



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL  
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

# Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR)

Informe: LM-INF-IC-D-018-2020

Fiscalización del contrato: Mejoramiento de obras de drenaje y de la superficie de ruedo de las Rutas Nacionales 906 y 929 (en el tramo Piave - Cañal) "Ruta de la Leche", Licitación 2018LN-000006-0012400001.



Preparado por:  
**Unidad de Auditoría Técnica**  
**LanammeUCR**

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

San José, Costa Rica  
Enero, 2021



Información Técnica del documento

<b>1. Informe</b> Informe de Auditoría Técnica: LM-INF-IC-D-018-2020	<b>2. Copia No.</b> 1	
<b>3. Título y subtítulo:</b> Fiscalización del contrato: Mejoramiento de obras de drenaje y de la superficie de ruedo de las Rutas Nacionales 906 y 929 (en el tramo Piave - Cañal) "Ruta de la Leche", Licitación 2018LN-000006-0012400001.	<b>4. Fecha del Informe</b> Enero, 2021	
<b>7. Organización y dirección</b> 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		
<b>8. Notas complementarias --**--</b>		
<b>9. Resumen</b> Este Informe de Auditoría Técnica LM-INF-IC-D-018-2020 recopila hallazgos y observaciones sobre la contratación 2018LN-000006-0012400001 para la atención de las Rutas Nacionales 906 y 929 (conocida como Ruta de la Leche). Este proyecto se ejecutó entre los meses de octubre de 2019 y enero de 2020 y la Auditoría Técnica realizada se basa principalmente en el análisis del desempeño a corto plazo del proyecto (hasta agosto de 2020). No obstante, durante el transcurso del proceso de auditoría y previo a la recepción final del proyecto, se comunicó a la Administración sobre algunos de los aspectos más relevantes contenidos en el presente informe. Dentro de los resultados de esta Auditoría Técnica, se evidenciaron múltiples deterioros en la capa superficial de ruedo pocos días después de finalizadas las obras en el proyecto. Específicamente, se observaron grietas longitudinales de magnitud variable, incluso superiores a los 7 cm. Se considera que la causa de estos deterioros prematuros responde a diversos factores como: deficiencias en el sistema de drenajes, falta de confinamiento lateral de la vía e incluso deficiencias en la calidad de la mezcla asfáltica colocada. Respecto al tema de drenajes, se observó que el proyecto no prioriza de manera adecuada la atención al sistema de drenajes, por lo tanto, dicho sistema cuenta con múltiples deficiencias que comprometen su desempeño a futuro y eso también se vio reflejado en los deterioros encontrados. Además, para corregir los deterioros encontrados, la Administración aprobó el uso de sellos de grietas y bacheos pequeños. A criterio del Equipo Auditor, estas técnicas no corresponden al estándar de un proyecto de obra nueva. Por otra parte, se observó que meses después de finalizadas las labores en el proyecto persistían escombros a un lado de la vía. Por último, en el informe se detalla la condición de regularidad superficial, capacidad estructural y fricción superficial del proyecto, todos estos parámetros de desempeño empleados ampliamente a nivel internacional. Encontrándose que, en términos de regularidad superficial, el 36 % del proyecto se encontraba en condición regular al momento de su finalización y la capacidad estructural del pavimento es buena. Además, en términos de fricción superficial, el 79 % del proyecto se encontraba en condición muy deslizante.		
<b>10. Palabras clave</b> Asfaltado – MOPT – Ruta de la leche – Desempeño – Auditoría Técnica	<b>11. Nivel de seguridad:</b> Normal	<b>12. Núm. de páginas</b> 62



## INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA

**LM-INF-IC-D-018-2020:** “Fiscalización del contrato: Mejoramiento de obras de drenaje y de la superficie de ruedo de las Rutas Nacionales 906 y 929 (en el tramo Piave - Cañal) “Ruta de la Leche”, Licitación 2018LN-000006-0012400001”.

**Departamento encargado del proyecto:** Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT)

Licitación Pública Número: 2018LN-000006-0012400001

Costo del proyecto: ₡ 1.484.088.866,36

Longitud del proyecto: 10.000 m

Plazo de ejecución: 60 días calendario

Contratista: Constructora Hernán Solís SRL

Laboratorio de autocontrol: OJM Consultores de Calidad y Laboratorios S.A

Laboratorio de verificación de la calidad: Laboratorio de materiales del MOPT

**Director del LanammeUCR:**

Ing. Alejandro Navas Carro, MSc.

**Asesor Legal:**

Lic. Miguel Chacón Alvarado

**Coordinadora de la Unidad de Auditoría Técnica, LanammeUCR:**

Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc.

**Auditores:**

Auditor Técnico Líder: Ing. Luis Diego Herra Gómez

Auditores Adjuntos: Ing. Mauricio Salas Chaves

Ing. José David Rodríguez Morera

**Alcance del informe:**

El alcance de este informe incluye la revisión de la documentación contractual que respalda los trabajos ejecutados sobre las Rutas Nacionales 906 y 929, específicamente en las secciones de control: 50771, 50772 y 50761, entre los poblados Piave – Cañal, mediante la Licitación Pública Número 2018LN-000006-0012400001.

Además, abarca la realización de giras técnicas y de ensayos no destructivos para la evaluación de la condición final del proyecto en términos de regularidad superficial, condición estructural y fricción superficial. Finalmente, una vez revisados los elementos citados, se emiten conclusiones y recomendaciones que permitan a la Administración tener un panorama más claro sobre la condición final del proyecto y tomar acciones correctivas y preventivas, o hacer valer garantías de cumplimiento que permitan asegurar el correcto desempeño del proyecto, según el alcance establecido en el contrato.

Por último, resulta importante mencionar que como parte del alcance de esta Auditoría Técnica y previo a la emisión de este informe, se han enviado de forma oportuna a la Administración (en este caso particular a la Macro Región de Guanacaste, a cargo del MOPT), oficios (Notas Informes) informando varios de los aspectos observados en las giras realizadas y señalados en este documento, para que pudieran ser atendidos antes de la recepción del proyecto.



## TABLA DE CONTENIDOS

<b>1. FUNDAMENTACIÓN.....</b>	<b>8</b>
<b>2. OBJETIVO GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS .....</b>	<b>8</b>
<b>3. OBJETIVOS DEL INFORME.....</b>	<b>9</b>
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	9
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	9
<b>4. ALCANCE DEL INFORME.....</b>	<b>9</b>
<b>5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>11</b>
<b>6. ANTECEDENTES .....</b>	<b>13</b>
<b>7. METODOLOGÍA.....</b>	<b>17</b>
7.1. EVALUACIÓN FUNCIONAL MEDIANTE EL ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL .....	17
7.2. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL MEDIANTE EL ENSAYO DE DEFLECTOMETRÍA DE IMPACTO .....	19
7.3. EVALUACIÓN DE LA FRICCIÓN SUPERFICIAL MEDIANTE EL GRIPTESTER.....	21
<b>8. DOCUMENTOS DE PREVALENCIA.....</b>	<b>22</b>
<b>9. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA .....</b>	<b>22</b>
9.1. HALLAZGOS Y OBSERVACIONES DE AUDITORÍA TÉCNICA .....	23
<b>HALLAZGO 1: EL PROYECTO PRESENTÓ DETERIOROS EN SU CAPA SUPERFICIAL DE RUEDO POCOS DÍAS DESPUÉS DE FINALIZADAS LAS OBRAS.....</b>	<b>23</b>
<b>HALLAZGO 2: EL PROYECTO CUENTA CON DEFICIENCIAS EN SU SISTEMA DE DRENAJES .....</b>	<b>36</b>
<b>HALLAZGO 3: A LO LARGO DEL PROYECTO SE ENCONTRARON ESCOMBROS QUE NO FUERON RETIRADOS .....</b>	<b>43</b>
<b>OBSERVACIÓN 1: EN TÉRMINOS DE REGULARIDAD SUPERFICIAL, EL 36 % DEL PROYECTO SE ENCONTRABA EN CONDICIÓN REGULAR AL MOMENTO DE SU FINALIZACIÓN .....</b>	<b>45</b>
<b>OBSERVACIÓN 2: EN TÉRMINOS GENERALES EL PROYECTO CUENTA CON UNA BUENA CAPACIDAD ESTRUCTURAL AL MOMENTO DE SU FINALIZACIÓN .....</b>	<b>47</b>
<b>OBSERVACIÓN 3: EN TÉRMINOS DE FRICCIÓN SUPERFICIAL, EL 79 % DEL PROYECTO SE ENCONTRABA EN CONDICIÓN MALA (MUY DESLIZANTE) AL MOMENTO DE SU FINALIZACIÓN .....</b>	<b>54</b>
<b>10. CONCLUSIONES .....</b>	<b>57</b>
<b>11. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>59</b>
<b>12. REFERENCIAS .....</b>	<b>60</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	11
FIGURA 2. SECCIÓN TÍPICA DEL PROYECTO ENTRE LOS ESTACIONAMIENTOS 0+000 Y 2+800. ....	12
FIGURA 3. SECCIÓN TÍPICA DEL PROYECTO ENTRE LOS ESTACIONAMIENTOS 2+800 Y 5+000. ....	12
FIGURA 4. SECCIÓN TÍPICA DEL PROYECTO ENTRE LOS ESTACIONAMIENTOS 5+000 Y 10+000.....	12
FIGURA 5. PERFIL LONGITUDINAL DE UNA CARRETERA .....	18
FIGURA 6. PERFILES LONGITUDINALES CONSIDERADOS PARA EL CÁLCULO DEL MRI.....	18
FIGURA 7. EJEMPLOS DE FALLAS CONSTRUCTIVAS QUE PUEDEN AFECTAR LA REGULARIDAD SUPERFICIAL DE UN PROYECTO.....	19
FIGURA 8. DEFLECTÓMETRO DE IMPACTO (FWD) LANAMMEUCR .....	19
FIGURA 9. ILUSTRACIÓN CURVA DE DEFLEXIONES GENERADA ENSAYO DEFLECTOMETRÍA (FWD) .	20
FIGURA 10. GRIPTESTER DEL LANAMMEUCR.....	21
FIGURA 11. UBICACIÓN DE LOS DETERIOROS Y ALGUNAS DE LAS DEFICIENCIAS EN EL SISTEMA DE DRENAJES OBSERVADAS POR EL EQUIPO AUDITOR EN EL PROYECTO DE ASFALTADO DE LA RUTA DE LA LECHE. FECHA: 3 DE JUNIO DE 2020. ....	24
FIGURA 12. AGRIETAMIENTO LONGITUDINAL DE SEVERIDAD ALTA EN EL BORDE DE LA CALZADA QUE INCLUSO AFECTA LA REPARACIÓN REALIZADA POR EL CONTRATISTA ENTRES LOS ESTACIONAMIENTOS 9+750 Y 9+850. ESTACIONAMIENTO: 9+830. RUTA NACIONAL: 929. SECCIÓN DE CONTROL: 50761 (BARRIO SAN MARTÍN – POZO DE AGUA). FECHA: 3 DE JUNIO DE 2020.....	25
FIGURA 13. AGRIETAMIENTO LONGITUDINAL DE SEVERIDAD ALTA EN EL BORDE Y CENTRO DE LA CALZADA. ESTACIONAMIENTO: 9+830. RUTA NACIONAL: 929. SECCIÓN DE CONTROL: 50761 (BARRIO SAN MARTÍN – POZO DE AGUA). FECHA: 3 DE JUNIO DE 2020. ....	26
FIGURA 14. AGRIETAMIENTO LONGITUDINAL DE SEVERIDAD ALTA (A) Y BAJA (B) EN EL BORDE DE LA CALZADA. ESTACIONAMIENTO: 9+430. RUTA NACIONAL: 929. SECCIÓN DE CONTROL: 50761 (BARRIO SAN MARTÍN – POZO DE AGUA). FECHA: 3 DE JUNIO DE 2020. ....	27
FIGURA 15. AGRIETAMIENTO LONGITUDINAL DE SEVERIDAD MEDIA EN EL BORDE DE LA CALZADA. ESTACIONAMIENTO: 9+290. RUTA NACIONAL: 929. SECCIÓN DE CONTROL: 50761 (BARRIO SAN MARTÍN – POZO DE AGUA). FECHA: 3 DE JUNIO DE 2020.....	27
FIGURA 16. AGRIETAMIENTO LONGITUDINAL DE SEVERIDAD MEDIA EN EL BORDE DE LA CALZADA. ESTACIONAMIENTO: 7+990. RUTA NACIONAL: 906. SECCIÓN DE CONTROL: 50772 (CORRALILLO – SAN LÁZARO). FECHA: 3 DE JUNIO DE 2020. ....	28
FIGURA 17. AGRIETAMIENTO LONGITUDINAL DE SEVERIDAD BAJA EN EL CENTRO DE LA CALZADA. ESTACIONAMIENTO: 6+760. RUTA NACIONAL: 906. SECCIÓN DE CONTROL: 50771 (PIAVE – CORRALILLO). FECHA: 3 DE JUNIO DE 2020.....	28



FIGURA 18. AGRIETAMIENTO LONGITUDINAL DE SEVERIDAD MEDIA EN EL CENTRO DEL CARRIL.  
ESTACIONAMIENTO: 4+200. RUTA NACIONAL: 906. SECCIÓN DE CONTROL: 50771 (PIAVE –  
CORRALILLO). FECHA: 3 DE JUNIO DE 2020. .... 29

FIGURA 19. AGRIETAMIENTO LONGITUDINAL DE SEVERIDAD MEDIA EN EL CENTRO DEL CARRIL.  
ESTACIONAMIENTO: 3+410. RUTA NACIONAL: 906. SECCIÓN DE CONTROL: 50771 (PIAVE –  
CORRALILLO). FECHA: 3 DE JUNIO DE 2020. .... 29

FIGURA 20. AGRIETAMIENTO LONGITUDINAL DE SEVERIDAD MEDIA EN LA HUELLA EXTERNA DE LA  
CALZADA. ESTACIONAMIENTO: 3+130. RUTA NACIONAL: 906. SECCIÓN DE CONTROL: 50771  
(PIAVE – CORRALILLO). FECHA: 3 DE JUNIO DE 2020. .... 30

FIGURA 21. AGRIETAMIENTO LONGITUDINAL DE SEVERIDAD ALTA EN EL BORDE DE LA CALZADA.  
ESTACIONAMIENTO: 3+130. RUTA NACIONAL: 906. SECCIÓN DE CONTROL: 50771 (PIAVE –  
CORRALILLO). FECHA: 3 DE JUNIO DE 2020. .... 30

FIGURA 22. PUNTO 1: AGRIETAMIENTO LONGITUDINAL QUE FUE RELLENADO CON MATERIAL DE  
SELLO DE GRIETAS Y EN LA PARTE MÁS CRÍTICA DE LA GRIETA SE COLOCÓ UN BACHE DE 30 CM  
DE ANCHO CON MEZCLA ASFÁLTICA DE GRANULOMETRÍA FINA. ESTACIONAMIENTO: 9+830.  
RUTA NACIONAL: 929. SECCIÓN DE CONTROL: 50761 (BARRIO SAN MARTÍN – POZO DE  
AGUA). FECHA: 4 DE AGOSTO DE 2020. .... 31

FIGURA 23. PUNTO 1: EL SELLO DE GRIETAS EN ALGUNOS CASOS NO CUBRE LA TOTALIDAD DE  
GRIETAS A SU ALREDEDOR. ESTACIONAMIENTO: 9+830. RUTA NACIONAL: 929. SECCIÓN DE  
CONTROL: 50761 (BARRIO SAN MARTÍN – POZO DE AGUA). FECHA: 4 DE AGOSTO DE 2020. 32

FIGURA 24. SELLO DE GRIETA NO ES SUFICIENTE PARA CUBRIR LA GRIETA PRINCIPAL.  
ESTACIONAMIENTO 8+380 SECCIÓN DE CONTROL: 50761 (BARRIO SAN MARTÍN – POZO DE  
AGUA). FECHA: 4 DE AGOSTO DE 2020. .... 32

FIGURA 25. ÁREA ENTRE CUNETA Y CAPA DE RUEDO SIN IMPERMEABILIZAR. NO HAY CONTINUIDAD  
PARA QUE EL AGUA SALGA ADECUADAMENTE HACIA LA CUNETA. UBICACIÓN: RUTA NACIONAL  
929, SECCIÓN CONTROL 50761, BARRIO SAN MARTÍN (RN 906) – POZO DE AGUA (IGLESIA),  
ESTACIONAMIENTO 9+760. FECHA 22 DE ENERO DE 2020..... 37

FIGURA 26. BERMA O ESPALDÓN SIN IMPERMEABILIZAR, DIFERENCIA DE NIVEL ENTRE CUNETA DE  
CONCRETO Y CUNETA EN TIERRA. UBICACIÓN: RUTA NACIONAL 929, SECCIÓN CONTROL  
50761, BARRIO SAN MARTÍN (RN 906) –POZO DE AGUA (IGLESIA), ESTACIONAMIENTO 9+545.  
FECHA 22 DE ENERO DE 2020. .... 38

