 de junio de 2016 en donde se solicita que se informe con detalle sobre las soluciones técnicas, mejoras o acciones planteadas e implementadas en los puntos de inundación que se hayan detectado o en sitios encontrados con problemas generados por falta de canalización eficiente de aguas superficiales.

En el oficio 2016-135-SCL anexado al oficio UE-ARCL-17-2016-211 presentado por la Unidad Ejecutora y recibido por esta auditoría el día 24 de agosto de 2016, en el que se indica que estos defectos se han ido solventando con la ampliación de tragantes existentes, construcción de tragantes adicionales, ampliación de cunetas y la limpieza general de las obras de captación de aguas por lo que se logró una mejora en el manejo de aguas del proyecto.

Es criterio de esta Auditoría Técnica que las condiciones observadas de inundación afectan la seguridad del usuario durante el tránsito de la ruta así como la durabilidad del pavimento por lo que se vuelve necesario aplicar medidas correctivas.

C. SOBRE EL DESEMPEÑO DE LA LOSA DE RODAMIENTO

Hallazgo 3. El valor de IRI calculado en secciones del proyecto a nivel de la superficie de ruedo presentan valores superiores al valor especificado a nivel contractual.

Este análisis realizado por Auditoría Técnica tiene como objetivo determinar el valor del Índice de Regularidad Internacional de la superficie de ruedo del proyecto en cuestión, y comparar los resultados obtenidos con la especificación descrita en el Cartel de Licitación del proyecto vial: "Ampliación y Rehabilitación de la Ruta Nacional No. 1, Carretera Interamericana Norte, Sección Cañas-Liberia", Licitación LPI No.2011LI-000004-ODI00. La medición se realizó el día 08 de diciembre del 2015 tanto en las secciones del proyecto abiertas al tránsito, como en los tramos cerrados a la circulación de vehículos y se presenta en el informe I-0008-2016.

Para el análisis se considera el oficio 2015-411-SCL, donde el director de supervisión del consorcio supervisor de infraestructura E&C, le dirige al gerente de carreteras de la Unidad Ejecutora PIV1, donde se revisan y actualizan las singularidades detectadas en toda la obra, en ambas calzadas.

El análisis se realizó en completo apego a lo indicado en el oficio UE-2014-1703, tomando en cuenta los siguientes casos:

- Caso 1: por tractos de cinco tramos consecutivos, lo que por definición estadística es conocido como media móvil o promedio móvil. Y se aclara que ... "se entenderá



que la superficie del pavimento tiene una regularidad aceptable si todos los promedios consecutivos de cinco valores de IRI tienen un valor igual o inferior a 1,5 m/km, y ninguno de los valores individuales supera 2,0 m/km.." Por lo que es claro para esta auditoría que para la aplicación de la multa se deben de analizar en conjunto las dos situaciones, tanto valores individuales, como media móvil.

- **Caso 2:** para tramos base de medición menores a 200 m de acuerdo con ...*"en caso de incumplimiento de la condición del promedio de cinco muestras consecutivas (200 m cada una, a excepción de la última que puede ser inferior a 200 m)."* porque en el desarrollo del análisis esta auditoría técnica incluye en el análisis muestras menores de 200 m.

Evaluando tramos con base de medición de 200 metros, como se indica en la especificación cartelería y, clasificándolos de acuerdo al rango de multas asociado, ya sea con valores individuales o medias móviles, se obtuvo la cantidad de tramos con valores superiores a los indicados en la especificación. En la Tabla 5 y Gráfico 1, se muestran los tramos analizados en la sección de calzada cerrada al tránsito durante la realización de la medición.



Tabla 4. Número de tramos de 200 m, clasificados por rango de porcentaje de multa para los tramos analizados en la sección de calzada cerrada al tránsito. Fuente: I-0008-16

Rango de IRI (m/km)			Porcentaje de multa	Tramos de 200m
-	IRI ≤	1,5	0%	98
1,5	< IRI ≤	1,8	5%	0
1,75	< IRI ≤	2,0	10%	7
2,0	< IRI ≤	2,5	20%	58
2,5	< IRI	-	40%	77
Total tramos				240
Total (m)				48.000

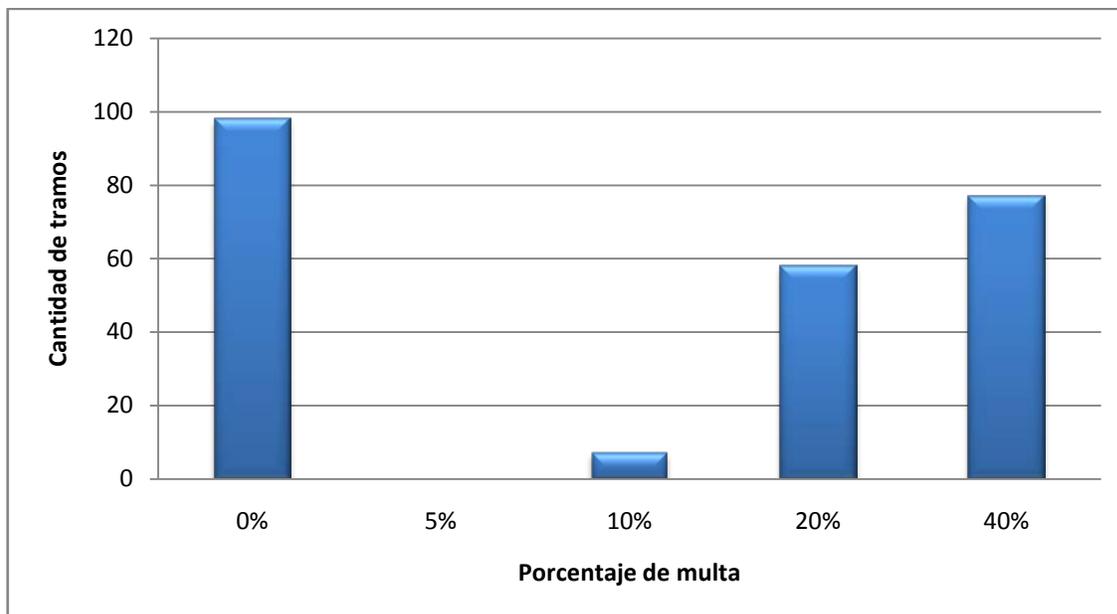


Gráfico 1. Número de Tramos de 200 m clasificados por rango de porcentaje de multa, calzada cerrada al tránsito durante la realización de la medición. Fuente: I-0008-16.

