



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR)

Informe: LM-INF-IC-D-002-2020

Evaluación de los parámetros de desempeño IRI, FWD y GRIP en la intervención de la Autopista Florencio del Castillo, secciones de control 30110, 30730, y 30740



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
Julio, 2020



Información Técnica del documento

<p>1. Informe Informe de Auditoría Técnica: LM-INF-IC-D-002-2020</p>	<p>2. Copia No. 1</p>	
<p>3. Título y subtítulo: Evaluación de los parámetros de desempeño IRI, FWD y GRIP en la intervención de la Autopista Florencio del Castillo, secciones de control 30110, 30730, y 30740</p>	<p>4. Fecha del Informe Julio, 2020</p>	
<p>7. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440</p>		
<p>8. Notas complementarias --**--</p>		
<p>9. Resumen</p> <p>Este informe de auditoría técnica se enfoca en la revisión de la condición de la Ruta Nacional 2, en las secciones de control 30110 (Paso superior entrada a San Rafael – Lte. Cantonal La Unión/Cartago), 30730 (Lte. Cantonal La Unión/Cartago - Taras) y 30740 (Taras – Lte. Cantonal La Unión/Cartago), luego de que fuera atendida con la licitación pública número 2014LN-000018-0CV00 para el mantenimiento y rehabilitación de la Red Vial Nacional.</p> <p>La intervención realizada comprendió un periodo de 6 meses (entre febrero y agosto de 2019) y una longitud de 5,1 km. En estas secciones de control originalmente la superficie de rueda era de concreto y contaba con deterioros considerables que afectaban la calidad de rueda de los usuarios, como consecuencia de una falta de mantenimiento.</p> <p>Tomando en cuenta la condición de esta ruta, la Administración planteó el proyecto como una intervención temporal de la ruta, a la espera de una concesión que atenderá estos tramos de la Ruta Nacional 2 de manera integral. De modo que, la propuesta ejecutada consistió en la remoción y reemplazo con mezcla asfáltica de las losas que contaban con más de un 70 % de deterioro y la posterior colocación de una sobrecapa que permitiera un periodo de vida útil de 5 años.</p> <p>Por la importancia de este proyecto, y el hecho de que representó una inversión de aproximadamente el 10,8 % del presupuesto estimado para la línea 3 de la licitación pública número 2014LN-000018-0CV00 (y un 3,71% del monto máximo de esta contratación), en diciembre de 2019 se presentó el informe LM-AT-079-19, denominado: "Análisis del caso y resumen de los criterios emitidos por el LanammeUCR sobre la intervención realizada en la carretera Florencio del Castillo (losas de concreto)"; el cual hace referencia a las prácticas constructivas, inspección, diseño, control de calidad y gestión de este proyecto.</p> <p>El presente informe tiene el objetivo de complementar al informe LM-AT-079-19, de modo que, se presenta un análisis posterior a la ejecución de las obras haciendo énfasis a la capacidad funcional (regularidad superficial), estructural y de fricción superficial del proyecto.</p> <p>Específicamente, en cuanto a la regularidad superficial del proyecto se observó que, de acuerdo con los criterios establecidos en el informe de evaluación de la red que publica el LanammeUCR bianualmente, la mayoría del proyecto se encuentra en una condición de regularidad superficial regular. Además, se observaron algunos incumplimientos de regularidad superficial tomando como referencia el cartel de conservación vial vigente (2014LN-000018-0CV00). Observándose, que en un caso específico la Administración no aplicó los rebajos correspondientes a dicho incumplimiento.</p> <p>Por otra parte, en cuanto a la capacidad estructural del proyecto, se observó que éste en su mayoría cuenta con deflexiones severas, tomando en consideración los resultados del ensayo FWD realizado por el LanammeUCR. Específicamente, se observó que las capas que presentaban las mayores deficiencias eran las capas inferiores del pavimento, de modo que el pavimento cuenta con deficiencias en la capacidad de soporte de la subrasante y subbase granular.</p> <p>Finalmente, en cuanto a la fricción superficial del proyecto se observó que este en su mayoría se encuentra en condición deslizante y poco deslizante.</p>		
<p>10. Palabras clave Conservación vial – Desempeño – IRI – FWD – GRIP – Auditoría</p>	<p>11. Nivel de seguridad: Ninguno</p>	<p>12. Núm. de páginas 83</p>



INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA

LM-INF-IC-D-002-2020: “Evaluación de los parámetros de desempeño IRI, FWD y GRIP en la intervención de la Autopista Florencio del Castillo, secciones de control 30110, 30730, y 30740”.

Departamento encargado del proyecto: Gerencia de Conservación de Vías y Puentes. CONAVI.
Licitación Pública Número: 2014LN-000018-0CV00 “MP y R: Mantenimiento Periódico y Rehabilitación del Pavimento de la Red Vial Nacional Pavimentada”

Costo del proyecto: ₡ 1.937.183.802
Contratista: Constructora Hernán Solís
Laboratorio de verificación de la calidad: CACISA
Administrador Vial: CACISA

Director del LanammeUCR:
Ing. Alejandro Navas Carro, MSc.

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. Sergio Guerrero Aguilera

Alcance del informe:

El alcance del presente informe consiste en la ejecución y análisis de ensayos de campo, no destructivos, sobre la Ruta Nacional 2 (secciones de control 30110, 30730 y 30740) para determinar la condición estructural (mediante análisis de deflectometría de impacto), de regularidad superficial (mediante el parámetro IRI) y de fricción superficial (mediante el parámetro GRIP) en este tramo de carretera luego de haber sido intervenida mediante la licitación pública número 2014LN-000018-0CV00.



TABLA DE CONTENIDOS

1. FUNDAMENTACIÓN.....	8
2. OBJETIVO GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS	8
3. OBJETIVOS DEL INFORME.....	8
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	8
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
4. ALCANCE DEL INFORME.....	9
5. ANTECEDENTES	9
6. METODOLOGÍA.....	10
7. DOCUMENTOS DE PREVALENCIA.....	12
8. INFORMACIÓN DEL PROYECTO	12
9. MARCO TEÓRICO.....	13
9.1. EVALUACIÓN FUNCIONAL MEDIANTE EL ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL	13
9.2. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL MEDIANTE EL ENSAYO DE DEFLECTOMETRÍA DE IMPACTO	15
9.3. EVALUACIÓN DE LA FRICCIÓN SUPERFICIAL MEDIANTE EL GRIPTESTER.....	17
10. AUDIENCIA DE LA PARTE AUDITADA PARA EL ANÁLISIS DEL INFORME EN SU VERSIÓN PRELIMINAR	19
11. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA.....	19
11.1. HALLAZGOS Y OBSERVACIONES DE LA AUDITORÍA TÉCNICA	20
OBSERVACIÓN 1: CON BASE EN UN ANÁLISIS DE REGULARIDAD SUPERFICIAL, SE EVIDENCIÓ QUE EN ALGUNOS SECTORES LA REGULARIDAD SUPERFICIAL DEL PROYECTO ES REGULAR	20
OBSERVACIÓN 2: CON BASE EN UN ANÁLISIS DE DEFLECTOMETRÍA, SE EVIDENCIÓ QUE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL DEL PROYECTO ES DEFICIENTE.....	31
OBSERVACIÓN 3: CON BASE EN UN ANÁLISIS DE GRIPNUMBER, SE EVIDENCIÓ QUE EN ALGUNOS SECTORES LA CONDICIÓN DE FRICCIÓN SUPERFICIAL DEL PROYECTO ES REGULAR.	45
12. CONCLUSIONES	50
13. RECOMENDACIONES	51
14. REFERENCIAS	52
15. ANEXOS.....	55
15.1. ANEXO 1. ANÁLISIS DEL OFICIO GCSV-41-2020-0778 (DESCARGO).....	55
15.2. ANEXO 2. OFICIO GCSV-41-2020-0778 (DESCARGO).....	65



ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. UBICACIÓN DEL PROYECTO EN LA AUTOPISTA FLORENCIO DEL CASTILLO.....	13
FIGURA 2. PERFIL LONGITUDINAL DE UNA CARRETERA.....	14
FIGURA 3. PERFILES LONGITUDINALES CONSIDERADOS PARA EL CÁLCULO DEL MRI.....	15
FIGURA 4. EJEMPLOS DE FALLAS CONSTRUCTIVAS QUE PUEDEN AFECTAR LA REGULARIDAD SUPERFICIAL DE UN PROYECTO.	15
FIGURA 5. DEFLECTÓMETRO DE IMPACTO (FWD) LANAMMEUCR	16
FIGURA 6. ILUSTRACIÓN CURVA DE DEFLEXIONES GENERADA ENSAYO DEFLECTOMETRÍA (FWD)	17
FIGURA 7. GRIPTESTER DEL LANAMMEUCR	18
FIGURA 8. EL MATERIAL DE SUBBASE EXISTENTE SE OBSERVA SEGREGADO, SUELTO Y NO SE CONFORMA. ESTACIONAMIENTO 0+700 DEL PASO A DESNIVEL. FECHA: 13 DE MARZO 2019. FUENTE LANAMMEUCR	21
FIGURA 9. CONDICIÓN DE REGULARIDAD SUPERFICIAL DEL PROYECTO CON BASE EN LOS CRITERIOS DEL INFORME DE EVALUACIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL. FUENTE LANAMMEUCR, 2020.....	21
FIGURA 10. VALORES DE REGULARIDAD SUPERFICIAL EN EL TRAMO 1, POSTERIOR A LA INTERVENCIÓN.	22
FIGURA 11. GRÁFICO DE FRECUENCIAS ACUMULADAS PARA LOS VALORES DE IRI EN EL TRAMO 1.....	22
FIGURA 12. VALORES DE REGULARIDAD SUPERFICIAL EN EL TRAMO 2, POSTERIOR A LA INTERVENCIÓN.	23
FIGURA 13. GRÁFICO DE FRECUENCIAS ACUMULADAS PARA LOS VALORES DE IRI EN EL TRAMO 2.....	23
FIGURA 14. VALORES DE REGULARIDAD SUPERFICIAL EN EL TRAMO 3, POSTERIOR A LA INTERVENCIÓN.	24
FIGURA 15. GRÁFICO DE FRECUENCIAS ACUMULADAS PARA LOS VALORES DE IRI EN EL TRAMO 3.....	24
FIGURA 16. CATEGORÍAS DE DEFLEXIÓN REPORTADAS PARA EL D0.....	33
FIGURA 17. VALORES DE DEFLEXIÓN EN EL D0 (EN $\text{MMX}10^{-2}$) PARA EL TRAMO 1, POSTERIOR A LA INTERVENCIÓN.	35
FIGURA 18. GRÁFICO DE FRECUENCIAS ACUMULADAS PARA LOS VALORES DE DEFLEXIÓN EN EL D0 (EN $\text{MMX}10^{-2}$) PARA EL TRAMO 1.....	35
FIGURA 19. VALORES DE DEFLEXIÓN EN EL D0 (EN $\text{MMX}10^{-2}$) PARA EL TRAMO 2, POSTERIOR A LA INTERVENCIÓN.	36
FIGURA 20. GRÁFICO DE FRECUENCIAS ACUMULADAS PARA LOS VALORES DE DEFLEXIÓN EN EL D0 (EN $\text{MMX}10^{-2}$) PARA EL TRAMO 2.....	36
FIGURA 21. VALORES DE DEFLEXIÓN EN EL D0 (EN $\text{MMX}10^{-2}$) PARA EL TRAMO 3, POSTERIOR A LA INTERVENCIÓN.	37
FIGURA 22. GRÁFICO DE FRECUENCIAS ACUMULADAS PARA LOS VALORES DE DEFLEXIÓN EN EL D0 (EN $\text{MMX}10^{-2}$) PARA EL TRAMO 3.....	37
FIGURA 23. CATEGORIZACIÓN DEL PARÁMETRO BLI EN EL PROYECTO.....	38
FIGURA 24. CATEGORIZACIÓN DEL PARÁMETRO MLI EN EL PROYECTO	39