FIGURA 27. PUNTO 1: DEFICIENCIAS EN EL SISTEMA DE DRENAJES (ACUMULACIONES DE AGUA A LA  
SALIDA DE UN CABEZAL). ESTACIONAMIENTO: 9+830. RUTA NACIONAL: 929. SECCIÓN DE  
CONTROL: 50761 (BARRIO SAN MARTÍN – POZO DE AGUA). FECHA: 3 DE JUNIO DE 2020..... 39

FIGURA 28. PUNTO 6: DEFICIENCIAS EN EL SISTEMA DE DRENAJES (ACUMULACIONES DE AGUA A LA  
SALIDA DE UN CABEZAL). ESTACIONAMIENTO: 6+390. RUTA NACIONAL: 929. SECCIÓN DE  
CONTROL: 50771 (PIAVE – CORRALILLO). FECHA: 3 DE JUNIO DE 2020..... 39

FIGURA 29. PUNTO 1: ACUMULACIÓN DE AGUA ESTANCADA EN LA SALIDA DE PASO DE  
ALCANTARILLA. RUTA NACIONAL: 929. SECCIÓN DE CONTROL: 50761 (BARRIO SAN MARTÍN –  
POZO DE AGUA). ESTACIONAMIENTO: 9+830. FECHA: 4 DE AGOSTO DE 2020. .... 40



FIGURA 30. PUNTO 2: ESCOMBROS COLOCADOS A UN LADO DE LA CALZADA. ESTACIONAMIENTO: 9+430. RUTA NACIONAL: 929. SECCIÓN DE CONTROL: 50761 (BARRIO SAN MARTÍN – POZO DE AGUA)..... 43

FIGURA 31. PUNTO 1: ESCOMBROS COLOCADOS A UN LADO DE LA CALZADA QUE AFECTAN EL DRENAJE DE LA VÍA. ESTACIONAMIENTO: 9+830. RUTA NACIONAL: 929. SECCIÓN DE CONTROL: 50761 (BARRIO SAN MARTÍN – POZO DE AGUA). FECHA: 4 DE AGOSTO DE 2020. 44

FIGURA 32. CLASIFICACIÓN DE REGULARIDAD SUPERFICIAL DEL PROYECTO ..... 45

FIGURA 33. EVOLUCIÓN DE LA REGULARIDAD SUPERFICIAL DEL PROYECTO, POR ESTACIONAMIENTO ..... 46

FIGURA 34. GRÁFICO DE FRECUENCIAS ACUMULADAS PARA LOS VALORES DE IRI EN EL PROYECTO ..... 46

FIGURA 35. CATEGORIZACIÓN DEL PARÁMETRO D0 EN EL PROYECTO ..... 49

FIGURA 36. EVOLUCIÓN DEL PARÁMETRO D0 EN EL PROYECTO, POR ESTACIONAMIENTO ..... 50

FIGURA 27. CATEGORIZACIÓN DEL PARÁMETRO BLI EN EL PROYECTO ..... 50

FIGURA 28. EVOLUCIÓN DEL PARÁMETRO BLI EN EL PROYECTO, POR ESTACIONAMIENTO..... 51

FIGURA 29. CATEGORIZACIÓN DEL PARÁMETRO MLI EN EL PROYECTO..... 52

FIGURA 30. EVOLUCIÓN DEL PARÁMETRO MLI EN EL PROYECTO, POR ESTACIONAMIENTO ..... 52

FIGURA 31. CATEGORIZACIÓN DEL PARÁMETRO LLI EN EL PROYECTO..... 53

FIGURA 32. EVOLUCIÓN DEL PARÁMETRO LLI EN EL PROYECTO, POR ESTACIONAMIENTO ..... 53

FIGURA 43. CATEGORIZACIÓN DE LA FRICCIÓN SUPERFICIAL DEL PROYECTO ..... 55

FIGURA 44. EVOLUCIÓN DE LA FRICCIÓN SUPERFICIAL EN EL PROYECTO, POR ESTACIONAMIENTO 56

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES EN EL ENSAYO DE FWD (CM)..... 20

TABLA 2. RANGOS DE CLASIFICACIÓN DE REGULARIDAD SUPERFICIAL (IRI) PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES..... 45

TABLA 3. ESTADÍSTICAS GENERALES SOBRE LA CONDICIÓN DE REGULARIDAD SUPERFICIAL DEL PROYECTO ..... 47

TABLA 4. CLASIFICACIÓN DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL PARA PAVIMENTOS CON BASE GRANULAR ..... 49

TABLA 5. CATEGORIZACIÓN PORCENTUAL DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL DEL PROYECTO, PARA CADA UNO DE LOS PARÁMETROS EVALUADOS ..... 54

TABLA 6. RANGOS DE CLASIFICACIÓN DE FRICCIÓN SUPERFICIAL MEDIANTE EL PARÁMETRO GRIP NUMBER ..... 55

TABLA 7. ESTADÍSTICAS GENERALES SOBRE LA CONDICIÓN DE FRICCIÓN SUPERFICIAL DEL PROYECTO ..... 56



## INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA

**LM-INF-IC-D-018-2020:** Fiscalización del contrato: Mejoramiento de obras de drenaje y de la superficie de ruedo de las Rutas Nacionales 906 y 928 (en el tramo Piave - Cañal) “Ruta de la Leche”, Licitación 2018LN-000006-0012400001

### 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 plan anual de la Unidad de Auditoría Técnica 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.”*

### 2. OBJETIVO GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS

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



### 3. OBJETIVOS DEL INFORME

#### 3.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo general del este informe es evaluar la condición y desempeño de los trabajos ejecutados, sobre las Rutas Nacionales 906 y 929 (ruta de la leche), mediante la licitación pública número 2018LN-000006-0012400001.

#### 3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Dar seguimiento al proyecto en sus primeros meses de servicio, para evaluar el desempeño del pavimento, así como de su sistema de drenaje.
- Mediante el parámetro IRI evaluar la condición de regularidad superficial de la superficie de ruedo del proyecto.
- Mediante la aplicación del ensayo FWD, evaluar la condición estructural del pavimento.
- Mediante el parámetro Grip Number, evaluar la condición de fricción superficial del proyecto.

### 4. ALCANCE DEL INFORME

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, 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.

Estas observaciones y hallazgos pretenden identificar oportunidades de mejoras para el desarrollo de los procesos en la etapa constructiva y/o operativa, mismas que deben ser analizadas, con el propósito de plantear medidas preventivas y correctivas, tanto para los proyectos en estudio como para los futuros, y que éstas sean implementadas por el MOPT-CONAVI.



El alcance de este informe incluye la revisión de la documentación contractual que respalda los trabajos ejecutados sobre las Rutas Nacionales 906 y 929, específicamente en las secciones de control: 50771, 50772 y 50761, entre los poblados Piave – Cañal, mediante la Licitación Pública Número 2018LN-000006-0012400001.

Además, abarca la realización de giras técnicas y ensayos no destructivos para la evaluación de la condición final del proyecto en términos de regularidad superficial, condición estructural y fricción superficial. Finalmente, una vez revisados los elementos citados, se emiten conclusiones y recomendaciones que permitan a la Administración tener un panorama más claro sobre la condición final del proyecto y tomar acciones correctivas y preventivas, o hacer valer garantías de cumplimiento que permitan asegurar el correcto desempeño del proyecto, según el alcance establecido en el contrato.

Por último, como parte del alcance de esta auditoría y previo a la emisión de este informe, se han enviado de forma oportuna a la Administración (en este caso particular a la Macro Región de Guanacaste, a cargo del MOPT) oficios (Notas Informes) sobre varios de los aspectos evidenciados y señalados en este documento, para que puedan ser atendidos antes de la recepción del proyecto.



## 5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

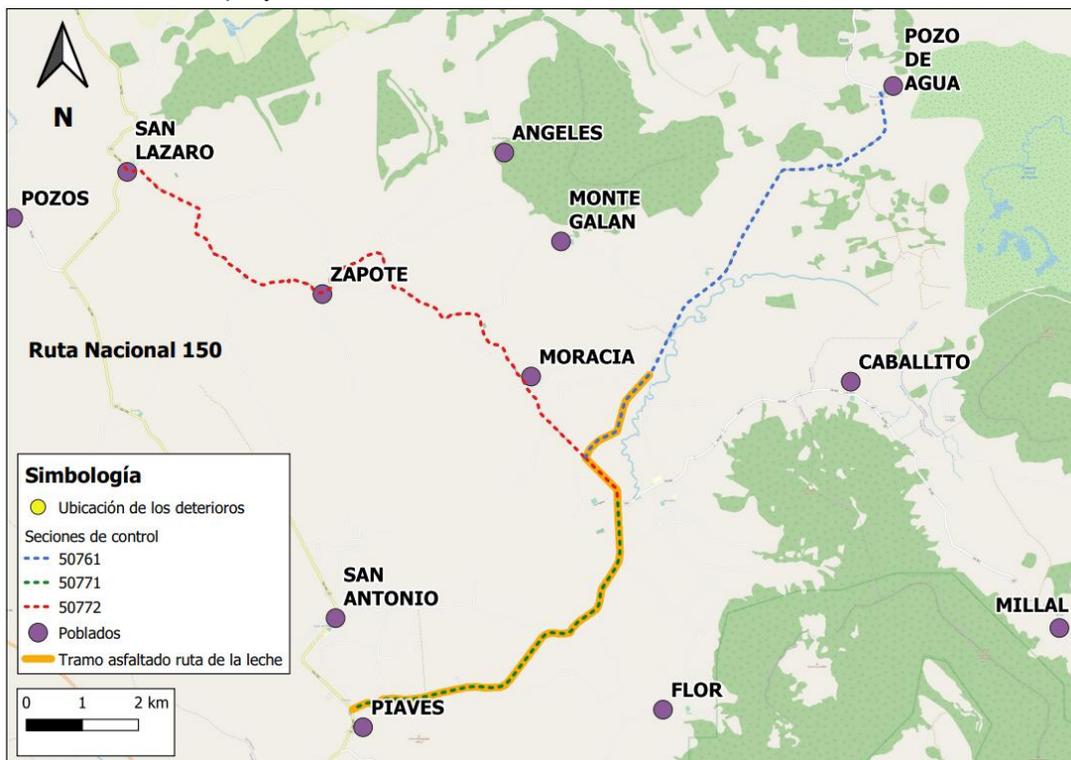
El proyecto auditado en el presente informe corresponde al ejecutado mediante la Licitación Pública Número: 2018LN-000006-0012400001 “Mejoramiento de obras de drenaje y de la superficie de ruedo de los siguientes tramos seleccionados de las Rutas Nacionales: RN 906: de El Piave (RN.150) a Barrio San Martín (RN.929) RN 929: de Barrio San Martín (RN.906) a Cañal”.

Este proyecto a cargo del MOPT fue adjudicado a la empresa Hernán Solís SRL por un monto de ₡ 1.484.088.866,36 y un plazo de 60 días calendario.

De acuerdo con la plataforma del Sistema Integrado de Compras Públicas (SICOP), la justificación del proyecto es brindar a los ciudadanos del Cantón de Nicoya una Ruta (conocida como Ruta de la Leche) totalmente mejorada desde el sistema de drenajes, la base, subbase y hasta la carpeta asfáltica.

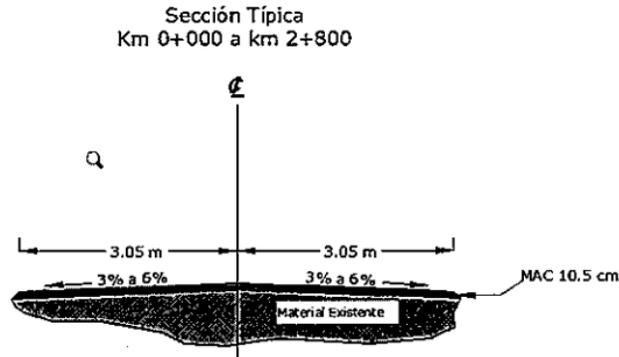
Por otra parte, la ubicación del proyecto se muestra en la Figura 1, donde los trabajos realizados abarcan únicamente el trazo indicado como “Tramo asfaltado de la Ruta de la Leche”. Este tramo se ubica en las secciones de control 50771, 50772 (ambos de la Ruta 906) y 50761 (Ruta 929).

Figura 1. Ubicación del proyecto



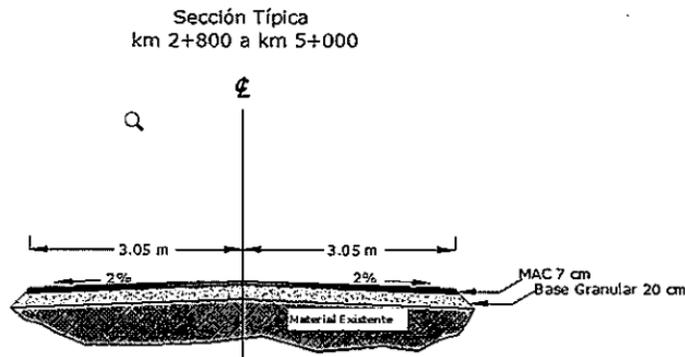
El proyecto tiene una longitud de 10.000 metros; sin embargo, su sección típica varía según el estacionamiento, como se muestra en las siguientes figuras:

**Figura 2.** Sección típica del proyecto entre los estacionamientos 0+000 y 2+800.



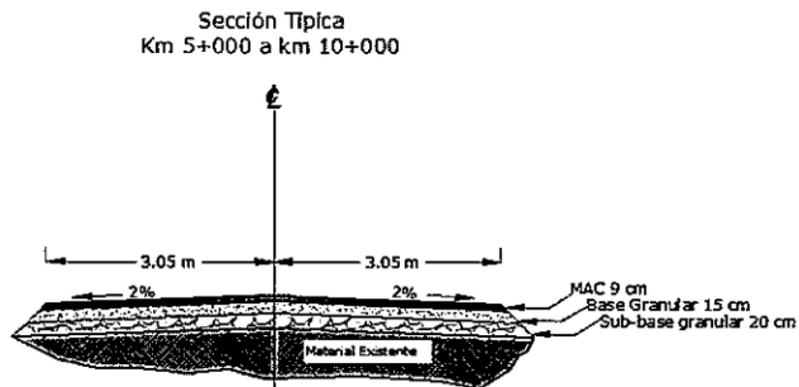
Fuente: MOPT, 2018

**Figura 3.** Sección típica del proyecto entre los estacionamientos 2+800 y 5+000.



Fuente: MOPT, 2018.

**Figura 4.** Sección típica del proyecto entre los estacionamientos 5+000 y 10+000.



Fuente: MOPT, 2018.



## 6. ANTECEDENTES

Para recopilar lo antecedentes del proyecto se revisó la información expuesta en SICOP [www.sicop.go.cr](http://www.sicop.go.cr) y en SIGEPRO. A partir de la información expuesta en estas plataformas se generó un resumen de las contrataciones mediante las cuales se ha intervenido en los últimos dos años a las secciones de control: 50771, 50772 y 50761. A continuación, se muestra el resumen que empieza con la licitación 2018LN-000006-0012400001 correspondiente a la presente Auditoría.

**Licitación:** 2018LN-000006-0012400001

**Atiende a:** Secciones de control 50771, 50772 y 50761

**Descripción:** De acuerdo con la plataforma del Sistema Integrado de Compras Públicas (SICOP), la justificación del proyecto es brindar a los ciudadanos del Cantón de Nicoya una Ruta (conocida como Ruta de la Leche) totalmente mejorada desde el sistema de drenajes, la base, sub base y hasta la carpeta asfáltica.

**Monto:** ₡ 1.484.088.866,36

**Fechas:** orden de inicio 24/10/2019 (60 días calendario) refrendado el 03/10/2019

**Encargado:** MOPT

**Contratista:** Constructora Hernán Solís SRL.

**Estado:** **Recepción final**

**Licitación:** 2019LA-000011-0006000001

**Atiende a:** Sección de control 50772

**Descripción:** Este proyecto se desarrollaría en varias etapas, desde el descuaje de árboles, ampliación de la vía, revisión y mejora del sistema de drenajes, reacondicionamiento de la calzada, colocación de sellos asfálticos en algunos tramos, hasta la colocación elementos de seguridad vial.