Para un total de 48 km analizados, se observa en el gráfico 1 que una importante cantidad de tramos analizados (77 segmentos) se asocia a una multa del 40%, en total 142 de los segmentos analizados en esta sección del proyecto tiene un porcentaje de multa asociado, ya sea de 10%, 20% o 40% en contraposición a 100 segmentos sin multa.

Esto indica que la mayor parte de la sección analizada de 48 km, 28.4 km tiene un valor de IRI por encima del valor indicado en la especificación.



En la Tabla 6 y Gráfico 2, se muestran los tramos analizados en la sección de calzada abierta al tránsito

Tabla 5. Número de tramos de 200m, clasificados por rango de porcentaje de multa para los tramos analizados en la sección de calzada

Rango de IRI (m/km)			Porcentaje de multa	Tramos de 200m
-	IRI ≤	1,5	0%	49
1,5	< IRI ≤	1,8	5%	9
1,75	< IRI ≤	2,0	10%	19
2,0	< IRI ≤	2,5	20%	38
2,5	< IRI	-	40%	72
Total tramos				187
Total m				37.400

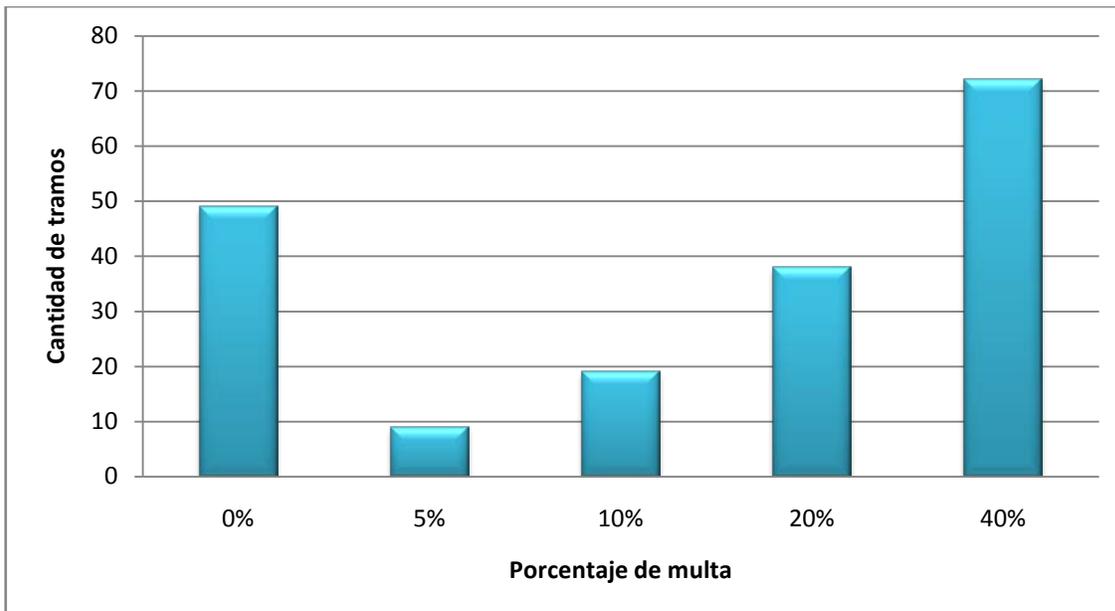


Gráfico 2. Número de Tramos de 200 m clasificados por rango de porcentaje de multa, calzada abierto al tránsito durante la realización de la medición. Fuente: I-0008-16

La diferencia entre las dos secciones analizadas se encuentra básicamente en la toma de datos, esta se realizó de forma continua en las secciones donde había tránsito (Tabla 6 y Gráfico 2) y de forma segmentada en las secciones que se encontraban cerradas o no había paso de vehículos (Tabla 5 y Gráfico 1). Es importante recalcar que el análisis realizado es el mismo para ambas secciones y la única diferencia que existe se dio en el proceso de recolección de datos.

Para un total de 37,4 km analizado, se observa en el gráfico que la mayor cantidad de tramos analizados (72 segmentos) se asocia a una multa del 40%, en total 138 de los



segmentos analizados en esta sección del proyecto tiene un porcentaje de multa asociado, ya sea de 5%, 10%, 20% o 40% en contraposición a 49 segmentos sin multa.

Esto indica que la mayor parte de la sección analizada de 37.4 km, 27.6 km tiene un valor de IRI por encima del valor indicado en la especificación.

El siguiente análisis de los datos se realizó con la totalidad de los datos (carriles cerrados al tránsito y carriles abiertos al tránsito), para una distancia de carriles de 85.400,00 m:

Tabla 6. Número de tramos de 200m, clasificados por rango de porcentaje de multa para los tramos analizados.