**Monto:** ₡ 344.725.947,16 (hasta ₡ 517.088.920,74)

**Fechas:** 22/01/2020 – 20/04/2020

**Encargado:** CONAVI

**Contratista:** Constructora Hermanos Bustamante e Hijos S.A.

**Estado:** **Adjudicado, pero en suspensión total, no se han ejecutado labores** (Fuente: SIGEPRO)



**Licitación:** 2019LA-000009-0006000001

**Atiende a:** Secciones de control 50761 y 50762

**Descripción:** La justificación para realizar el presente procedimiento de contratación administrativa, radica en el mal estado de la capa de ruedo de esta ruta, que presenta varias zonas con poca capacidad de soporte, así como sistemas de drenaje en mal estado, todo esto afectando la transitabilidad, comodidad y seguridad de los usuarios.

**Monto:** ₡ 464.946.862,00

**Fechas:** 30/06/2019 – 06/10/2019

**Encargado:** CONAVI

**Estado:** **Desierto/infructuoso**

**Licitación:** IMP-015-2019

**Atiende a:** Secciones de control 50771, 50772, 50761 y 50762

**Descripción:** De acuerdo con SIGEPRO, con el fin de reestablecer el paso regular, mejorando la superficie de ruedo con material quebrado y recobrar el ancho mínimo de calzada.

**Monto:** ₡ 164.980.277,94 (hasta ₡ 247.470.416,91)

**Fecha de aprobación:** 11/10/2019 (SIGEPRO no muestra la fecha de orden de inicio)

**Encargado:** CONAVI

**Contratista:** ALSO FRUTALES S.A.

**Estado:** **Aprobado, SIGEPRO no muestra estimaciones de pago**

**Licitación:** IMP-007-2018

**Atiende a:** Secciones de control 50761 y 50762

**Descripción:** De acuerdo con SIGEPRO, con la finalidad de dar una adecuada transitabilidad, mejorar la superficie y los niveles de la superficie de ruedo de la ruta nacional y de garantizar el encauzamiento y limpieza de los pasos de drenaje transversal para el adecuado transporte de las escorrentías, y de la construcción de sistemas de mitigación de deslizamientos se intervendrá a la brevedad mediante un Evento Imprevisible.

**Monto:** ₡ 164.748.858,36 (hasta ₡ 247.177.287,54)

**Fecha de aprobación:** Orden de inicio aprobada el 05/03/2019

**Encargado:** CONAVI

**Contratista:** INVERSIONES TARU DEL NORTE S.A.

**Estado:** **Activo según SIGEPRO, SIGEPRO no muestra estimaciones de pago**



**Licitación:** EXP-016-2018

**Atiende a:** Sección de control 50771

**Descripción:** Imprevisibilidad por contratación para suministro y acarreo de base de agregados graduación C.

**Monto:** ₡ 89.952.999,82 (hasta ₡ 134.929.499,73)

**Fechas:** 13/07/2018 - 10/10/2018

**Encargado:** CONAVI

**Contratista:** Grupo Empresarial El Almendro S.A.

**Estado:** Activo según SIGEPRO, pero ya el proyecto cumplió con el plazo y se muestran las estimaciones de pago en SIGEPRO

**Licitación:** 2017CD-000014-0006000001

**Atiende a:** 19 Rutas Nacionales, entre ellas la 906 y 929

**Descripción:** Contratación de maquinaria para la atención de las rutas.

**Monto:** ₡ 85.814.500,00 (hasta ₡ 128.721.750,00)

**Fechas:** 13/03/2018 - 13/03/2019

**Encargado:** CONAVI

**Contratista:** Grupo Empresarial El Almendro S.A.

**Estado:** Activo según SIGEPRO, pero ya el proyecto cumplió con el plazo y se muestran las estimaciones de pago en SIGEPRO

**Licitación:** 2017LA-000001-0006000001

**Atiende a:** Secciones de control 50771, 50772 y 50761

**Descripción:** Colocación de material granular y atención al sistema de drenajes.

**Monto:** ₡ 100.510.045,09 (hasta ₡ 150.765.067,64)

**Fechas:** 13/11/2017 – 30/09/2018

**Encargado:** CONAVI

**Contratista:** Grupo Orosí S.A.

**Estado:** Suspensión parcial, según SIGEPRO solo se ejecutó una estimación de pago por un monto de 25 millones para la colocación de material granular en la sección de control 50771



## 7. AUDIENCIA DE LA PARTE AUDITADA PARA EL ANÁLISIS DEL INFORME EN SU VERSIÓN PRELIMINAR

De acuerdo con los procedimientos de esta auditoría técnica del LanammeUCR, este informe en su versión preliminar LM-INF-IC-D-018B-2020 fue remitido a la Administración el día 7 de diciembre de 2020, mediante oficio LM-IC-D-1083-2020, para que fuese analizado por parte de la Macro Región de Guanacaste del MOPT.

La presentación del informe se realizó el día 14 de diciembre de 2020 de manera virtual, y fue dirigida a la parte auditada con el fin de que se conocieran con mayor claridad y se expusieran los puntos que se requirieran ampliar según el contenido del informe.

En la presentación participó el Ing. David López (Ing. de proyecto Macro Región Guanacaste), el Ing. Ruy Dotti Sanabria (Director Dirección de Geotecnia y Materiales del MOPT), Ing. Alonso Mora Arroyo (Director Regional Macro Región Guanacaste), Ing. Marcia Durán (Jefa del Departamento de Laboratorio del MOPT), Ing. Hugo Chaves Gutierrez (Departamento de Pavimentos del MOPT), Ing. Juan Carlos Elizondo (Subdirección de contratación vial MOPT), Lic. Irma Gómez (Auditoría MOPT), Ing. Tatiana Muñoz (Auditoría MOPT) y Isaac Araya Ugalde (Auditoría MOPT).

Por parte de la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR estuvieron presente los auditores encargados del informe, Ing. Luis Diego Herra Gómez, Ing. José David Rodríguez Morera, Ing. Mauricio Salas Chaves, así como la coordinadora de la auditoría la Ing. Wendy Sequeira Rojas MSc. Además, se contó con la participación de los ingenieros Luis Daniel Espinoza y Luis Carlos Alfaro que forman parte de la unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR

Por último, al finalizar la presentación del informe se estableció un plazo de 15 días hábiles para que la Administración realizara un descargo al informe. Sin embargo, al final de este plazo la Administración no emitió ningún descargo al respecto.



## 8. METODOLOGÍA

Las actividades desarrolladas por el equipo auditor en el presente informe se basaron en la realización de giras técnicas, reuniones con el departamento de Auditoría General del MOPT y emisión de notas informe a la Administración, para informar de manera oportuna sobre algunos aspectos del informe previo a su emisión.

Además, para evaluar objetivamente el desempeño del proyecto llevado a cabo en las Rutas Nacionales 906 y 929, se empleó el perfilómetro láser para medir la regularidad superficial de la vía y así estimar el índice de regularidad internacional (IRI), el deflectómetro de impacto (FWD) y el GripTester, estos ensayos permiten evaluar la condición funcional, estructural y de fricción superficial de una carretera, respectivamente, y sus características se describen a continuación:

### 8.1. Evaluación funcional mediante el Índice de Regularidad Internacional

La regularidad superficial, de acuerdo con la norma ASTM 867-06 “*Standard Terminology Relating to Vehicle – Pavement Systems*”, corresponde a la desviación de una determinada superficie (carretera) respecto a una superficie plana teórica. Dichas desviaciones afectan tres aspectos principales: el confort de usuario, la seguridad vial y los costos de mantenimiento, tanto de los usuarios hacia sus vehículos, como de la Administración hacia las carreteras.

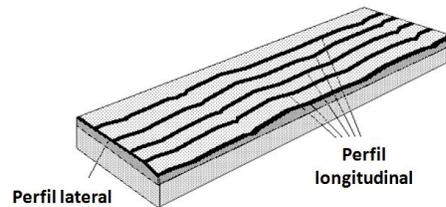
Este parámetro, por su importancia, ha tratado de ser cuantificado a lo largo del desarrollo de la ingeniería de pavimentos mediante diversos índices que en sus inicios consistieron en medidas subjetivas que relacionaban el confort del usuario al transitar por una carretera con la regularidad superficial de la misma.

Posteriormente, en la década de 1970, producto del financiamiento a programas de investigación a gran escala, se evidenció la necesidad de contar con un índice estable en el tiempo, transferible y relevante. De este modo, con el objetivo de unificar los diferentes parámetros que se utilizaban en diferentes países para medir la regularidad superficial, en 1982 se realizó en Brasil el proyecto *International Road Roughness Experiment*, donde se definió el Índice de Regularidad Internacional (IRI) como un parámetro adecuado para medir la regularidad superficial en carreteras.

El IRI resume matemáticamente el perfil longitudinal de la superficie de camino en una huella, representando las vibraciones inducidas por la rugosidad del camino en un auto de pasajeros estándar, producto de la simulación del modelo de cuarto de coche para una velocidad de desplazamiento de 80 km/h (Sayers, Gillespie y Paterson, 1986). Para caminos pavimentados el rango de la escala del IRI es de 0 m/km a 12 m/km, donde 0 representa una superficie perfectamente uniforme y 12 un camino intransitable; para vías no pavimentadas la escala se extiende hasta el valor de 20 m/km.

Perfil longitudinal de la superficie de camino: Corte en dos dimensiones de la superficie de la carretera (ver Figura 5). Se pueden tomar muchos perfiles de una carretera a lo largo de diferentes líneas imaginarias. Sin embargo, para el cálculo del IRI interesa el perfil longitudinal ubicado bajo las huellas de las llantas de los vehículos, pues estos perfiles representan las franjas sobre las cuales se da el tránsito vehicular.

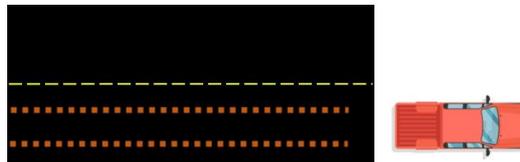
**Figura 5.** Perfil longitudinal de una carretera



Fuente: Adaptado de Sayers y Karamihas, 1998

Como el IRI se define como una propiedad del perfil longitudinal, si se quisiera establecer un valor de regularidad en el carril de una carretera habría que definir cuántos perfiles tomar en dicho carril. Usualmente, para determinar la regularidad de un carril, se toman los perfiles en ambas huellas de las llantas de un vehículo y se calcula el IRI promedio de las huellas izquierda y derecha de un vehículo (ver Figura 6), este parámetro se conoce como *Mean Roughness Index (MRI)*.

**Figura 6.** Perfiles longitudinales considerados para el cálculo del MRI



Por otra parte, aunque casi siempre se habla del valor de IRI de una carretera, para ser precisos se debe especificar cada cuánto se determina dicho valor, ya que intervalos de longitud mayores ocultan niveles altos de regularidad superficial en los pavimentos. De este modo, la base de cálculo del IRI debe ser consistente con el tipo de análisis que se esté realizando, por ejemplo: si se está priorizando rutas para su posterior intervención (análisis a nivel de red) se suele utilizar una base de medición a cada 200 m. Por el contrario, si se desea evaluar un proyecto (control de calidad y aceptación) conviene utilizar bases de cálculo con intervalos menores –a cada 10 m, 50 m o 100 m– según la importancia del proyecto.

Otro aspecto que debe tomarse en cuenta en el cálculo del IRI de una carretera, especialmente cuando se realizan mediciones de perfil para el control de calidad o aceptación de un proyecto, son las singularidades. Las singularidades son alternaciones al perfil longitudinal del camino que no provienen de fallas constructivas (ver Figura 7), por ejemplo: puentes, tapas de alcantarillas, cruces ferroviarios entre otros elementos que afectan al cálculo del IRI. Dichas singularidades deben ser identificadas, ya que al no atribuirse a fallas constructivas no se le pueden atribuir al contratista para efectos de control de calidad u aceptación de una obra vial.

**Figura 7.** Ejemplos de fallas constructivas que pueden afectar la regularidad superficial de un proyecto.



### 8.2. Evaluación estructural mediante el ensayo de deflectometría de impacto

Para analizar la capacidad estructural de los pavimentos estudiados se utilizó un ensayo no destructivo, específicamente una prueba de deflectometría de impacto. Este ensayo consiste en aplicar un golpe a la superficie del pavimento y medir las deflexiones instantáneas en diferentes puntos.

El equipo utilizado en el LanammeUCR, para realizar el ensayo de deflectometría es conocido como FWD por sus siglas en inglés (*Falling Weight Deflectometer*) o simplemente deflectómetro de impacto (ver Figura 8).

**Figura 8.** Deflectómetro de impacto (FWD) LanammeUCR



Fuente: LanammeUCR, 2008

El deflectómetro de impacto es un equipo de alta tecnología que mide el hundimiento o deflexión instantánea que experimenta el pavimento en un punto, debido al golpe de un peso definido (en este caso de 40 KN o 566 MPa) lanzado desde un mecanismo diseñado específicamente con ese propósito. Esta carga cae sobre un plato circular cuya área de contacto es similar a la de una llanta de vehículo; las deflexiones obtenidas son registradas

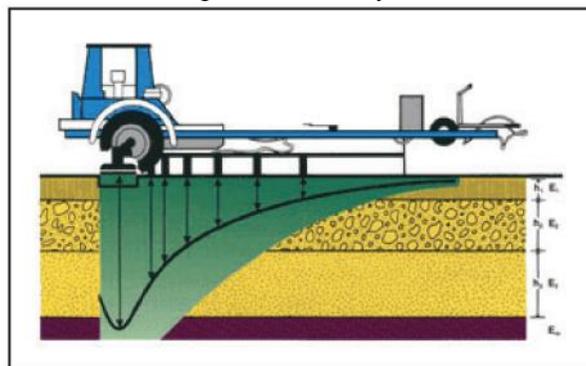
por 9 sensores, el primero directamente bajo en el plato de carga, y los demás dispuestos en un arreglo lineal con una distancia máxima de 180 cm, como se muestra en la Tabla 1. Con esta disposición es posible relacionar el tamaño de las deflexiones con las características de los materiales que componen el pavimento (LanammeUCR, 2015).

**Tabla 1.** Distribución de los sensores en el ensayo de FWD (cm)

Ubicación	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
X	0	20	30	45	60	90	120	150	180
Y	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Actualmente, existen diversas técnicas para relacionar estas deflexiones con la capacidad estructural de la carretera, las cuales se basan en la teoría del pavimento como una estructura multicapa, cuyo comportamiento sigue la teoría de elasticidad y muestra un patrón semejante al mostrado en la Figura 9.

**Figura 9.** Ilustración curva de deflexiones generada ensayo deflectometría (FWD)



Fuente: LanammeUCR, 2008

En cuanto a la frecuencia de medición de este ensayo, se tiene que esta depende del nivel para el cual se esté recabando la información. Según la guía *Standard Guide for General Pavement Deflection Measurements D 4695-03* de la organización ASTM (*American Standard for Testing Materials*), para una evaluación detallada y específica a nivel de proyecto, la cual se realiza con el propósito de localizar áreas que presenten altas deflexiones, las deflexiones son típicamente medidas con un espaciamiento de 10 m a 100 m. Por lo tanto, de acuerdo con las recomendaciones establecidas en esta guía, en el presente informe se analizaron datos de FWD registrados a cada 50 m.

Por último, el valor de la deflexión  $D_0$  fue corregido por temperatura utilizado como referencia a zonificación climática establecida por Orozco (2007). Además, para realizar la corrección por temperatura se emplean las metodologías y gráficos empleados por el Asphalt Institute (Temperatura del pavimento en función de la profundidad) y los gráficos de la SHRP (Strategic Highway Research Program) que asignan un Factor de Corrección en función del tipo de subrasante y la Temperatura Representativa del Pavimento.



### 8.3. Evaluación de la fricción superficial mediante el Griptester

El elemento de fricción de una carretera se define como el nivel de agarre o rozamiento que experimenta la llanta del vehículo con la carretera, esto quiere decir que, a mayor nivel de rozamiento, mayor es la fuerza que trata de oponerse al deslizamiento del vehículo en la superficie de rodamiento. Lo anterior, constituye a la fricción como un elemento de relevancia en el nivel seguridad vial que ofrecerá una carretera, así por ejemplo, diversos estudios a nivel internacional relacionan bajos niveles de rozamiento de un tramo con índices elevados de ocurrencia de accidentes.

Desde la perspectiva de la Ingeniería de Seguridad Vial, el nivel de fricción que ofrece la carretera está relacionado con el desempeño del vehículo durante su recorrido por el trazado. Específicamente, el efecto del nivel de fricción se acentúa en las secciones de curva y durante el frenado. Esta situación se hace más crítica bajo condiciones de lluvia o cuando la carretera está húmeda, debido a que el agua en la superficie de la carretera actúa como un lubricante entre la llanta y el pavimento, afectando la estabilidad del vehículo en curvas, aumentando la distancia mínima de frenado y consecuentemente dificulta, para el conductor, el control del vehículo.

La resistencia al deslizamiento es un valor obtenido en sitio mediante algún instrumento, como por ejemplo el Griptester (ver Figura 10). Este equipo permite determinar un coeficiente adimensional llamado GripNumber, que es proporcional a las fuerzas de fricción que recibe el neumático que emplea el equipo, de modo que, entre mayor es el valor de GripNumber, mejor es la fricción superficial de la carretera.

Para la elaboración de este informe se realizaron mediciones de GripNumber cuyos valores se reportaron a cada 5 m, y posteriormente se promediaron diez valores consecutivos para obtener la condición de fricción superficial promedio en tramos de 50 m.

**Figura 10.** Griptester del LanammeUCR



Fuente: LanammeUCR, 2019



## 9. DOCUMENTOS DE PREVALENCIA

En caso de discrepancia entre los distintos documentos que conforman parte del cartel (2018LN-000006-0012400001) se tendrá que el orden en que prevalecerá uno de ellos sobre otro u otros será el siguiente:

- a) Ley de Contratación Administrativa N° 7494 y su Reglamento.
- b) Aclaraciones y/o modificaciones al Cartel emitidas por la Administración.
- c) Cartel de Licitación.
- d) Contrato debidamente refrendado por la CGR.
- e) Disposiciones Generales.
- f) Especificaciones Técnicas y Condiciones Generales Adicionales.
- g) Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes (CR-2010).
- h) Manual de Construcción para Caminos Carreteras y Puentes (MC-83).

## 10. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

Las observaciones declaradas 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 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 las observaciones, podrán ser incluidas en la aplicación de acciones correctivas y preventivas, que adviertan sobre el riesgo potencial del incumplimiento.



### 10.1. Hallazgos y observaciones de Auditoría Técnica

#### HALLAZGO 1: EL PROYECTO PRESENTÓ DETERIOROS EN SU CAPA SUPERFICIAL DE RUEDO POCOS DÍAS DESPUÉS DE FINALIZADAS LAS OBRAS

El presente hallazgo se fundamenta en la información suministrada por el Departamento de Auditoría General del MOPT y evidencias recopiladas a partir de giras técnicas realizadas a este proyecto, donde a pocos días de finalizados los trabajos de atención a estas rutas se observaron múltiples deterioros en la capa superficial de ruedo. Esta condición fue comunicada a la Administración el 18 de agosto de 2020, mediante el oficio LM-IC-D-0681-2020, denominado “*Consulta sobre la recepción final del proyecto de la Ruta de la Leche correspondiente a la licitación 2018LN-000006-0012400001*”, que finalmente no fue respondido a la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR, por parte de la Ingeniería de Proyecto.

No obstante, como se verá más adelante, la Auditoría General del MOPT mediante un correo enviado el 19 de agosto de 2020, le solicitó a la Ingeniería de Proyecto indicar cuáles gestiones se habían realizado o se planeaban realizar en atención al oficio LM-IC-D-0681-2020. Al respecto la Auditoría General del MOPT recibió respuesta el 31 de agosto de 2020 mediante un oficio sin número de identificación, de parte de la Ingeniería de Proyecto.

#### Condiciones encontradas por el equipo auditor:

Sobre la finalización de las obras en el proyecto se determinó que:

- Originalmente el proyecto debió finalizar el 21 de diciembre de 2019.
- Con la orden de servicio número 2, la Ingeniería de Proyecto aprueba compensar 15 días calendario en relación con el plazo inicial, para ejecutar labores instruidas respecto a la construcción de accesos a propiedades. Tomando en cuenta esto, **el proyecto debió finalizar el 5 de enero de 2020.**

Por otra parte, sobre la aparición de deterioros se evidenció que:

El **23 de enero de 2020**, la Ingeniería de Proyecto junto con el Contratista realizaron una inspección conjunta para la evaluación de la obra y conformar el acta de recepción provisional. A partir de esta visita se consignó en el acta de recepción provisional y se evidenció el siguiente punto, referente a los deterioros encontrados:

*Se observan grietas longitudinales entre las estaciones 9+750 y 9+850 aproximadamente, según el análisis del Ing. Hugo Chaves, se determinó que existe un tramo donde las grietas presentan un deterioro bajo (menores a 5 mm) y otro donde presentan un daño importante (mayor a 19 mm), se acuerda que la empresa constructora realizará el levantamiento de este tramo de carpeta y será sustituido con una capa nueva de mezcla asfáltica (MOPT, 2020a).*

Donde además la Administración señala que:

*Se procedió a revisar por parte de la Ingeniería de Proyecto los trabajos, estando los mismos en un nivel aceptable con relación a lo contratado por la Administración, incluyendo las*



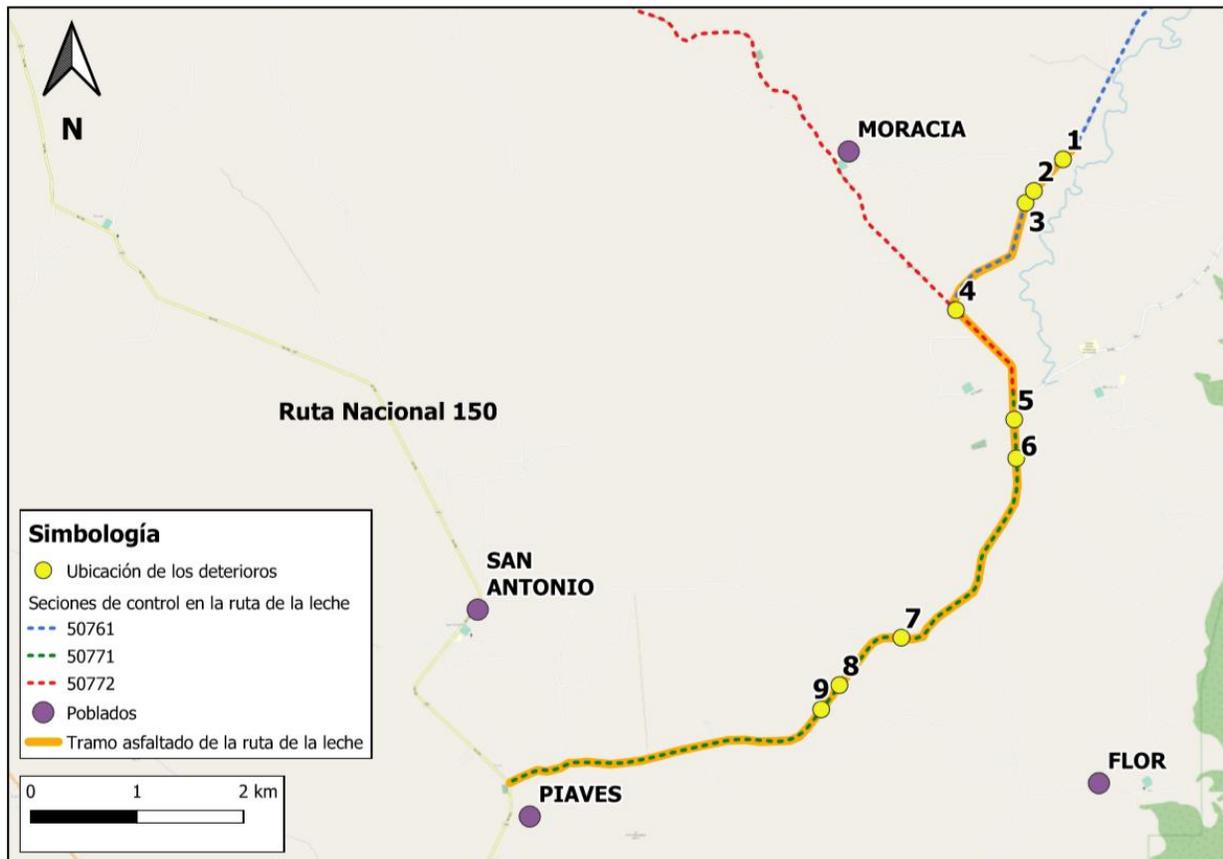
*modificaciones y las indicaciones de dicha ingeniería, por lo cual, se realiza la recepción provisional, no obstante, se realizan observaciones que deben ser corregidas en el punto N° de este documento (MOPT, 2020a).*

En relación con los deterioros del proyecto, las observaciones realizadas por la Administración indican lo siguiente:

*... se acuerda que la empresa constructora realizará el levantamiento de este tramo de carpeta y será sustituido con una capa nueva de mezcla asfáltica (MOPT, 2020a).*

Este tramo está comprendido entre los estacionamientos 9+750 y 9+850, que para efectos de este informe corresponde al punto 1 de la Figura 11, donde posteriormente se identificaron los deterioros más severos.

**Figura 11.** Ubicación de los deterioros y algunas de las deficiencias en el sistema de drenajes observadas por el Equipo Auditor en el proyecto de asfaltado de la ruta de la leche. Fecha: 3 de junio de 2020.



No obstante, un aspecto que llama la atención y preocupa al Equipo Auditor es que, posterior a la recepción provisional del proyecto y la reparación realizada por el contratista entre los estacionamientos 9+750 y 9+850, este tipo de grietas han seguido apareciendo a lo largo de todo el tramo asfaltado, aumentando su nivel de severidad con el paso del tiempo, siendo que en algunos casos el nivel de severidad va más allá de la capa de mezcla asfáltica y se extiende a capas granulares (ver Figura 12 donde se muestra una grieta que afecta incluso la reparación realizada entre los estacionamientos 9+750 y 9 +850).

**Figura 12.** Agrietamiento longitudinal de severidad alta en el borde de la calzada que incluso afecta la reparación realizada por el contratista entre los estacionamientos 9+750 y 9+850. Estacionamiento: 9+830. Ruta nacional 929. Sección de control: 50761 (Barrio San Martín – Pozo de Agua). Fecha: 3 de junio de 2020.



En la misma gira realizada el **3 de junio de 2020** el Equipo Auditor realizó una visita al proyecto, donde se evidenciaron múltiples deterioros prematuros, junto con algunas deficiencias en el sistema de drenajes del proyecto (situación que se comenta en el Hallazgo 2). La Figura 11 muestra la ubicación del tramo asfaltado de la Ruta de la Leche, así como la ubicación de los deterioros y deficiencias en el sistema de drenajes observados por el Equipo Auditor en la visita del 3 de junio de 2020.



A continuación, se ilustra y describe la condición de los deterioros encontrados en la visita del 3 de junio de 2020, haciendo referencia a la ubicación de los puntos señalados en la Figura 11.

**Punto 1, estacionamiento 9+830, sección de control 50761:**

**Figura 13.** Agrietamiento longitudinal de severidad alta en el borde y centro de la calzada. Estacionamiento: 9+830. Ruta nacional 929. Sección de control: 50761 (Barrio San Martín – Pozo de Agua). Fecha: 3 de junio de 2020.





**Punto 2, estacionamiento 9+430, sección de control 50761:**

**Figura 14.** Agrietamiento longitudinal de severidad alta (a) y baja (b) en el borde de la calzada. Estacionamiento: 9+430. Ruta nacional 929. Sección de control: 50761 (Barrio San Martín – Pozo de Agua). Fecha: 3 de junio de 2020.



**Punto 3, estacionamiento 9+290, sección de control 50761:**

**Figura 15.** Agrietamiento longitudinal de severidad media en el borde de la calzada. Estacionamiento: 9+290. Ruta nacional 929. Sección de control: 50761 (Barrio San Martín – Pozo de Agua). Fecha: 3 de junio de 2020.





**Punto 4, estacionamiento 7+990, sección de control 50772:**

**Figura 16.** Agrietamiento longitudinal de severidad media en el borde de la calzada. Estacionamiento: 7+990. Ruta nacional 906. Sección de control: 50772 (Corralillo – San Lázaro). Fecha: 3 de junio de 2020.



**Punto 5, estacionamiento 6+760, sección de control 50771:**

**Figura 17.** Agrietamiento longitudinal de severidad baja en el centro de la calzada. Estacionamiento: 6+760. Ruta nacional 906. Sección de control: 50771 (Piave – Corralillo). Fecha: 3 de junio de 2020.





**Punto 7, estacionamiento 4+200, sección de control 50771:**

**Figura 18.** Agrietamiento longitudinal de severidad media en el centro del carril. Estacionamiento: 4+200. Ruta nacional 906. Sección de control: 50771 (Piave – Corralillo). Fecha: 3 de junio de 2020.



**Punto 8, estacionamiento 3+410, sección de control 50771:**

**Figura 19.** Agrietamiento longitudinal de severidad media en el centro del carril. Estacionamiento: 3+410. Ruta nacional 906. Sección de control: 50771 (Piave – Corralillo). Fecha: 3 de junio de 2020.





**Punto 9, estacionamiento 3+130, sección de control 50771:**

**Figura 20.** Agrietamiento longitudinal de severidad media en la huella externa de la calzada. Estacionamiento: 3+130. Ruta nacional 906. Sección de control: 50771 (Piave – Corralillo). Fecha: 3 de junio de 2020.



**Figura 21.** Agrietamiento longitudinal de severidad alta en el borde de la calzada. Estacionamiento: 3+130. Ruta nacional 906. Sección de control: 50771 (Piave – Corralillo). Fecha: 3 de junio de 2020.





Como se muestra en las Figuras 12 a la 21, en el proyecto de asfaltado de la “Ruta de la Leche” se dio la aparición de múltiples deterioros prematuros en toda su longitud. Siendo que las condiciones más graves en principio se evidenciaron en el punto 1, con anchos de grieta, incluso superiores a los 7 cm. Esta condición, llama la atención del Equipo Auditor puesto que constituye un reflejo del desempeño del proyecto 6 meses después de su construcción. Además, de lo mencionado anteriormente referente al hecho de que a menos de un mes de concluidas las labores en este proyecto (el 23 de enero de 2020), la Administración a través de la Ingeniería de Proyecto ya había detectado algunos deterioros.

Posteriormente, **el 9 de julio de 2020** la Ingeniería de proyecto realizó la visita y recepción final del proyecto (MOPT, 2020b).

Por lo tanto, para evaluar la condición de recepción del proyecto, el Equipo Auditor realizó una vista al sitio el día **4 de agosto de 2020** donde se observaron los siguientes aspectos:

- a) Las grietas presentes en el proyecto en su mayoría fueron selladas, y en algunos casos se evidenció la ejecución de bacheos pequeños (ver
- b) Figura 22). Sobre este aspecto, es criterio del Equipo Auditor que la reparación observada no debería ser el estándar de un proyecto recién finalizado.

**Figura 22.** Punto 1: Agrietamiento longitudinal que fue rellenado con material de sello de grietas y en la parte más crítica de la grieta se colocó un bache de 30 cm de ancho con mezcla asfáltica de granulometría fina. Estacionamiento: 9+830. Ruta nacional 929. Sección de control: 50761 (Barrio San Martín – Pozo de Agua). Fecha: 4 de agosto de 2020.





- c) En algunos casos los sellos de grietas no cubren la totalidad de las grietas a su alrededor (ver Figura 23). Esta condición puede acelerar el deterioro de la vía, pues permite el ingreso de agua a las capas subyacentes del pavimento.

**Figura 23.** Punto 1: El sello de grietas en algunos casos no cubre la totalidad de grietas a su alrededor. Estacionamiento: 9+830. Ruta nacional 929. Sección de control: 50761 (Barrio San Martín – Pozo de Agua). Fecha: 4 de agosto de 2020.



- d) Se observó en un caso particular en el que el sello de grieta colocado no fue suficiente para cubrir la grieta principal (ver Figura 24), situación que podría afectar el desempeño del proyecto al permitir el ingreso de agua a las capas subyacentes del pavimento.

**Figura 24.** Sello de grieta no es suficiente para cubrir la grieta principal. Estacionamiento 8+380. Ruta nacional 929. Sección de control: 50761 (Barrio San Martín – Pozo de Agua). Fecha: 4 de agosto de 2020.





## Causa de los deterioros evidenciados:

Los deterioros en un pavimento pueden ocurrir por varios factores, entre ellos: las cargas de tránsito que circulan sobre la carretera, factores ambientales, ausencia de confinamiento lateral de la estructura (o capa de ruedo), por la calidad y características de los materiales empleados/existentes o por una combinación de estos factores.

En este caso particular **se descarta que las grietas observadas respondan exclusivamente al paso de las cargas de tránsito**. Lo anterior debido a que, como se detallará más adelante, la capacidad estructural del pavimento es buena (es decir cuenta con una buena capacidad de soporte). De modo que, si los demás factores fuesen controlados, las grietas deberían aparecer al final de la vida útil del pavimento.

Por otra parte, el 11 de febrero de 2020 se emitió a la Ingeniería de Proyecto por parte de esta Auditoría Técnica el oficio LM-IC-D-120-2020 *Sobre la condición de los drenajes construidos en el proyecto de atención de la ruta de la leche*, oficio que no fue respondido por la Administración, y que a su vez advierte sobre el riesgo de aparición deterioros prematuros en el proyecto a causa de algunas **deficiencias en el sistema de drenaje** (condición que se detalla en el Hallazgo 2 y que permite controlar las afectaciones que podría ocasionar el factor climático de la lluvia).