Rango de IRI (m/km)			Porcentaje de multa	Tramos de 200m	Distancia (m)	Porcentaje (%)
-	IRI ≤	1,5	0%	147	29.400	34,4
1,5	< IRI ≤	1,8	5%	9	1.800	2,1
1,75	< IRI ≤	2,0	10%	26	5.200	6,1
2,0	< IRI ≤	2,5	20%	96	19.200	22,5
2,5	< IRI	-	40%	149	29.800	34,9
Total tramos				427	85.400	100,0

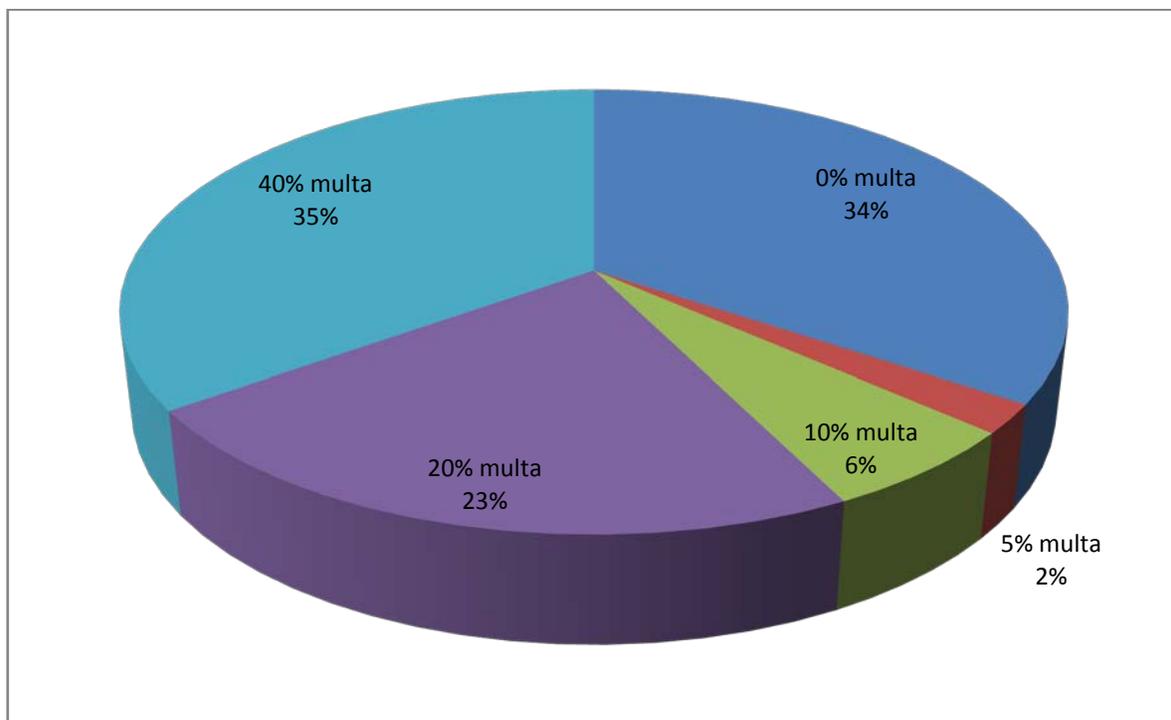


Gráfico 3. Distribución porcentual de los tramos de 200 m analizados en 85.400,00 m de carriles del proyecto. Fuente : I-0008-16



Es importante mencionar que en los tramos analizados se encuentran secciones del proyecto donde se realizó un cepillado previo de la superficie como medida correctiva para mejorar la regularidad de la superficie de las losas de concreto. El efecto que tenga la aplicación de esta técnica se ve reflejado en los resultados obtenidos.

Por otra parte a manera comparativa, en el oficio LM-AT-038-15 del 24 de febrero de 2015 se reportaron datos de segmentos de la calzada derecha correspondientes a los estacionamientos del 169+040 al 171+260 (carril externo e interno) y la sección comprendida entre los estacionamientos 147+660 y 176+740 (carril externo e interno) sentido Cañas-Liberia. También se analizó de la calzada izquierda, los tramos comprendidos entre los estacionamientos: 168+670 al 169+935, 171+640 al 172+785 y 174+660 al 176+635; tanto para el carril interno como el externo, al igual que en la calzada derecha sentido Liberia-Cañas. Los resultados generales de esa medición se presentan a continuación en la Tabla 8.

Tabla 7. Número de tramos de 200m, clasificados por rango de porcentaje de multa para los tramos analizados, oficio LM-AT-038-15.

Rango de IRI (m/km)			Porcentaje de multa	Tramos de 200m	Distancia (m)	Porcentaje (%)
-	IRI ≤	1,5	0% multa	51	10.200	57,3
1,5	< IRI ≤	1,8	5% multa	0	0	0,0
1,75	< IRI ≤	2,0	10% multa	0	0	0,0
2,0	< IRI ≤	2,5	20% multa	23	4.600	25,8
2,5	< IRI	-	40% multa	15	3.000	16,9
Total tramos				89	17.800	100,0