## Llama la atención del Equipo Auditor la severidad y prontitud con la que ocurrieron las grietas en este proyecto:

Pese a que se espera un deterioro acelerado, producto de deficiencias en el sistema de drenajes, en este caso, llama la atención del Equipo Auditor la magnitud, frecuencia y rapidez con la que estas grietas aparecieron en el pavimento.

Por lo tanto, es criterio del Equipo Auditor que los deterioros evidenciados responden además a los siguientes aspectos:

- a) **Falta de confinamiento lateral de la estructura:** Durante las visitas realizadas por el Equipo Auditor se observó que a lo largo de la ruta el pavimento no cuenta con confinamiento lateral de su estructura. Esta condición típicamente provoca agrietamientos en el borde de la calzada como el que se muestra en la Figura 21.
- b) **Calidad de la mezcla asfáltica empleada:** En el informe DAG-IT-2020-0003 emitido por la Auditoría General del MOPT el 24 enero de 2020, se concluyó que:

*En algunos de los reportes emitidos por el Laboratorio de Materiales del MOPT, se observan incumplimientos en las especificaciones de la mezcla asfáltica del proyecto, se desconoce qué gestiones se han realizado al respecto.*

*En apariencia, la colocación de la mezcla asfáltica inició sin contar con los resultados. (MOPT, 2020b)*



Considerando esto, el Equipo Auditor solicitó los informes emitidos por el Laboratorio de Materiales del MOPT a los cuales hace referencia el informe técnico DAG-IT-2020-0003. A partir de estos informes se observaron incumplimientos en algunos parámetros de la mezcla asfáltica como: flujo Marshall, porcentaje de vacíos en laboratorio y porcentaje de compactación en campo. Estos parámetros son muy importantes para garantizar un buen desempeño de la mezcla asfáltica, especialmente para garantizar que la estabilidad de la mezcla sea adecuada y ésta sea menos susceptible a desplazarse y que se generen grietas en el pavimento, especialmente en el borde de la calzada cuando la estructura no cuenta con sistemas de confinamiento lateral.

Tomando en cuenta esto, es criterio del Equipo Auditor que los deterioros observados en el proyecto responden a varios factores como lo son: las deficiencias en el sistema de drenajes, la falta de confinamiento lateral de la estructura del pavimento e incluso la calidad de la mezcla asfáltica empleada.

Sobre este aspecto, y como se mencionó al inicio de este Hallazgo, la Ingeniería de Proyecto respondió al oficio LM-IC-D-0681-2020 (oficio donde se comunicaba a la Administración sobre los deterioros observados por el Equipo Auditor) con copia únicamente a la Auditoría General del MOPT, señalando lo siguiente:

Respecto al proceso constructivo y la calidad de los materiales, la Ingeniería de Proyecto señaló lo siguiente:

*No se determinó por parte de la Ingeniería de proyecto que existieran vicios ocultos en el proceso constructivo, ya que por medio de las ensayos (sic.) de control de calidad llevados a cabo durante esa etapa, queda claro que tanto los materiales como los procesos de colocación y compactación de los materiales cumplen con la normativa correspondiente ... (MOPT, 2020c)*

Lo anterior, a pesar de los incumplimientos evidenciados por el Equipo Auditor y la Auditoría General del MOPT en cuanto a la calidad y compactación de la mezcla asfáltica utilizada en el proyecto.

Respecto a la corrección de los deterioros observados, la Ingeniería de Proyecto señaló lo siguiente:

*... la mejor solución considerando el plazo y monto del contrato era realizar el sellado de las grietas consideradas como "leves" y el bacheo de los paños que presentaban un daño más "severo", según se analizó y categorizó previamente. (MOPT, 2020c)*

Tomando en cuenta que estas actividades (sello de grietas y baches), generalmente son empleadas en el ámbito de conservación vial para alargar la vida útil de un pavimento existente que cuenta con cierto grado de antigüedad con respecto a su periodo de vida útil y el hecho de que un bache y una grieta sellada, se consideran como un deterioro según el Manual de Auscultación Visual del propio MOPT, es criterio del Equipo Auditor que este tipo de reparaciones y condición, no deberían ser de recibo por parte de la Administración para un proyecto recién finalizado.



Respecto a la causa de los deterioros en el proyecto, la Ingeniería de Proyecto señaló lo siguiente:

*... el efecto de desecación de los suelos, aunado a la ausencia de barreras naturales para contener la humedad, favorecen la formación de las fisuras y grietas, además que , para poder reducir la formación de las mismas sería necesaria una intervención mayor en los sistemas de drenaje, de manera que se conserve o retenga la humedad normal debajo de la estructura de pavimento, y aquella que es excesiva, se logre recolectar, conducir y evacuar satisfactoriamente, lo cual no estaba contemplado para todo el proyecto. (MOPT, 2020c)*

Ciertamente las características del suelo existente podrían favorecer a la formación de grietas y fisuras en un pavimento, así como otros factores como el clima y el tránsito. Lo anterior, siempre y cuando no se tomen las medidas idóneas desde el punto de vista de las buenas prácticas de Ingeniería. Por ejemplo: las cargas de tránsito podrían afectar significativamente el desempeño esperado de un pavimento si el dimensionamiento de la estructura es inferior al requerido según un diseño formal.

En este caso particular, y como bien lo señala la Ingeniería de Proyecto, para reducir el efecto negativo que podría implicar la desecación de los suelos es necesario que la estructura del pavimento en sus capas subyacentes cuente con un adecuado control de humedad, es decir con un adecuado sistema de drenajes (condición que no ocurre en este proyecto), que permita canalizar el agua pluvial fuera de la estructura del pavimento. No obstante, como se mencionó anteriormente, en este proyecto convergen otros factores que también favorecen a la formación de los deterioros observados como lo son: falta de confinamiento lateral de la estructura (donde también hace un papel importante la construcción de cunetas de concreto) y calidad de la mezcla asfáltica empleada.

### **Criterio contractual o normativa asociada:**

Respecto a las reparaciones en el proyecto, el cartel de licitación 2018LN-000006-0012400001 señala lo siguiente en el apartado 402.23 Reparaciones:

*Todos los defectos detectados, tales como protuberancias, juntas irregulares, depresiones, irregularidades de alineamientos y de nivel, deberán ser corregidos por el Contratista, quien asumirá el costo de las respectivas correcciones, de acuerdo con las instrucciones del Gerente de Obra. El Contratista deberá proporcionar trabajadores competentes, capaces de ejecutar a satisfacción el trabajo eventual de correcciones en todas las irregularidades del pavimento construido. (MOPT, 2018)*

Sobre aspecto se reitera el criterio del Equipo Auditor de que las reparaciones y condición observadas no deberían ser de recibo por parte de la Administración para un proyecto de obra nueva, si se considera el hecho de que un bache y una grieta sellada son por definición un deterioro según el Manual de Auscultación Visual de MOPT.



Por otra parte, respecto a los incumplimientos en la calidad de la mezcla asfáltica colocada, el cartel de licitación 2018LN-000006-0012400001 señala lo siguiente en el apartado 402.4.2 Recepción del diseño de mezcla y la fórmula de trabajo:

*La aprobación definitiva de la fórmula de trabajo por parte del Gerente de Obra no exime al Contratista de su plena responsabilidad de alcanzar, con base a ella, la calidad exigida por la respectiva especificación. (MOPT, 2018)*

### Consecuencias de los deterioros evidenciados:

En términos generales, se puede mencionar que los deterioros encontrados son la consecuencia de otros aspectos como podrían ser: deficiencias en el sistema de drenaje, falta de confinamiento lateral de la estructura e incluso en la calidad de la mezcla asfáltica colocada. Sin embargo, la aparición de futuros deterioros podría implicar un mayor potencial de ingreso de agua a la estructura del pavimento y consecuentemente hacer que la estructura sea más propensa a la aparición de deterioros.

### HALLAZGO 2: EL PROYECTO CUENTA CON DEFICIENCIAS EN SU SISTEMA DE DRENAJES

El presente hallazgo se fundamenta en evidencias recopiladas a partir de giras técnicas realizadas a este proyecto, donde se observaron múltiples deficiencias en el sistema de drenajes. **Esta condición fue comunicada a la Administración el 11 de febrero de 2020** mediante el oficio LM-IC-D-0129-2020, denominado “*Sobre la condición de los drenajes construidos en el proyecto de atención de la Ruta de la Leche*” y **el 18 de agosto de 2020** mediante el oficio LM-IC-D-0681-2020, denominado “*Consulta sobre la recepción final del proyecto de la Ruta de la Leche correspondiente a la licitación 2018LN-000006-0012400001*”, oficios que finalmente no fueron respondidos a esta Auditoría por parte de la Ingeniería de Proyecto.

No obstante, y como se mencionó en el Hallazgo 1, la Auditoría General del MOPT mediante un correo enviado el 19 de agosto de 2020 le solicitó a la Ingeniería de Proyecto indicar cuáles gestiones se habían realizado o se planeaban realizar en atención al oficio LM-IC-D-0681-2020, al respecto la Auditoría General del MOPT recibió respuesta el 31 de agosto de 2020 mediante un oficio sin número de parte de la Ingeniería de Proyecto.

### Condición encontrada por el Equipo Auditor y consecuencias asociadas:

- a) La berma no fue impermeabilizada en la totalidad de los trabajos mediante canales revestidos, quedando expuesta a la intemperie e impidiendo la correcta conectividad para la evacuación del agua de la superficie de ruedo (ver Figura 25).

**Figura 25.** Área entre cuneta y capa de ruedo sin impermeabilizar. No hay continuidad para que el agua salga adecuadamente hacia la cuneta. Ubicación: Ruta Nacional 929, Sección control 50761, Barrio San Martín (RN 906) – Pozo de Agua (Iglesia), estacionamiento 9+760. Fecha 22 de enero de 2020.



En su momento se mencionó que esta condición constituye un medio para la infiltración de agua a las capas subyacentes de la estructura de pavimento, generando la saturación de las mismas y en consecuencia la pérdida de capacidad de soporte.

Además de esto, la construcción de canales revestidos sobre la superficie de las bermas permite proveer confinamiento lateral a la estructura del pavimento y proteger estas áreas expuestas de la erosión. La ausencia de estos elementos podría generar deterioros prematuros como agrietamientos y deformaciones en los bordes de la calzada, condición que en efecto se presentó en el proyecto.

- b) El espesor de las cunetas en la mayoría de los casos sobresalía del nivel de piso de la berma (ver Figura 26), ya sea por la ausencia de relleno en la berma o por que la excavación de la cuneta no fue lo suficiente para empatar ambos niveles, por lo cual, al no existir la impermeabilización de esta sección, existe un potencial riesgo de socavación del piso de base de la cuneta, lo cual podría generar el escalonamiento, volcamiento o hundimiento de los elementos de drenaje construidos. Esta condición compromete la durabilidad de los trabajos ejecutados, así como la inversión realizada.



**Figura 26.** Berma o espaldón sin impermeabilizar, diferencia de nivel entre cuneta de concreto y cuneta en tierra. Ubicación: Ruta Nacional 929, Sección control 50761, Barrio San Martín (RN 906) –Pozo de Agua (Iglesia), estacionamiento 9+545. Fecha 22 de enero de 2020.



- c) La mayoría de las cunetas se construyeron en tramos cortos cercanos a pasos transversales de tubería; sin embargo, no existe una adecuada continuidad y conectividad entre la cuneta de tierra conformada y la cuneta de concreto construida. Por lo tanto, al estar el nivel de canal revestido (cuneta de concreto) por encima de la cuneta en tierra, y al no existir una adecuada transición entre ambos elementos, la efectividad del canal revestido para capturar el agua de lluvia evacuada de la calzada se ve limitada, situación que representa un riesgo de socavación para el piso de base de la cuneta, así como para la acumulación de agua.
  
- d) Se observó, tanto en la gira del 3 de junio (ver Figura 27 y Figura 28) como del 4 de agosto de 2020 (ver Figura 29), que algunos de los pasos transversales de alcantarilla del proyecto funcionan como punto para la acumulación de agua. Evidenciándose con la presencia de agua estancada. En algunos casos la salida de las tuberías desemboca a un paredón de tierra de una finca adyacente a la ruta o está a un nivel inferior con respecto a las fincas adyacentes. Esta condición genera que el agua evacuada a través de la tubería no tenga salida, lo cual genera acumulaciones de agua, como las señaladas en el presente informe.



**Figura 27.** Punto 1: Deficiencias en el sistema de drenajes (acumulaciones de agua a la salida de un cabezal). Estacionamiento: 9+830. Ruta nacional 929. Sección de control: 50761 (Barrio San Martín – Pozo de Agua). Fecha: 3 de junio de 2020.



**Figura 28.** Punto 6: Deficiencias en el sistema de drenajes (acumulaciones de agua a la salida de un cabezal). Estacionamiento: 6+390. Ruta nacional 906. Sección de control: 50771 (Piave – Corralillo). Fecha: 3 de junio de 2020.





**Figura 29.** Punto 1: Acumulación de agua estancada en la salida de paso de alcantarilla. Ruta nacional: 929. Sección de control: 50761 (Barrio San Martín – Pozo de Agua). Estacionamiento: 9+830. Fecha: 4 de agosto de 2020.



Sobre este último aspecto, y como se mencionó al inicio de este Hallazgo, la Ingeniería de Proyecto respondió al oficio LM-IC-D-0681-2020 (oficio donde se comunicaba a la Administración sobre la condición de los drenajes del proyecto) con copia únicamente a la Auditoría General del MOPT, señalando lo siguiente:

*Debido a la topografía y condiciones de la ruta con respecto a los niveles de los terrenos y las salidas de agua, existen puntos críticos donde sería materialmente imposible con el derecho de vía existente, garantizar el flujo de las aguas pluviales hacia los terrenos aledaños, ya que en estos sectores el nivel de la carretera es más bajo que el de las fincas colindantes, por esta razón, se realizaron los esfuerzos que estuvieron al alcance de la Ingeniería de proyecto a fin de dar flujo continua a las aguas y que no generaran un desbordamiento por encima del nivel de la calzada, innegablemente habrá momentos (principalmente en horas posteriores a eventos de precipitaciones) donde los terrenos y los sistemas de drenaje del proyecto almacenarán agua hasta ser drenada. Cabe destacar que varias de las intervenciones a alcantarillas mostradas en el informe de LANAMME, corresponden a pasos existentes previos al proyecto, por lo que la determinación de los niveles de entrada y salida, se encontraba fuera del alcance del proyecto. (MOPT, 2020c)*

Al respecto, el Equipo Auditor concuerda que algunos de estos puntos críticos requieren de una solución diferenciada en aras de que no se presenten las acumulaciones de agua evidenciadas. Sin embargo, es una situación que llama la atención y preocupa puesto que en las visitas realizadas el 3 de junio de 2020 y el 4 de agosto de 2020 se observaron acumulaciones de agua, siendo que estos meses no corresponden a la época en la que ocurren los mayores eventos de precipitación. Además, por la apariencia del agua acumulada es claro que se requiere de días o incluso meses para ser evacuada.



### Causa de la condición encontrada:

Las deficiencias en los sistemas de drenajes son un tema recurrente en la ejecución de proyectos viales, principalmente en el ámbito de conservación vial de rutas de lastre, donde sistemáticamente no se ha priorizado de manera apropiada la construcción de sistemas de drenajes que permitan proteger de manera eficiente al pavimento ante los factores climáticos que año tras año afectan al país.

Un aspecto que llama la atención del Equipo Auditor es que, en este proyecto, pese a que la Ingeniería de Proyecto señala que para reducir la formación de grietas sería necesaria una mayor intervención en los sistemas de drenaje, mediante la Orden de Modificación 2 (del 17 de diciembre de 2019) se hace una disminución de 1.000 m<sup>2</sup> en el renglón de pago: CR 608.01(d). Canal revestido Tipo IV, Concreto hidráulico.

### Criterio contractual o normativa asociada:

De acuerdo con la plataforma SICOP la justificación de la contratación responde al siguiente motivo:

*El proyecto de Mejoramiento Funcional de las Rutas Nacionales RN 906 (tramo de El Piave - RN.150- a Barrio San Martín -RN. 929-) y RN 929 (tramo de Barrio San Martín -RN.906- a Cañal); según se indica en la página web del Ministerio de la Presidencia, con fecha 16 de marzo de 2018, es un compromiso del MOPT y del CONAVI de brindar a los ciudadanos del Cantón de Nicoya una Ruta (conocida como Ruta de la Leche) totalmente mejorada desde el sistema de drenajes, la base, sub base y hasta la carpeta asfáltica. (el subrayado no es parte del texto original)*

Siendo que la mejora del drenaje es uno de los objetivos de la contratación, el Equipo Auditor considera que las condiciones y deficiencias encontradas en el sistema de drenajes no deberían ser propias de esta contratación, pues constituyen un medio que propicia el deterioro acelerado del pavimento.

Por otra parte, el Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes (MCV-2015) en la sección 304 "Sustitución de la capa asfáltica o colocación de sobrecapa asfáltica" establece lo siguiente:

*Como parte fundamental de la valoración del caso a intervenir, se deberá determinar además, si hay carencia o deficiencia del sistema de drenaje superficial o subdrenajes, para lo cual y si corresponde, se deberán tomar las medidas correctivas para evitar afectaciones en la estructura del pavimento, esto de conformidad con el diseño propuesto para ello y aprobado por la Administración ... (MOPT, 2015)*



Además, el Artículo 1 de la Ley 7798 Ley de Creación de CONAVI en la definición de Rehabilitación, señala lo siguiente:

*Antes de cualquier actividad de rehabilitación en la superficie de ruedo, deberá verificarse que el sistema de drenaje funcione bien.*

Pese a que el proyecto analizado estuvo a cargo del MOPT, se considera que el párrafo anterior es aplicable a cualquier rehabilitación dentro del ámbito de las buenas prácticas de ingeniería. Además, se trata de la RVN, red a la que se refiere el articulado de la Ley 7798.

Por otra parte, en relación con la impermeabilización de bermas se establece en el Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes, CR-2010 en la sección 659. Cunetas de Concreto, específicamente en el punto 659.01, referente a la descripción y alcance de la construcción de cunetas revestidas menciona que:

*“...Las cunetas se construirán en general, a lo largo de los cortes de camino adosadas al borde exterior del revestimiento de las bermas, o al borde exterior de las pistas de circulación”.*  
(El subrayado no es parte del texto original).

Si bien en el caso del mejoramiento de drenajes de las rutas nacionales 906 y 929 la construcción de cunetas fue ejecutado bajo el ítem CR 608.01 (d) – Canal revestido Tipo IV, concreto hidráulico, el párrafo anterior es totalmente aplicable a estos tipos de elementos dentro de las buenas prácticas de ingeniería.



### HALLAZGO 3: A LO LARGO DE LA RUTA INTERVENIDA SE ENCONTRARON ESCOMBROS QUE NO FUERON RETIRADOS DEL SITIO DE OBRA

El presente hallazgo se fundamenta en las evidencias recopiladas a partir de giras técnicas realizadas a este proyecto, donde se observaron escombros al margen del proyecto.

#### Condiciones encontradas por el Equipo Auditor:

En la gira técnica realizada el 4 de agosto de 2020, se observó la presencia de escombros a un lado de la calzada y en diferentes puntos del proyecto, producto de los baches construidos para atender los deterioros prematuros que se presentaron.

**Figura 30.** Punto 2: Escombros colocados a un lado de la calzada. Estacionamiento: 9+430. Ruta nacional 929. Sección de control: 50761 (Barrio San Martín – Pozo de Agua). Fecha: 4 de agosto de 2020.



#### Causa:

Posterior a las reparaciones realizadas por el contratista, para atender la aparición de deterioros prematuros mediante la colocación de pequeños baches, no se procedió con el retiro de escombros a un sitio autorizado por la Administración.



### **Criterio contractual o normativa asociada:**

Sobre la limpieza y recolección de escombros la licitación pública 2018LN-000006-0012400001 señala lo siguiente:

*Cada día al finalizar las obras de rehabilitación, se deberán limpiar los desechos producto de estas labores.*

*Una vez concluida la obra, el contratista deberá limpiar toda el área que ha sido ocupada o utilizada para la ejecución de los trabajos objeto de esta contratación, eliminando toda basura, escombros o materiales sobrantes y otros, dejándola en condiciones aceptables a criterio del Ingeniero de Proyecto. Este trabajo no tendrá ningún pago directo, por lo que el contratista deberá considerarlo como una actividad auxiliar para el debido cumplimiento del contrato.*

*(MOPT, 2018)*

Tomando en cuenta esto, es claro que las condiciones de limpieza evidenciadas por el Equipo Auditor representan un incumplimiento contractual.

### **Consecuencias de la permanencia de escombros al margen del proyecto:**

La permanencia de escombros a un lado de la vía, a parte de representar un paisaje sucio para la ciudadanía, es una condición que podría ocasionar obstrucciones en el sistema de drenaje (ver Figura 31). El retiro de escombros se vuelve más crítico en este proyecto porque además se identificaron deficiencias en el sistema de drenaje, de manera que con esta condición aumenta la posibilidad de que se generen acumulaciones de agua y consecuentemente la estructura de pavimento se vuelva más susceptible ante la aparición de deterioros.

**Figura 31.** Punto 1: Escombros colocados a un lado de la calzada que afectan el drenaje de la vía. Estacionamiento: 9+830. Ruta nacional 929. Sección de control: 50761 (Barrio San Martín – Pozo de Agua). Fecha: 4 de agosto de 2020.



## OBSERVACIÓN 1: EN TÉRMINOS DE REGULARIDAD SUPERFICIAL, EL 36 % DEL PROYECTO SE ENCONTRABA EN CONDICIÓN REGULAR AL MOMENTO DE SU FINALIZACIÓN

En esta observación se evalúa la condición de regularidad superficial del proyecto con base en los resultados del cálculo del IRI a partir de la medición del perfil longitudinal realizada en el proyecto<sup>1</sup>.

Además, la presente observación se basa en la comparación de los resultados de regularidad superficial según los rangos establecidos en el informe de evaluación de la red vial nacional (ver Tabla 2).

**Tabla 2.** Rangos de clasificación de regularidad superficial (IRI) para pavimentos flexibles

Rango de IRI	Clasificación
menor a 1,0 m/km	regularidad superficial muy buena
entre 1,0 y 1,9 m/km	regularidad superficial buena
entre 1,9 y 3,6 m/km	regularidad superficial regular
entre 3,6 y 6,4 m/km	regularidad superficial deficiente
mayor a 6,4 m/km	regularidad superficial muy deficiente

Fuente: (Barrantes-Jiménez, Sibaja-Obando, & Porras-Alvarado, 2008)

Fuente: LanammeUCR, 2017

La Figura 32 corresponde a un mapa con la condición general de regularidad superficial del proyecto, donde se muestra que, en términos generales, la mayor parte del proyecto está en condición buena y regular.

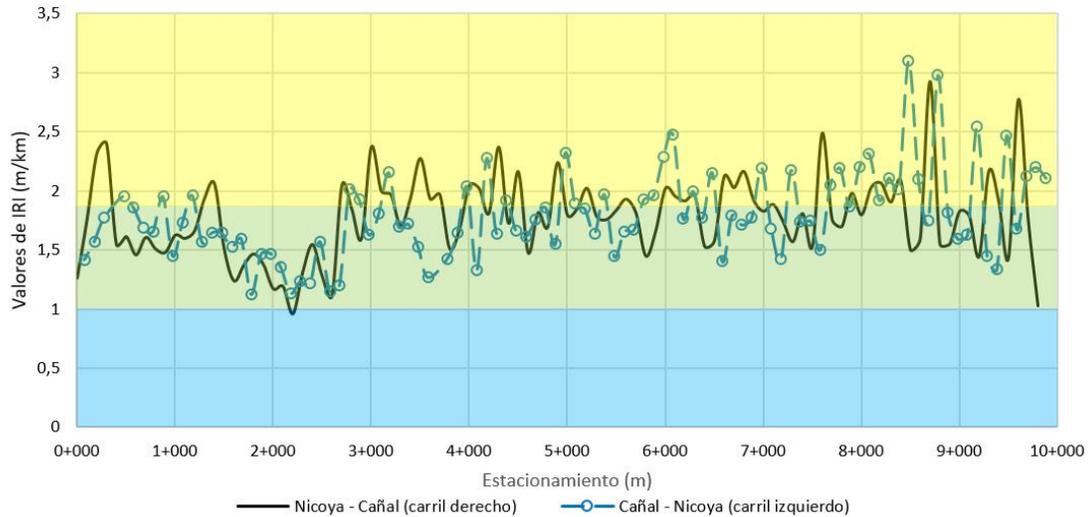
**Figura 32.** Condición de regularidad superficial del proyecto



<sup>1</sup> Según los resultados del informe I-0106-2020 emitido por el laboratorio de evaluación de pavimentos del LanammeUCR. Fecha de la prueba: 29 de enero de 2020.

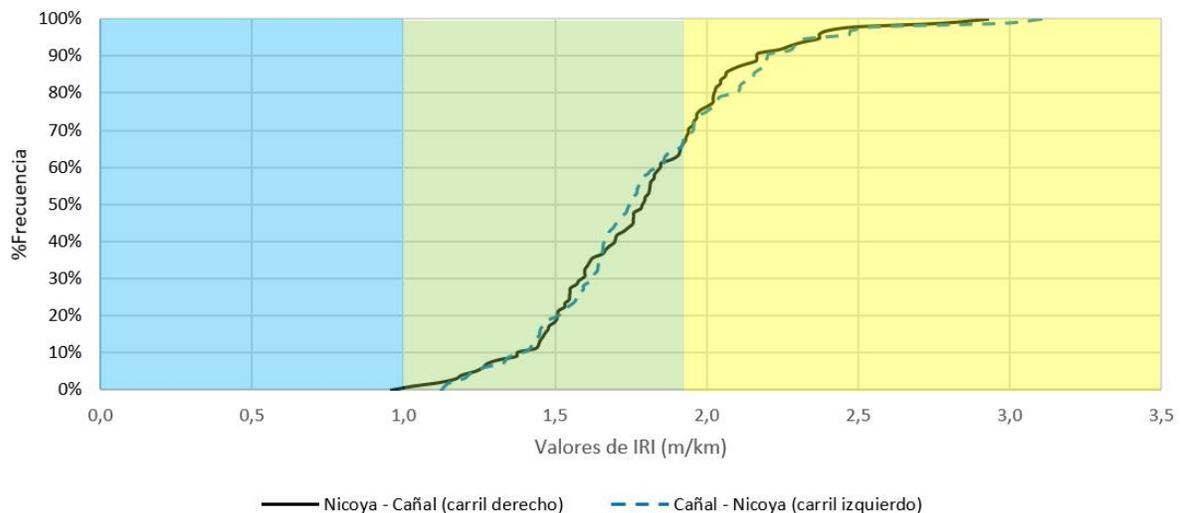
En la Figura 33 se muestra cómo varía la regularidad superficial a lo largo de los diferentes estacionamientos del proyecto. Se observó que los mayores valores de IRI (es decir los puntos de mayor irregularidad superficial) se encuentran entre el estacionamiento 8+000 y el final del proyecto (estacionamiento 10+000). Esta condición concuerda con el hecho de que los mayores deterioros fueron detectados en los estacionamientos finales del proyecto.

**Figura 33.** Evolución de la regularidad superficial del proyecto, por estacionamiento



La Figura 34 muestra un gráfico de frecuencias acumuladas que permite determinar los porcentajes de los tramos que se encuentran en cada una de las categorías de regularidad superficial (IRI) según la categorización de la Tabla 2.

**Figura 34.** Gráfico de frecuencias acumuladas para los valores de IRI en el proyecto





Por otra parte, la Tabla 3 muestra las estadísticas generales sobre la condición de regularidad superficial del proyecto, donde se observó que la regularidad superficial promedio fue de 1,8 m/km, observándose además valores mínimos de regularidad superficial de 1 m/km hasta valores de 3,1 m/km. Además, al utilizar como referencia los rangos de IRI establecidos en el informe de evaluación de la red vial nacional, se tiene que el 36 % de los tramos de 100 m evaluados se encuentran en una condición regular.

**Tabla 3.** Estadísticas generales sobre la condición de regularidad superficial del proyecto

Parámetro	Sentido Nicoya - Cañal	Sentido Cañal - Nicoya	Ambos sentidos
Promedio de regularidad superficial (m/km)	1,8	1,8	1,8
Mínimo de IRI	1,0	1,1	1,0
Máximo de IRI	2,9	3,1	3,1
Cantidad de tramos en condición muy buena	1 (1%)	0 (0%)	1 (1%)
Cantidad de tramos en condición buena	61 (62%)	63 (65%)	124 (63%)
Cantidad de tramos en condición regular	37 (37%)	34 (35%)	71 (36%)

Por último, es importante aclarar que este proyecto en su cartel de licitación no define explícitamente que deba cumplirse con ciertos niveles de regularidad mediante el parámetro IRI.

Sin embargo, es criterio del Equipo Auditor que este tipo de proyectos que incluyen una intervención desde las capas de base granular seguidos de la colocación de una superficie de mezcla asfáltica, deberían cumplir al menos con los requisitos de regularidad superficial definidos en los contratos de conservación vial para las actividades de rehabilitación. En este caso particular ningún tramo de 100 m debería contar con valores de IRI superiores a los 2,5 m/km, condición que no se estaría cumpliendo.

## **OBSERVACIÓN 2: EN TÉRMINOS GENERALES EL PROYECTO CUENTA CON UNA BUENA CAPACIDAD ESTRUCTURAL AL MOMENTO DE SU FINALIZACIÓN**

En esta observación se evalúa la capacidad estructural del proyecto con base en los resultados de un ensayo de deflectometría de impacto (FWD) realizado<sup>2</sup>.

El análisis realizado toma en cuenta distintos parámetros asociados al cuenco de deflexiones que se generan a partir del ensayo de FWD. Específicamente se toman en cuenta los siguientes parámetros:

- **Deflexión máxima (D0):** este parámetro refleja el aporte a nivel de deflexiones de todas las capas del pavimento (Saleh F., 2016), así como la condición de la subrasante (Ullidtz, 1987).

<sup>2</sup> Según los resultados del informe I-0106-2020 emitido por el laboratorio de evaluación de pavimentos del LanammeUCR. Fecha de la prueba: 28 de enero de 2020.



- **SCI (BLI): indicador de curvatura superficial (SCI, por sus siglas en inglés):** este indicador específicamente caracteriza la capacidad estructural tanto de la capa ligada (asfáltica) como de la capa de base de la estructura de pavimento entre los 0 mm y 300 mm de profundidad (Horak, 1987).

$$SCI = d_0 - d_1$$

Donde:

SCI=Indicador de curvatura superficial.

$d_0$ ,  $d_1$ =deflexiones en mm medidas a la distancia 0 y 300 mm respectivamente, desde el centro de aplicación de la carga.

- **BDI (MLI) indicador de daño base (BDI, por sus siglas en inglés):** Este indicador caracteriza la rigidez de la parte intermedia o de inflexión de la estructura de pavimento, contenida entre los 300 mm y 600 mm medidos desde el punto de aplicación de la carga, (Horak, 2008) y (Talvik y Aavik, 2009).

$$BDI = d_1 - d_2$$

Donde:

BDI=Indicador de daño base.

$d_1$ ,  $d_2$ =deflexiones en mm medidas a la distancia 300, 600, mm respectivamente, desde el centro de aplicación de la carga.

- **BCI (LLI) indicador de curvatura base (BCI, por sus siglas en inglés):** encargado de presentar la rigidez de la parte inferior del pavimento, específicamente en la subrasante considerando la diferencia de deflexión entre la distancia de 600 mm y 900mm (Horak, 2008), (Talvik y Aavik, 2009) y (Kilareski y Anani, 1982).

$$BCI = d_2 - d_3$$

Donde:

BCI=Indicador de curvatura base.

$d_2$  y  $d_3$ =deflexiones en mm medidas a la distancia 600 y 900mm respectivamente, desde el centro de aplicación de la carga.

En la Tabla 4 se muestra la clasificación de la condición estructural para pavimentos con base granular, en función de los indicadores descritos anteriormente, clasificación que fue presentada por (Horak, 2008).