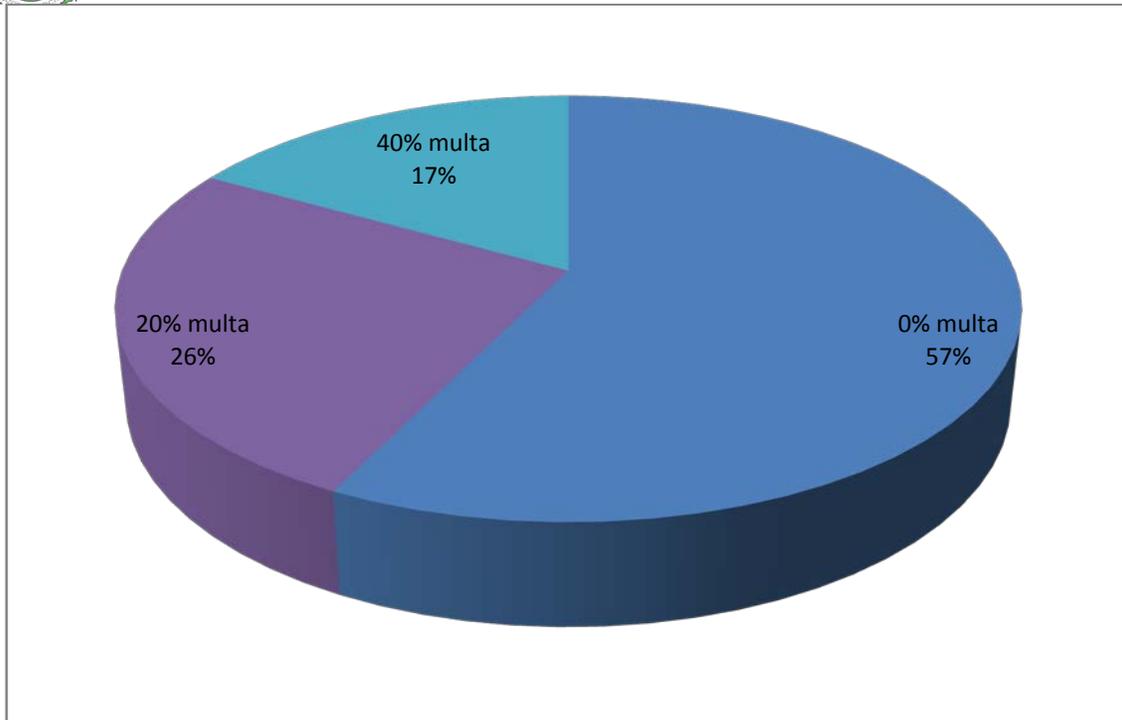


Gráfico 4. Distribución porcentual de los tramos de 200 m analizados en 17.800 m del proyecto. Fuente: Oficio LM-AT-038-15

En los datos presentados en el oficio LM-AT-038-15 no se tiene secciones donde se haya aplicado la técnica de perfilado de la superficie de ruedo. Tal y como se puede observar al realizar una comparación de los datos de las Tablas 7 y 8, el porcentaje de secciones sin multa es mayor en la medición realizada en febrero del año pasado. En el resto de las secciones del proyecto, los datos con porcentajes de multas de (5, 10 y 40) aumentan en la medición realizada en diciembre del 2015. Pero para el caso de las secciones con valores de IRI por debajo del valor especificado (0% de multa) es mayor el porcentaje de tramos en la medición realizada en febrero del 2016. Solamente hubo una reducción en el porcentaje de los segmentos con multas de 20%.

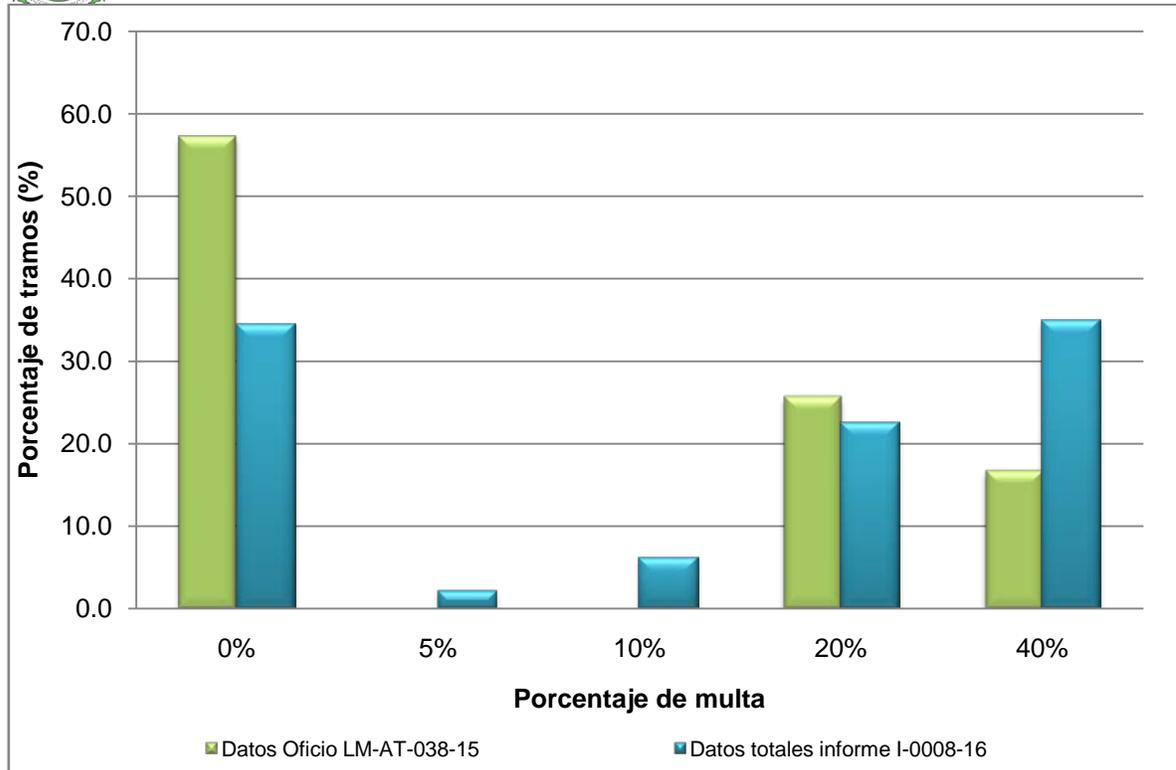


Gráfico 5. Comparación de la distribución porcentual de multas de los tramos analizados. Fuente: Oficio LM-AT-038-15 e Informe I-0008-16

Es de vital importancia que la Unidad Ejecutora de este proyecto vele por el control de este parámetro desde la etapa de construcción de las capas inferiores, en vista que estas contribuyen de manera directa con la calidad de la obra y de la superficie de ruedo específicamente. Es importante mencionar que mediante el oficio UE-ARCL-17-2015 de 16 de octubre de 2015 el auditado indica que se realizaron mediciones en los meses de marzo y junio de 2016 en diferentes secciones del proyecto con las que calculó el IRI de aceptación del proyecto. Por su parte esta auditoría realizó mediciones en Agosto del 2016 en todos los carriles correspondiente del proyecto las cuales no forman parte del alcance de este informe y serán posteriormente analizadas para ser informadas a la Administración.