**Tabla 4.** Clasificación de la condición estructural para pavimentos con base granular

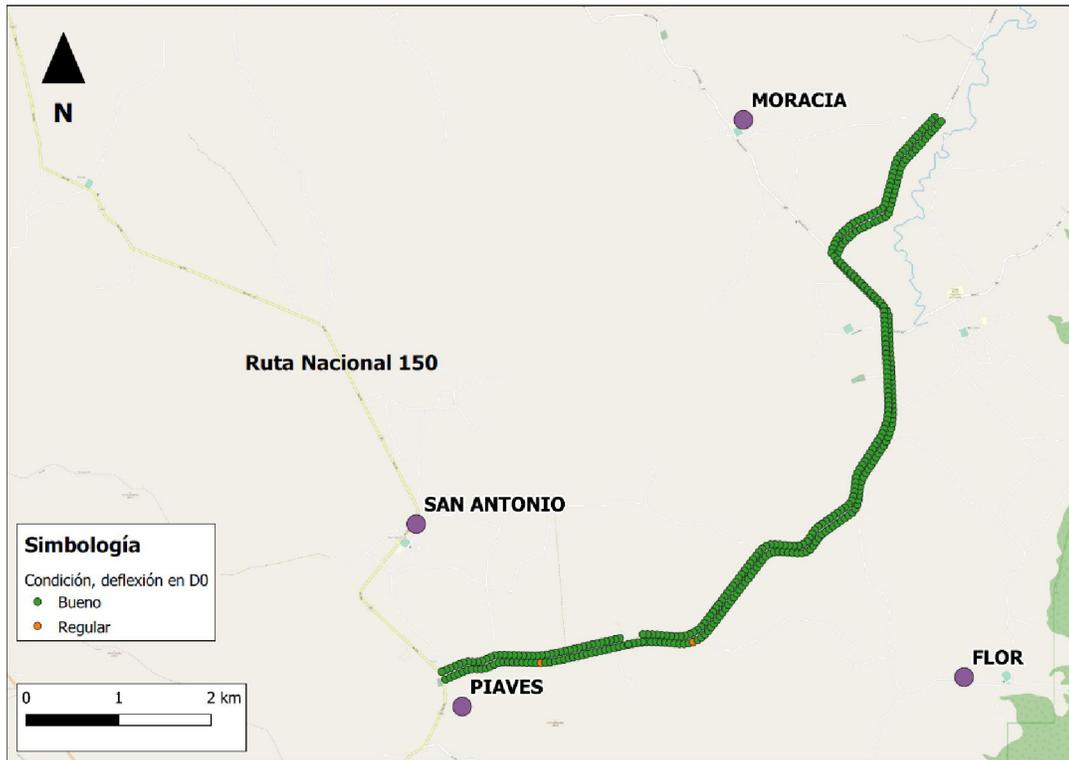
	Clasificación de condición estructural	Parámetros del cuenco de deflexión			
		D <sub>0</sub> (mm*10 <sup>-2</sup> )	BLI (mm*10 <sup>-2</sup> )	MLI (mm*10 <sup>-2</sup> )	LLI (mm*10 <sup>-2</sup> )
Base granular	Buena	<50	<20	<10	<5
	Regular	50-75	20-40	10-20	5-10
	Severa	>75	>40	>20	>10

A continuación, se presenta la condición del proyecto con base en los parámetros D<sub>0</sub>, BLI, MLI y LLI:

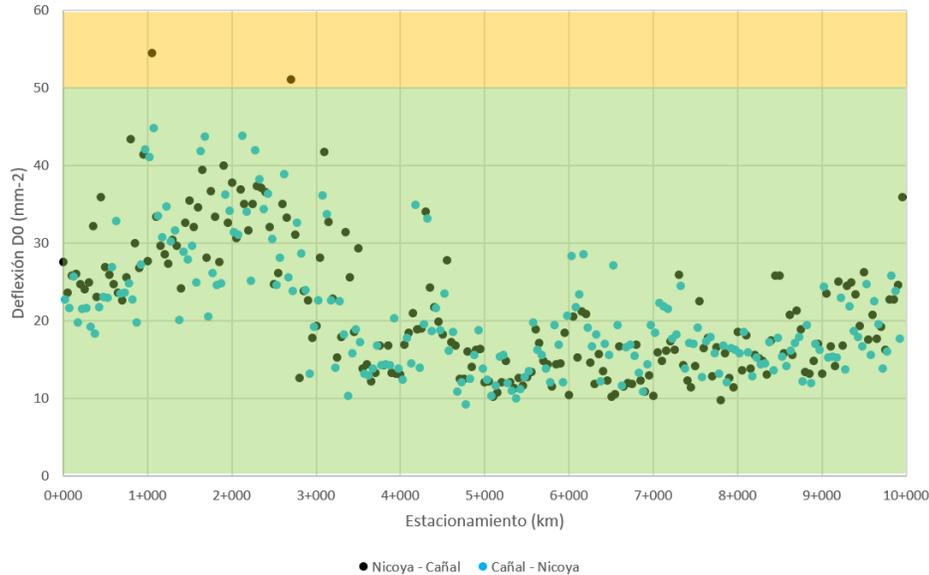
**a) Caracterización de las deflexiones máximas (D<sub>0</sub>):**

A partir de la información del ensayo de FWD se determinó que el parámetro D<sub>0</sub>, que es representativo de la condición estructural general del pavimento; es bueno en casi la totalidad del proyecto (ver Figura 35 y Figura 36). Se observaron solamente dos puntos cuya condición estructural general era regular.

**Figura 35.** Categorización del parámetro D<sub>0</sub> en el proyecto



**Figura 36.** Evolución del parámetro D0 en el proyecto, por estacionamiento



**b) Caracterización mediante el indicador de curvatura superficial (BLI)**

A partir de la información del ensayo de FWD se evidenció que el parámetro BLI, que es representativo de la condición estructural de la condición superficial del pavimento (de 0 a 300 mm de profundidad); en su totalidad es bueno, como se muestra en la Figura 37 y Figura 38.

**Figura 37.** Categorización del parámetro BLI en el proyecto

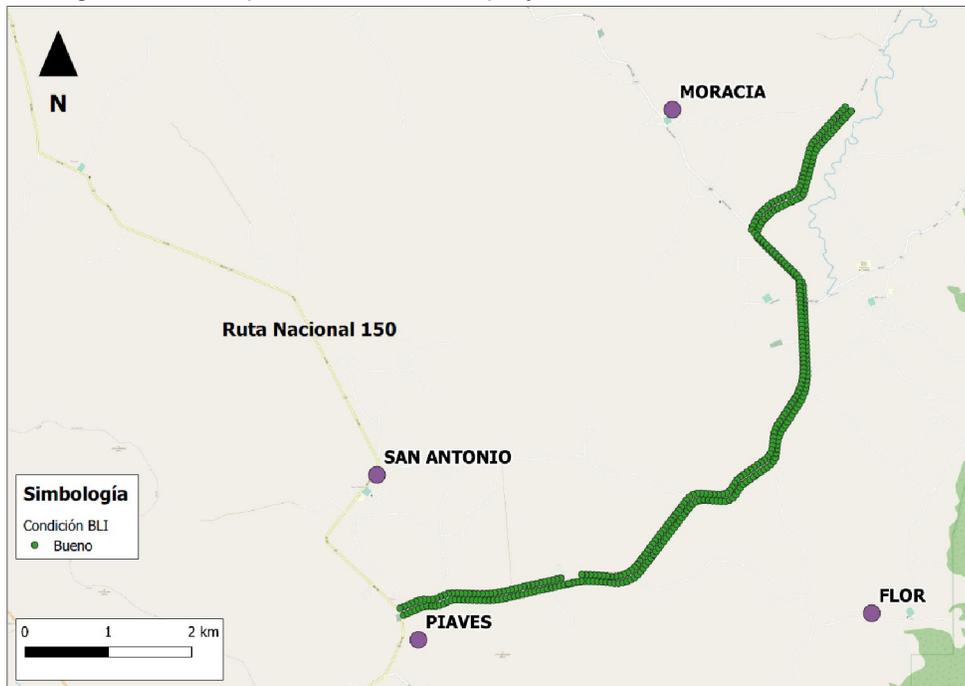
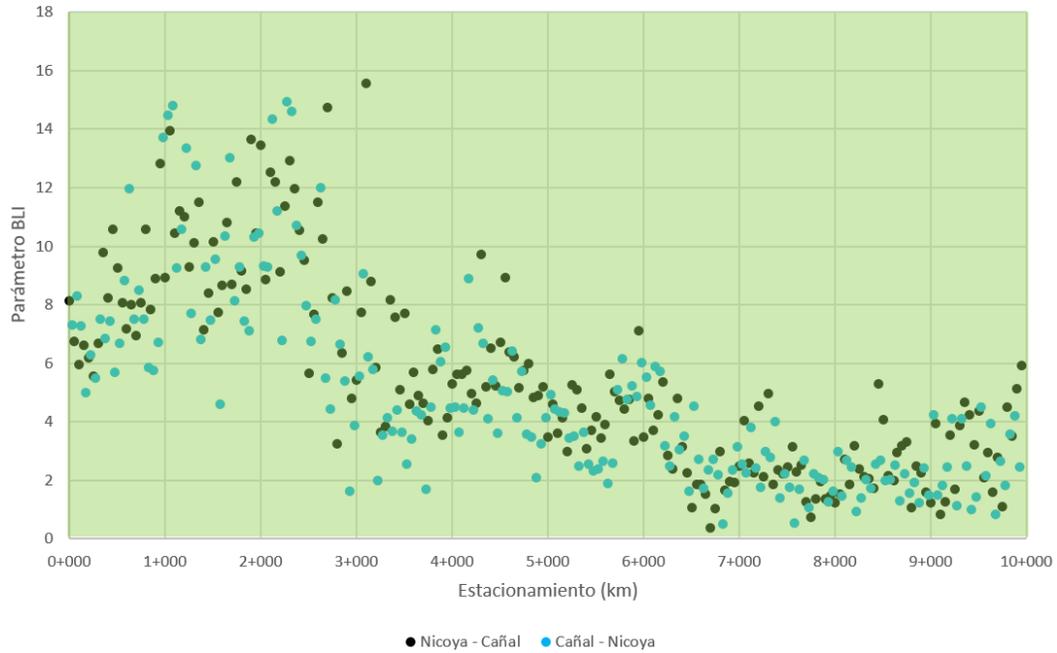




Figura 38. Evolución del parámetro BLI en el proyecto, por estacionamiento



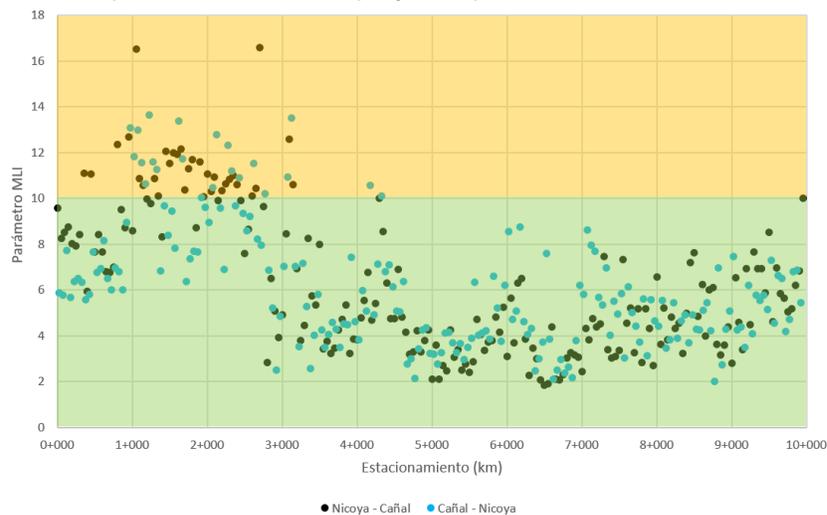
### c) Caracterización mediante el indicador de daño de base (MLI)

En cuanto a la caracterización del proyecto mediante el indicador de daño de base (que en este caso es representativo de la condición del pavimento entre 300 mm y 600 mm de profundidad), se pudo observar que nuevamente se cuenta con una mayoría de puntos ubicados en la categoría de buena. Sin embargo, en los primeros 3000 metros del proyecto se observó una tendencia marcada donde la mayoría de los puntos evaluados contaban con una condición regular. Lo anterior concuerda con el hecho de que en los primeros 2800 metros del proyecto se colocó la mezcla asfáltica sobre el material de base existente a diferencia del resto del proyecto donde se colocó el material de base justo antes de la colocación de la capa de mezcla asfáltica.

Figura 39. Categorización del parámetro MLI en el proyecto



Figura 40. Evolución del parámetro MLI en el proyecto, por estacionamiento



#### d) Caracterización mediante el indicador de curvatura de base (LLI)

Tomando en cuenta el indicador de curvatura de base, que en este caso representa la condición estructural del pavimento entre 600 y 900 mm de profundidad, se observó que en términos generales la condición estructural de la subrasante del proyecto es buena (ver Figura 41 y Figura 42).

Figura 41. Categorización del parámetro LLI en el proyecto

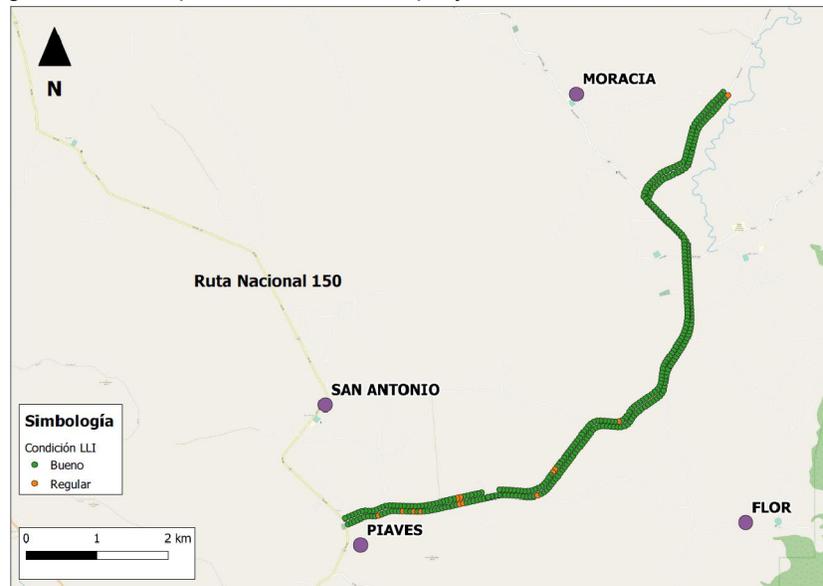
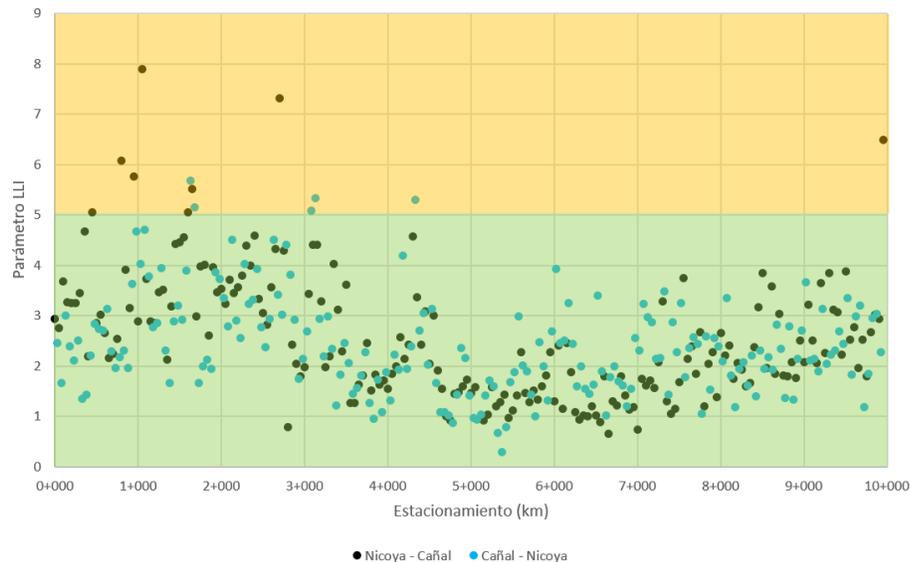


Figura 42. Evolución del parámetro LLI en el proyecto, por estacionamiento





Por último, y a manera de resumen, la **Categorización porcentual de la condición estructural del proyecto, para cada uno de los parámetros evaluados** Tabla 5 muestra para cada uno de los parámetros evaluados el porcentaje de tramos que se encuentran en cada una de las categorías de condición, en este caso buena o regular. Sobre esta información se puede concluir que en términos generales el proyecto al finalizar contaba con una buena capacidad estructural. Lo anterior, es un aspecto positivo que al mismo tiempo resalta la importancia de que la ruta cuente con un sistema de drenaje apropiado que permita que la condición estructural del proyecto se mantenga, sin que se vea afectado por saturación de agua en la estructura o en la subrasante.

**Tabla 5.** Categorización porcentual de la condición estructural del proyecto, para cada uno de los parámetros evaluados

Condición	Parámetro			
	D0	BLI	MLI	LLI
Buena	99%	100%	86%	97%
Regular	1%	0%	14%	3%

### **OBSERVACIÓN 3: EN TÉRMINOS DE FRICCIÓN SUPERFICIAL, EL 79 % DEL PROYECTO SE ENCONTRABA EN CONDICIÓN MALA (MUY DESLIZANTE) AL MOMENTO DE SU FINALIZACIÓN**

En esta observación se evalúa la condición de fricción superficial del proyecto con base en los resultados de un ensayo de *Grip Number* realizado<sup>3</sup>.