Cabe recalcar que este análisis es parte de la Auditoría Técnica desarrollada dentro del proceso de fiscalización, por lo que no debe considerarse como autocontrol ni verificación de calidad; la información aportada no constituye un dictamen final de la calidad, sino un insumo para que la Administración analice los resultados obtenidos por el LanammeUCR y tenga una referencia en el orden de magnitud de los parámetros analizados.

Hallazgo 4. El coeficiente de fricción (GRIP NUMBER) de la carretera es menor al mínimo recomendable.



La fricción que se produce entre la llanta y el pavimento garantiza el agarre del vehículo y por ende, está relacionado con la seguridad vial de los usuarios. El coeficiente de fricción o Grip Number es medido y clasificado por el LanammeUCR en las evaluaciones bienales de la Red Vial Nacional (RVN) de acuerdo a lo mostrado en la siguiente Tabla 9 (Barrantes Jimenez, Sanabria Sandino, & Loría Salazar, 2013).

Tabla 8. Clasificación internacional del pavimento según el Grip Number.

GN	Condición	Nivel			Tipo de Pavimento característico
		Deslizamiento	Probabilidad de accidentes	Riesgo medio de accidentabilidad	
< 0,50	Malo	Muy deslizante	Muy alta probabilidad	mayor a 20	Pavimento flexible compuesto de agregado pulimentable ej: calizo
0,50 – 0,60	Regular	Deslizante	Alta probabilidad	16 a 20	Pavimento flexible con alto grado de exudación y pérdida de textura
0,60 – 0,78	Bueno	Poco deslizante	Moderada probabilidad	10 a 16	Pavimento rígido y flexible con buena textura
> 0,78	Muy Bueno	No deslizante	Poca probabilidad	menor a 10	Pavimento nuevo o sobrecapas

* Número de accidentes por cada millón de vehículos / kilómetro, en función del coeficiente de fricción, obtenidos en Gran Bretaña, según memorias del 5to Simposio de Características Superficiales de Pavimentos, Toronto, Canadá, 2004. Tabla modificada LanammeUCR 2013.

De acuerdo con esta clasificación, los pavimentos con valores de *Grip Number* por debajo de 0,5 presentarán una baja resistencia a la fricción y su condición deslizante representa un alto riesgo para la seguridad vial de los usuarios. Como se notificó en el informe LM-PI-AT-15-2015, el equipo auditor detectó que los valores de fricción obtenidos en las pruebas de marzo del 2015 en su gran mayoría fueron menores al mínimo recomendado. Como parte del seguimiento al proyecto se realizó otra medición en diciembre de 2015.

Debido a los tramos abiertos en el momento de ejecución del ensayo sólo se tomaron medidas en los carriles externos en ambos sentidos Cañas Liberia y Liberia Cañas

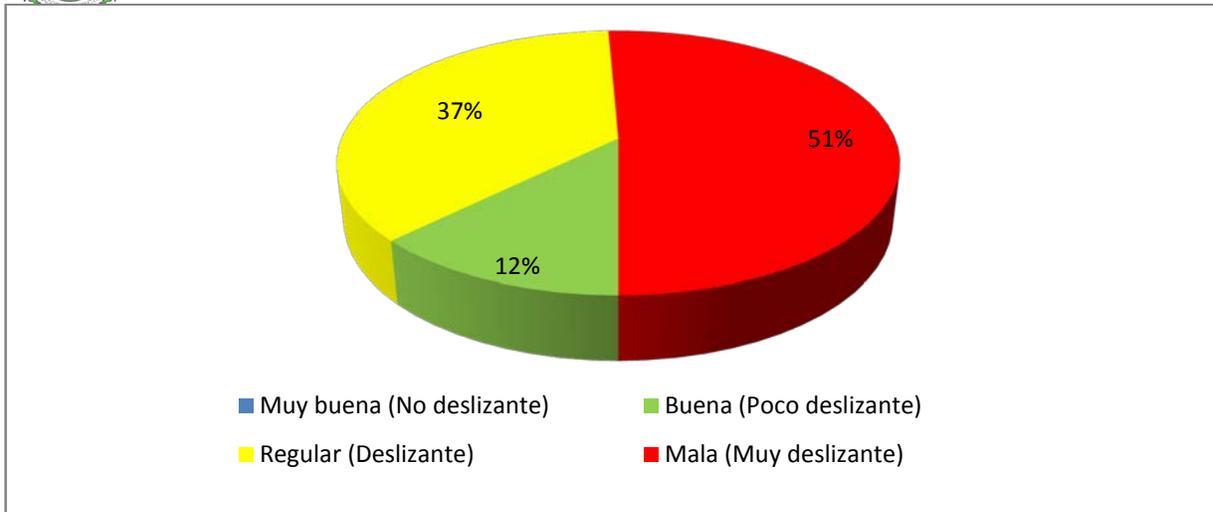


Gráfico 6. Distribución General Condición de Fricción Proyecto Cañas Liberia Sentido: Cañas Liberia, Carril Externo.

Para el sentido Cañas Liberia se evaluaron 39,5 kilómetros y se observa que el 51% cuenta con una condición muy deslizante mientras que el 37% por ciento una condición regular y solamente el 12% una condición buena. En la Figura 2 se muestra la distribución espacial de la condición del pavimento para el sentido Cañas Liberia en carril externo.





Figura 2. Mapa de la variación del coeficiente de fricción en el Proyecto. Sentido Cañas Liberia carril externo. Medición de diciembre 2015

Como se puede apreciar en la figura anterior los valores para este carril son inferiores al 0,5 para la mayor parte del carril. A pesar de esto se notan mejoras en relación a las mediciones realizadas en marzo de 2015.

A continuación se muestra el gráfico correspondiente al sentido Liberia Cañas.

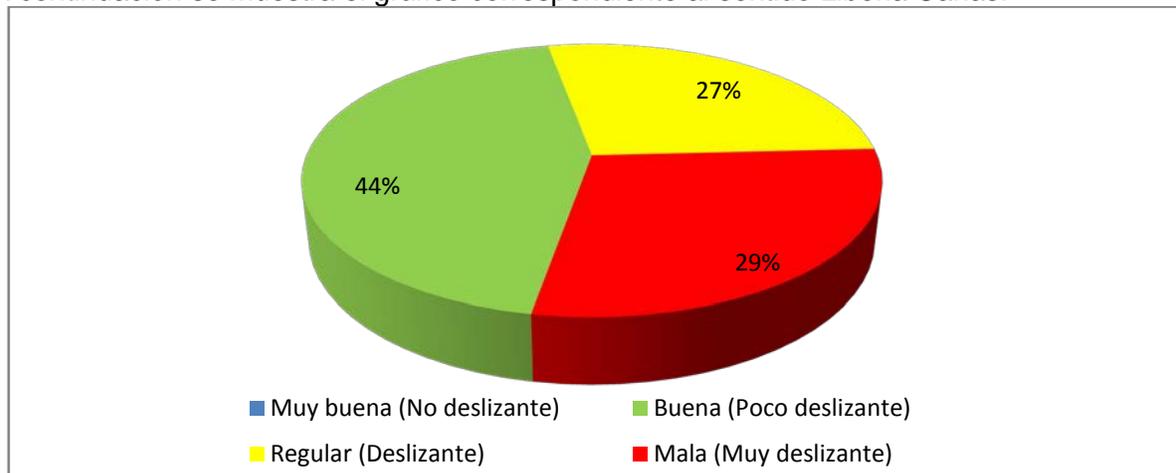


Gráfico 7. Distribución General Condición de Fricción Proyecto Cañas Liberia Sentido: Liberia- Cañas, Carril Externo. Medición de diciembre 2015

De los datos analizados se observa que el 44% muestra una condición poco deslizante, un 27% condición deslizante y un 29% condición muy deslizante. Es importante mencionar que este tramo (Liberia Cañas) solamente se evaluaron 3,5 kilómetros. En la figura 3 se puede observar con mayor detalle la zona analizada.

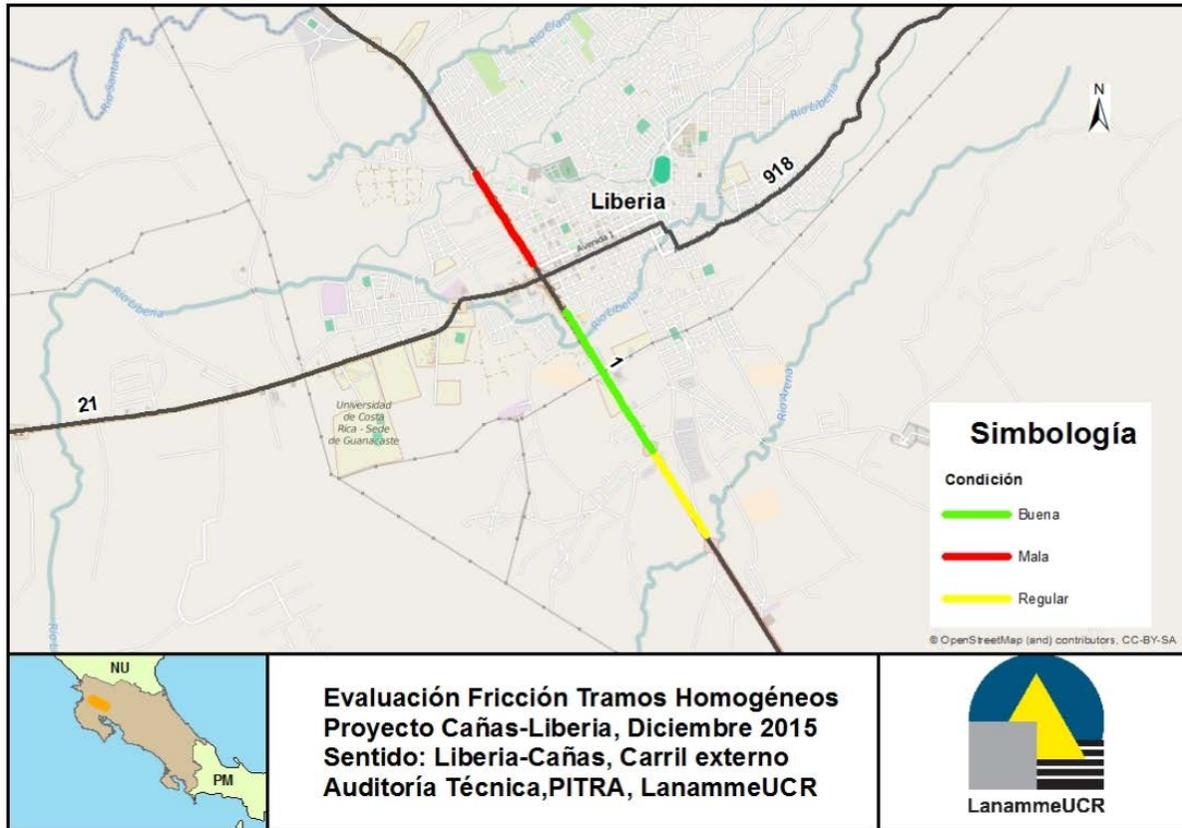


Figura 3. Mapa de la variación del coeficiente de fricción en el Proyecto Sentido Liberia Cañas carril externo. Medición de diciembre 2015

A partir la figura 3 para el tramo analizado, se puede determinar que hay varias secciones que presentan condiciones que varían entre buena y mala.