A partir de la información de este ensayo, se observó que el proyecto tiene una condición variable de fricción superficial, donde predominantemente se observaron tramos cuya condición de fricción superficial era mala o muy deslizante (79 % del proyecto). Además, se observó que el 20 % del proyecto estaba en condición regular o deslizante y solo un pequeño tramo se encontraba en condición buena o poco deslizante. Lo anterior, según los rangos establecidos en el informe de evaluación de la red vial nacional que publica el LanammeUCR (ver Tabla 6).

<sup>3</sup> Según los resultados del informe I-0106-2020 emitido por el laboratorio de evaluación de pavimentos del LanammeUCR. Fecha de la prueba: 27 de enero de 2020.

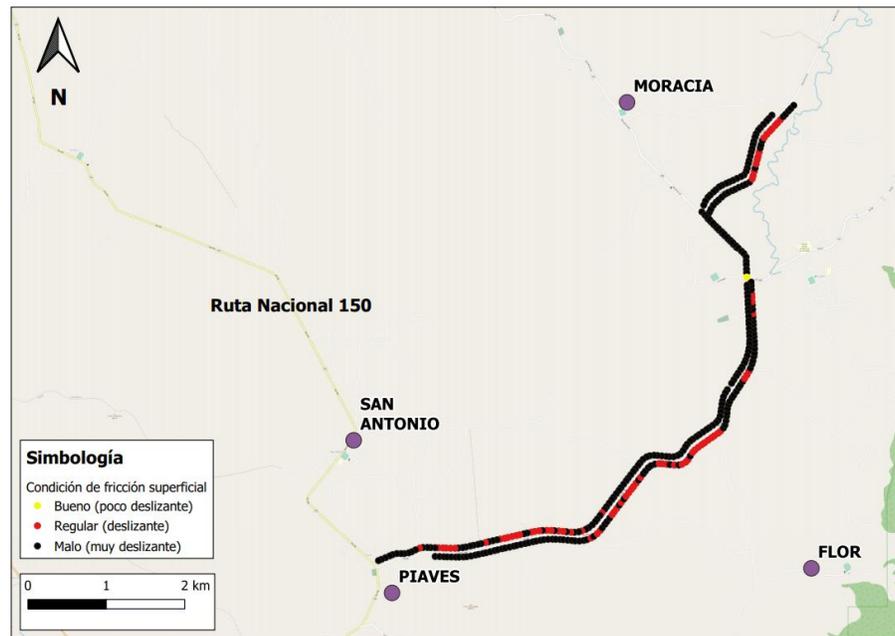
**Tabla 6.** Rangos de clasificación de fricción superficial mediante el parámetro Grip Number

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

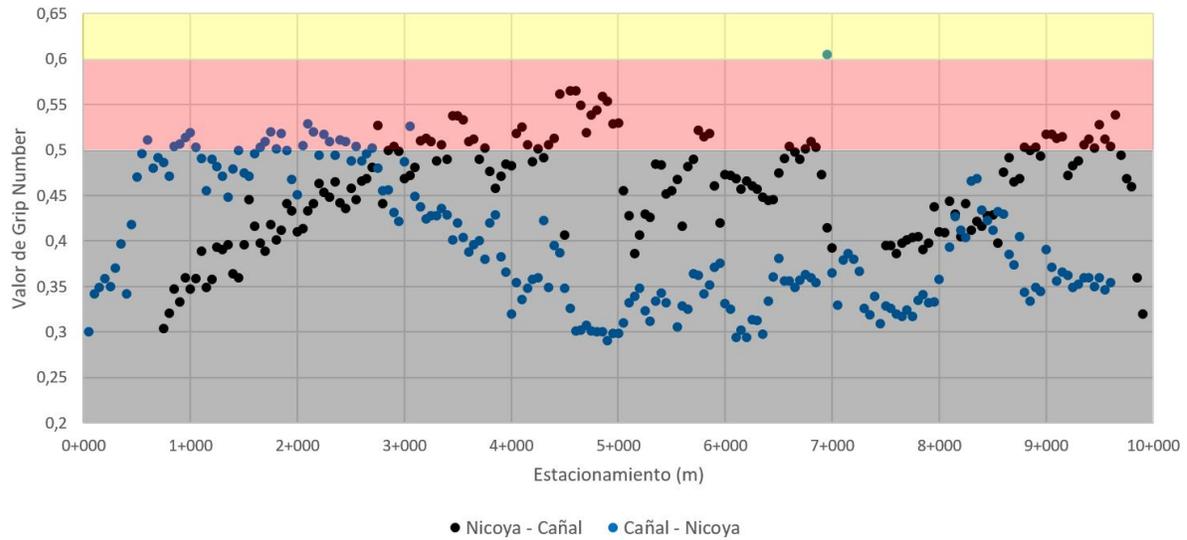
\* Número de accidentes por cada millón de vehículos / kilómetro, en función del coeficiente de fricción, obtenidos en Gran Bretaña, según memorias del 5to Simposio de Características Superficiales de Pavimentos, Toronto, Canadá, 2004. Tabla modificada LanammeUCR 2017.

A continuación, en la Figura 43 y Figura 44 se ilustra de manera gráfica (y de acuerdo con los rangos establecidos en la Tabla 6) la evaluación de la regularidad superficial en el proyecto:

**Figura 43.** Categorización de la fricción superficial del proyecto



**Figura 44.** Evolución de la fricción superficial en el proyecto, por estacionamiento



Por otra parte, se observó que el carril en el sentido Cañal – Nicoya es el que presenta las mayores deficiencias en términos de fricción superficial, de manera que en este sentido el 87% del proyecto se encontró en condición mala o muy deslizante. Además, como se muestra en la Tabla 7 el promedio de Grip Number a lo largo de todo el proyecto es de 0,43 lo cual corresponde a una condición muy deslizante.

**Tabla 7.** Estadísticas generales sobre la condición de fricción superficial del proyecto

Parámetro	Sentido Nicoya - Cañal	Sentido Cañal - Nicoya	Ambos sentidos
Promedio de Grip Number	0,46	0,40	0,43
Máximo de Grip Number	0,57	0,61	0,61
Mínimo de Grip Number	0,30	0,29	0,29
Cantidad de tramos en condición mala	124 (71%)	165 (87%)	289 (79%)
Cantidad de tramos en condición regular	51 (29%)	23 (12%)	74 (20%)
Cantidad de tramos en condición buena	0 (0%)	1 (1%)	1 (0%)

Por último, la condición evidenciada representa un riesgo para la seguridad vial de los usuarios de la vía, más aún en condiciones lluviosas donde los vehículos podrían tener dificultades para frenar o tener problemas de control. Lo anterior es más crítico si se considera que esta ruta cuenta con un desnivel considerable con respecto a las fincas adyacentes y además carece de sistemas de contención vehicular.



## 11. CONCLUSIONES

### Sobre los deterioros encontrados en el proyecto:

- Se observó que el proyecto presentó deterioros en su capa superficial de ruedo pocos días después de finalizadas las obras (en menos de 20 días).
- Se observó la presencia de deterioros de severidad alta, como grietas de más de 7 cm de ancho.
- Las grietas presentes en el proyecto en su mayoría fueron selladas, y en algunos casos se evidenció la ejecución de bacheos pequeños.
- En algunos casos los sellos de grietas no cubren la totalidad de las grietas a su alrededor.
- Se observó en un caso particular en que el sello de grieta colocado no fue suficiente para cubrir la grieta principal.
- En este caso particular se descarta que las grietas observadas respondan exclusivamente al paso de las cargas de tránsito.
- Es criterio del Equipo Auditor que los deterioros observados en el proyecto responden a varios factores como lo son: las deficiencias en el sistema de drenajes, la falta de confinamiento lateral de la estructura del pavimento e incluso la calidad de la mezcla asfáltica empleada.
- La aparición de deterioros podría implicar un mayor potencial de ingreso de agua a la estructura del pavimento y consecuentemente hacer que la estructura sea más propensa a la aparición de deterioros de mayor severidad y de frecuencia cada vez más acelerada.

### Sobre las deficiencias en los drenajes del proyecto:

- La berma no fue impermeabilizada en la totalidad del proyecto mediante canales revestidos, quedando expuesta a la intemperie e impidiendo la correcta conectividad para la evacuación del agua de la superficie de ruedo.
- El espesor de las cunetas en la mayoría de los casos sobresalía del nivel de piso de la berma existiendo un potencial riesgo de socavación del piso de base de la cuneta.
- No existe una adecuada continuidad y conectividad entre la cuneta de tierra conformada y la cuneta de concreto construida.



- Algunos de los pasos transversales de alcantarilla del proyecto funcionan como punto para la acumulación de agua. Varios de estos pasos fueron construidos previamente mediante recursos de conservación vial.
- Pese a que la Ingeniería de Proyecto señala que para reducir la formación de grietas sería necesaria una mayor intervención en los sistemas de drenaje, mediante la Orden de Modificación 2 se hace una disminución de 1.000 m<sup>2</sup> en el renglón de pago: CR 608.01(d). Canal revestido Tipo IV, Concreto hidráulico.
- Las deficiencias en los sistemas de drenajes son un tema recurrente en la ejecución de proyectos viales, principalmente en el ámbito de conservación vial de rutas de lastre, donde sistemáticamente no se ha priorizado de manera apropiada la construcción de sistemas de drenajes que permitan proteger de manera eficiente al pavimento ante los factores climáticos que año tras año afectan al país.

#### **Sobre los escombros en el proyecto:**

- Se observó que meses después de finalizadas las labores en el proyecto permanecían escombros a un lado de la vía.

#### **Sobre la regularidad superficial del proyecto mediante el parámetro IRI:**

- La regularidad superficial promedio del proyecto fue de 1,8 m/km (en promedio una condición buena).
- Al utilizar como referencia los rangos de IRI establecidos en el informe de evaluación de la red vial nacional del LanammeUCR, se observó que el 36 % de los tramos de 100 m evaluados se encuentran en una condición regular de IRI (regularidad superficial).
- Se observó que los mayores valores de IRI (es decir los puntos de mayor irregularidad superficial) se encuentran entre el estacionamiento 8+000 y el final del proyecto (estacionamiento 10+000). Esta condición concuerda con el hecho de que los mayores deterioros fueron detectados en los estacionamientos finales del proyecto.

#### **Sobre la capacidad estructural del proyecto:**

- Se observó que, en términos generales, la capacidad estructural del proyecto es buena. Lo anterior, es un aspecto positivo que al mismo tiempo resalta la importancia de que la ruta cuente con un sistema de drenaje apropiado que permita que la condición estructural del proyecto se mantenga, sin que sea afectada por la saturación de agua en la estructura del pavimento o en la subrasante.
- Se observó que en los primeros estacionamientos del proyecto (entre el 0+000 y el 3+000) la capacidad estructural de las capas intermedias en su mayoría era regular. Esto concuerda con el hecho de que en los primeros 2.800 metros del proyecto se colocó la mezcla asfáltica sobre el material de base existente a diferencia del resto del



proyecto donde se colocó material de base justo antes de la colocación de la capa de mezcla asfáltica.

### **Sobre la fricción superficial del proyecto:**

- Se observó que el carril en el sentido Cañal – Nicoya es el que presenta las mayores deficiencias en términos de fricción superficial.
- El 79 % del proyecto cuenta con una condición de fricción superficial mala o muy deslizante.
- El 20 % del proyecto cuenta con una condición de fricción superficial regular o deslizante.
- La condición evidenciada representa un riesgo para la seguridad vial de los usuarios de la vía, más aún en condiciones lluviosas donde los vehículos podrían tener dificultades para frenar o tener problemas de control. Lo anterior es más crítico si se considera que esta ruta cuenta con un desnivel considerable con respecto a las fincas adyacentes y además carece de sistemas de contención vehicular.

## **12. RECOMENDACIONES**

### **A la Ingeniería de Proyecto del MOPT (División de Obras Públicas Macro Región Guanacaste):**

- Monitorear constantemente los resultados de los ensayos de verificación de la calidad durante el proceso constructivo, para que se corrija de manera oportuna cualquier incumplimiento en cuanto a la calidad de los materiales o de prácticas constructivas.
- No se recomienda la autorización de sellos de grietas o baches pequeños como medida para la corrección de deterioros prematuros en un proyecto recién construido y en etapa de recepción provisional, puesto que no se elimina la causa que provoca el deterioro iniciado.
- Se recomienda ejercer un control más estricto con respecto al cumplimiento de la normativa referente al retiro de escombros en sitio, para evitar que estos permanezcan sobre el derecho de vía por un tiempo prolongado, más allá de lo establecido a nivel cartelario.
- Se recomienda que la condición de regularidad y fricción superficial, luego de la colocación de una capa de ruedo sean un parámetro de aceptación, de modo que, los sectores con deficiencias en algunos de estos parámetros tengan que ser reparados, con el fin de obtener mayor confort al usuario y una condición óptima inicial del proyecto.
- Para futuras intervenciones se recomienda el uso de los parámetros expuestos en este informe (D0, BLI, MLI y LLI) para determinar el tipo de intervención a realizar. Esto



como una herramienta para identificar capas débiles, principalmente las que brindan soporte a la estructura del pavimento. Además, se recomienda que estos indicadores sean considerados como un parámetro de aceptación de manera que se garantice que el proyecto contará con una adecuada capacidad estructural.

### **A la Ingeniería de Proyecto del MOPT (División de Obras Públicas Macro Región Guanacaste) y a la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes del CONAVI:**

- En términos generales, se recomienda priorizar la construcción de sistemas de drenajes que permitan proteger de manera eficiente al pavimento ante los factores climáticos que año tras año afectan al país.
- Se recomienda evaluar de manera más rigurosa el acabado de los sistemas de drenaje, para garantizar, por ejemplo, una adecuada transición hacia la cuneta revestida con el propósito de evitar socavaciones en la base de las cunetas.

## **13. REFERENCIAS**

Horak, E. (1987). Aspects of deflection basin parameters used in a mechanistic rehabilitation design procedure for flexible pavements in South Africa (Doctoral dissertation). University of Pretoria.

Horak, E. (2008). Benchmarking the structural condition of flexible pavements with deflection bowl parameters. *Journal of the South African Institution of Civil Engineering*, 50(2), 2-9.

LanammeUCR (2017). Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica Años 2016-2017. San José: Universidad de Costa Rica

LanammeUCR. (2008). Proyecto N° UI-PE-03-08: Variaciones a los rangos para la clasificación estructural de la Red Vial Nacional de Costa Rica. San Pedro de Montes de Oca: LanammeUCR.

Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2010). Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR – 2010, Dirección General de Vialidad. San José, Costa Rica.

Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2015). Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes MCV 2015. San José Costa Rica: MOPT.

Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2018). Licitación Pública Número: 2018LN-000006-0012400001 “Mejoramiento de obras de drenaje y de la superficie de ruedo de los siguientes tramos seleccionados de las Rutas Nacionales: RN 906: de El Piave (RN.150) a Barrio San Martín (RN.929) RN 929: de Barrio San Martín (RN.906) a Cañal”. San José, Costa Rica.

Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2020a). Acta de recepción provisional a la licitación pública número 2018LN-000006-0012400001. San José, Costa Rica.

Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2020b). Informe técnico DAG-IT-2020-003. Auditoría General del MOPT. San José, Costa Rica.



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL  
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2020c). Oficio sin respuesta emitido por parte la de Ingeniería de Proyecto a cargo de la licitación pública número 2018LN-000006-0012400001 en respuesta al oficio DAG-2020-0157. San José, Costa Rica.

Saleh F., M. (2015). Multi-Scale Criteria for Structural Capacity Evaluation of Flexible Pavements at Network Level. In Transportation Research Board 94th Annual Meeting (No. 15-2397).

Saleh F., M. (2016b). A Mechanistic Empirical Approach for the Evaluation of the Structural Capacity and Remaining Service Life of Flexible Pavements at the Network Level. Canadian Journal of Civil Engineering, 43(8), 749-758. doi:10.1139/cjce-2016-0060

Sayers, M., y Karamihas, S. (1998). The Little Book of Profiling. Michigan: Universidad de Michigan.

Talvik, O., & Aavik, A. (2009). Use of FWD deflection basin parameters (SCI, BDI, BCI) for pavement condition assessment. The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering, 4(4), 196-196.



<b>EQUIPO AUDITOR</b>		
<b>Preparado por:</b> <b>Ing. Luis Diego Herra Gómez</b> <b>Auditor Técnico</b>	<b>Preparado por:</b> <b>Ing. José David Rodríguez Morera</b> <b>Auditor Técnico</b>	<b>Preparado por:</b> <b>Ing. Mauricio Salas Chaves</b> <b>Auditor Técnico</b>
<b>Aprobado por:</b> <b>Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc.</b> <b>Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica</b>	<b>Visto bueno de legalidad:</b> <b>Lic. Miguel Chacón Alvarado</b> <b>Asesor Legal Externo</b> <b>LanammeUCR</b>	<b>Aprobado por:</b> <b>Ing. Alejandro Navas Carro, MSc.</b> <b>Director</b> <b>LanammeUCR</b>