A pesar de que la mayoría de los valores obtenidos siguen en la categoría de superficie muy deslizante se han observado mejoras con respecto a los valores obtenidos en las mediciones de marzo. A manera de comparación se presenta en la figura 4 uno de los mapas presentados en el informe de LM-PI-AT-15-2015.

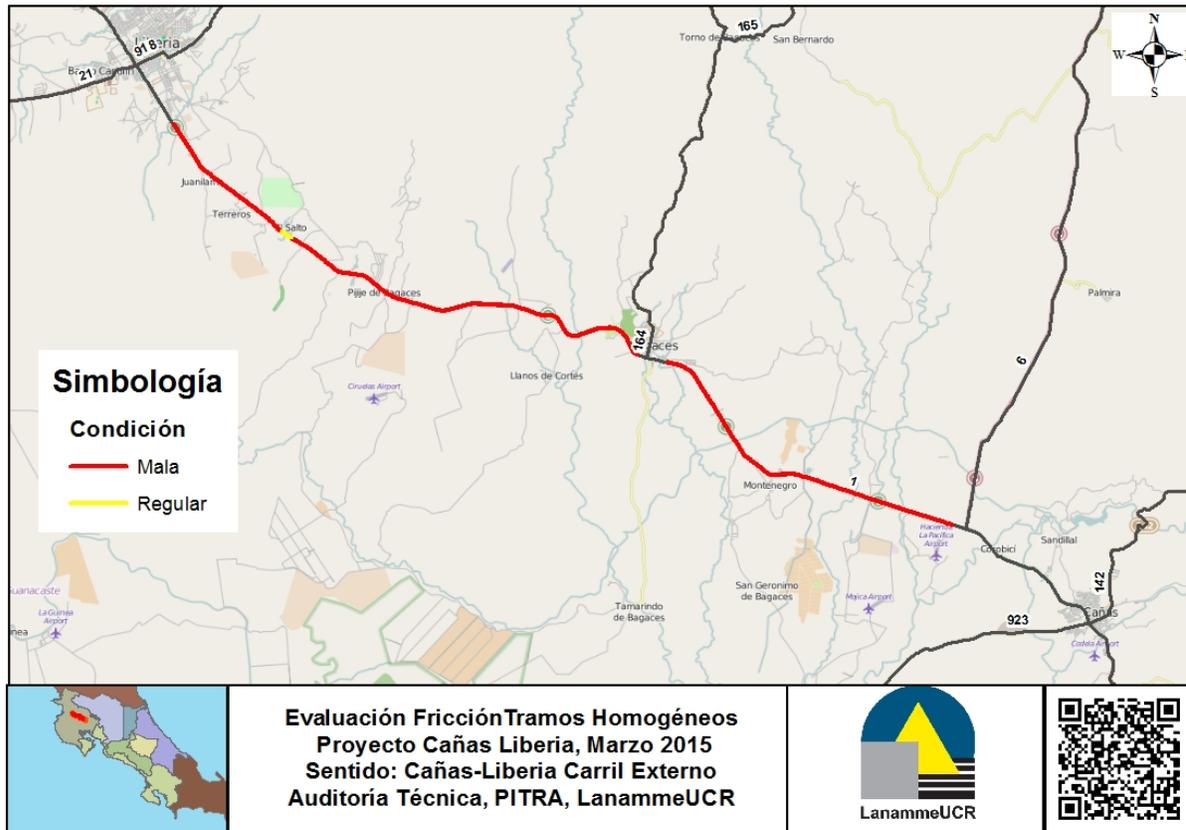


Figura 4. Mapa de la variación del coeficiente de fricción en el Proyecto. Sentido Cañas Liberia carril externo. Medición de Marzo 2015

Como se puede determinar de la figura 4 la condición de muy deslizante se presentaba prácticamente en todo el carril a diferencia de lo observado en la medición de Diciembre de 2015 (Figura 2). Debido a la importancia que reviste esta obra, las secciones de carretera aquí analizadas así como las otras que conforman este proyecto se les realizaron mediciones adicionales para su posterior análisis.

Es importante señalar que a pesar de que la fricción en el pavimento puede ser significativamente influenciada por las variaciones estacionales del clima, en el caso de pavimentos de concreto las variaciones no son tan significativas que como para el caso de pavimentos de mezcla asfáltica (Ahammed & Tighe, 2008)

Finalmente, es criterio de la Unidad de Auditoría Técnica que la condición alcanzada en términos del coeficiente de fricción por la superficie del pavimento en el proyecto, se considera un deterioro prematuro y no corresponde a las condiciones esperables de acuerdo con la inversión realizada la condición de proyecto nuevo y su importancia en la red vial nacional estratégica.



11. CONCLUSIONES

- 11.1** Utilizando la metodología de Índice de Condición del Pavimento (PCI por sus siglas en inglés) para la vía principal del proyecto se obtuvo un valor de 92,4 el cual es mayor al valor obtenido en la evaluación anterior (88,5).
- 11.2** Existen agrietamientos en los taludes revestidos, así como aberturas entre el espaldón y los taludes revestidos que pueden favorecer el ingreso de agua a la estructura del pavimento, los cuales no se han sellado como recomienda la Supervisión mediante oficio 2015-250-SCL.
- 11.3** Se encuentran deterioros en algunas losas, los cuales a la fecha no han sido atendidos y que deben ser reparadas según lo indicado en el CR-2010 División 500 "Pavimentos de concreto hidráulico" sección 501 "Pavimentos de concreto hidráulico" apartado 501.11 "Juntas".
- 11.4** Se conoce de zonas del proyecto que ante eventos de mucha precipitación se ven afectadas por inundaciones, la Unidad Ejecutora indica que se ha logrado una mejora en el manejo de aguas del proyecto mediante la ampliación de tragantes existentes, construcción de tragantes adicionales, ampliación de cunetas y la limpieza general de las obras de captación de aguas.
- 11.5** Los valores de IRI reportados en la medición realizada en diciembre del 2015, se encuentran por encima del valor especificado, en donde el 2,1% de los tramos se asocia a una multa de 5% del valor de la losa de concreto, el 6,1% de los tramos corresponde a una multa del 10%, el 22,5% de los tramos analizados tiene una multa de 20% y el 35% de los tramos se le asocia una multa del 40%. Un porcentaje similar (34,4% de los tramos estudiados) se encuentran dentro del rango de valores establecidos en la especificación del IRI del Cartel de acuerdo a la interpretación emitida por la Unidad Ejecutora en el oficio UE-2014-073.
- 11.6** Al realizar una comparación porcentual de las secciones del proyecto medidas tanto en febrero como en diciembre del 2015 se puede observar el porcentaje de tramos con valores de IRI por debajo del valor especificado disminuye en la medición realizada en diciembre. En el caso de los tramos con valores de IRI correspondientes a 5%, 10% y 40% de multa aumentan en la medición de diciembre del 2015.
- 11.7** A pesar de que se obtuvieron algunas mejoras en el valor de fricción (GRIP NUMBER) todavía existen muchos valores que son menores a los recomendados para una carretera lo cual puede ocasionar un aumento en la cantidad de accidentes de tránsito en el proyecto auditado.

12. RECOMENDACIONES

Le corresponde a la Administración definir e implementar las medidas correctivas y preventivas pertinentes, que contribuyan a subsanar los hallazgos y observaciones planteados en el presente informe. A continuación se indican algunas recomendaciones.



A la Ingeniería de Proyecto y la Unidad Ejecutora PIV I

- 1.1 Con respecto a los deterioros detectados por esta Auditoría Técnica se recomienda procurar que se siga con el proceso de reparación de las losas con el fin de garantizar que se realice un adecuado trabajo que cumpla con las buenas prácticas de la ingeniería.
- 1.2 En relación con las zonas inundadas se recomienda velar para que se realicen todos los trabajos que sean necesarios que aseguren un manejo de aguas adecuado de manera que no afecte la seguridad ni la durabilidad de la obra.
- 1.3 Se recomienda a la Unidad Ejecutora implementar las medidas correctivas necesarias para que en el proyecto se cumpla con el valor de IRI especificado, con el objetivo de que el proyecto se desempeñe de la forma prevista.
- 1.4 Velar para que se tomen acciones que permitan mejorar los valores de fricción que se están obteniendo en el proyecto para minimizar el riesgo de incidencia de accidentes de tránsito en el proyecto por causas de derrape de vehículos.

A la Dirección Ejecutiva de CONAVI

- 1.5 Velar para que en futuros proyectos el control del IRI se realice desde la etapa de construcción de las capas inferiores, en vista que estas contribuyen de manera directa con la calidad y condición de la superficie final de ruedo.
- 1.6 Incluir en futuros proyectos viales especificaciones especiales en torno a la resistencia al deslizamiento mínima requerida para garantizar un tránsito de vehículos mayor número de componentes y aspectos de seguridad, principalmente siendo carreteras donde se experimenten velocidades típicas importantes y con considerables pasos peatonales existentes.

13. REFERENCIAS

- Ahamed, M. A., & Tighe, S. L. (2008). Long Term and Seasonal Variations of Pavement Surface Friction. *Long-term Warranty Contracts for Pavement Construction or Rehabilitation Session*. Toronto, Ontario.
- Asociación Colombiana de Productores de Concreto. (2015). Whitetopping. *Control Integral*, (págs. 127-130). Bogotá.
- Asociación Colombiana de Productores de Concreto. (2015). Whitetopping: Rehabilitación de pavimentos flexibles con sobrecarpetas de concreto. *Control Integral*, (págs. 123-130). Bogotá.
- Barrantes Jimenez, R., Sanabria Sandino, J., & Loría Salazar, G. (2013). *Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica Años 2012-2013*. LanammeUCR, Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA), San José.
- Calo, D. (2013). Avances en las Características Superficiales de los Pavimentos de Hormigón. *5ª Jornada de Hormigón en Uruguay*, (págs. 9-10). Montevideo.



Cervantes-Calvo, V., & Fonseca-Chaves, F. (2015). *Evaluación de la calidad de los materiales, la capacidad estructural y funcional de la losa de rodamiento y aspectos constructivos*. LANAMME, PITRA, San José.

Cervantes-Calvo, V., Fonseca-Chaves, F., & Hidalgo-Arroyo, A. (2013). *Análisis de la calidad del material de préstamo, subbase, base estabilizada y concreto del pavimento. Periodo de muestreo: Abril a Junio 2013*. San Jose.

Cervantes-Calvo, V., Fonseca-Chaves, F., & Hidalgo-Arroyo, A. (2013). *Análisis de la calidad del material de préstamo, subbase, base estabilizada y concreto del pavimento. Periodo de muestreo: Enero a Marzo 2013*. San José.

LanammeUCR. (2014). *Manual de Auscultación Visual de Pavimentos de Costa Rica*. San José.

MOPT. (1977). *Especificaciones Generales para la construcción de Caminos, Carreteras y Puentes*. San José.

MOPT. (2010). *Especificaciones Generales para la construcción de Caminos, Carreteras y Puentes*. San José.

EQUIPO AUDITOR

<p>Preparado por: Ing. Víctor Cervantes Calvo. Auditor Técnico</p>	<p>Preparado por: Ing. Francisco Fonseca Chaves. Auditor Técnico</p>	<p>Preparado por: Ing. Ana Elena Hidalgo Arroyo. Auditora Técnica</p>
<p>Aprobado por: Ing. Mauricio Salas Chaves Coordinador a.i. Unidad de Auditoría Técnica PITRA</p>	<p>Aprobado por: Ing. Guillermo Loría Salazar, Ph.D. Coordinador General PITRA</p>	<p>Visto Bueno de Legalidad: Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal Externo LanammeUCR</p>