FIGURA 25. CATEGORIZACIÓN DEL PARÁMETRO LLI EN EL PROYECTO	40
FIGURA 26. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LAS CATEGORÍAS BLI, MLI Y LLI EN EL CARRIL EXTERNO DEL TRAMO 1	41
FIGURA 27. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LAS CATEGORÍAS BLI, MLI Y LLI EN EL CARRIL INTERNO DEL TRAMO 1	42
FIGURA 28. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LAS CATEGORÍAS BLI, MLI Y LLI EN EL CARRIL EXTERNO DEL TRAMO 3	42
FIGURA 29. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LAS CATEGORÍAS BLI, MLI Y LLI EN EL CARRIL INTERNO DEL TRAMO 3	43
FIGURA 30. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LAS CATEGORÍAS BLI, MLI Y LLI EN EL CARRIL EXTERNO DEL TRAMO 2	44
FIGURA 31. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LAS CATEGORÍAS BLI, MLI Y LLI EN EL CARRIL INTERNO DEL TRAMO 2	44
FIGURA 32. CATEGORIZACIÓN DE FRICCIÓN SUPERFICIAL DEL PROYECTO	46
FIGURA 33. VALORES DE GRIP EN EL TRAMO 1, POSTERIOR A LA INTERVENCIÓN.	47
FIGURA 34. GRÁFICO DE FRECUENCIAS ACUMULADAS PARA LOS VALORES DE GRIP EN EL TRAMO 1.....	47
FIGURA 35. VALORES DE GRIP EN EL TRAMO 2, POSTERIOR A LA INTERVENCIÓN.	48
FIGURA 36. GRÁFICO DE FRECUENCIAS ACUMULADAS PARA LOS VALORES DE GRIP EN EL TRAMO 2.....	48
FIGURA 37. VALORES DE GRIP EN EL TRAMO 3, POSTERIOR A LA INTERVENCIÓN.	49
FIGURA 38. GRÁFICO DE FRECUENCIAS ACUMULADAS PARA LOS VALORES DE GRIP EN EL TRAMO 3.....	49
FIGURA 39. EXTRACTO DEL OFICIO OFI-CC-INT-02-2019CV DE LA EMPRESA HERNÁN SOLÍS.....	56



ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. RESUMEN DE LOS INFORMES DE ENSAYO CONSIDERADOS EN LA ELABORACIÓN DEL PRESENTE INFORME.....	11
TABLA 2. DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES EN EL ENSAYO DE FWD (CM)	16
TABLA 3. RANGOS DE CLASIFICACIÓN DE REGULARIDAD SUPERFICIAL PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES.....	20
TABLA 4. ESPECIFICACIÓN DE REGULARIDAD SUPERFICIAL EN SOBRECAPAS.....	25
TABLA 5. ESPECIFICACIÓN DE REGULARIDAD SUPERFICIAL EN REHABILITACIONES.....	25
TABLA 6. CUMPLIMIENTO DE LA ESPECIFICACIÓN EN EL CARRIL EXTERNO DEL TRAMO 1	26
TABLA 7. CUMPLIMIENTO DE LA ESPECIFICACIÓN EN EL CARRIL INTERNO DEL TRAMO 1.....	27
TABLA 8. CUMPLIMIENTO DE LA ESPECIFICACIÓN EN EL CARRIL EXTERNO DEL TRAMO 2.....	28
TABLA 9. CUMPLIMIENTO DE LA ESPECIFICACIÓN EN EL CARRIL INTERNO DEL TRAMO 2.....	28
TABLA 10. CUMPLIMIENTO DE LA ESPECIFICACIÓN EN EL CARRIL EXTERNO DEL TRAMO 3....	29
TABLA 11. CUMPLIMIENTO DE LA ESPECIFICACIÓN EN EL CARRIL INTERNO DEL TRAMO 3....	29
TABLA 12. RESUMEN DE LOS ESPESORES PROMEDIO OBTENIDOS MEDIANTE GPR EN EL INFORME LM-AT-079-19.....	32
TABLA 13. CLASIFICACIÓN DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL CONSIDERANDO LOS PARÁMETROS DE CUENCOS DE DEFLEXIÓN PARA PAVIMENTOS CON BASE GRANULAR. ...	32
TABLA 14. CATEGORÍAS DE DEFLEXIÓN REPORTADAS PARA EL D0	33
TABLA 15. CATEGORIZACIÓN DEL PARÁMETRO BLI EN EL PROYECTO.....	38
TABLA 16. CATEGORIZACIÓN DEL PARÁMETRO MLI EN EL PROYECTO	39
TABLA 17. CATEGORIZACIÓN DEL PARÁMETRO LLI EN EL PROYECTO	40
TABLA 18. RANGOS DE DEFLEXIÓN SEGÚN TPD, UTILIZADOS PARA CLASIFICAR RESULTADOS DE FWD.....	45
TABLA 19. REBAJOS POR CONCEPTO DE IRI REPORTADOS POR EL ADMINISTRADOR VIAL...	58
TABLA 20. EXTRACTO DE LA ESTIMACIÓN NÚMERO 31.1 FV CORRESPONDIENTE A LA LÍNEA 3 DE LA LICITACIÓN PÚBLICA LP 2014LN-000018-0CV00, DONDE SE MUESTRA EL REBAJO POR CONCEPTO DE REGULARIDAD SUPERFICIAL REPORTADO EN SIGEPRO...	59



INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA

LM-AT-002-2020: Evaluación de los parámetros de desempeño IRI, FWD y GRIP en la intervención de la Autopista Florencio del Castillo, secciones de control 30110, 30730, y 30740

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 de este informe es evaluar la condición del pavimento en las secciones de control 30110, 30730 y 30740, posterior a la intervención de la Autopista Florencio del Castillo realizada entre febrero y agosto de 2019.



3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la regularidad superficial del proyecto de intervención a las losas de concreto en la Autopista Florencio del Castillo, secciones de control 30110, 30730 y 30740, posterior a su intervención.
- Evaluar la capacidad estructural del proyecto de intervención a las losas de concreto en la Autopista Florencio del Castillo, secciones de control 30110, 30730 y 30740, posterior a su intervención.
- Evaluar la fricción superficial del proyecto de intervención a las losas de concreto en la Autopista Florencio del Castillo, secciones de control 30110, 30730 y 30740, posterior a su intervención.

4. ALCANCE DEL INFORME

El alcance del presente informe consiste en la ejecución y análisis de ensayos de campo no destructivos, sobre la Ruta Nacional 2 (secciones de control 30110, 30730 y 30740) para determinar la condición estructural, la regularidad superficial y la fricción superficial en este tramo de carretera luego de haber sido intervenida mediante la licitación pública número 2014LN-000018-OCV00.

5. ANTECEDENTES

El presente informe tiene como antecedente el informe LM-AT-079-19 de fecha 12 de diciembre de 2019. “Análisis del caso y resumen de los criterios emitidos por el LanammeUCR, sobre la intervención realizada en la carretera Florencio del Castillo (losas de concreto)”.

En el informe LM-AT-079-19 antes citado, se hace referencia a las prácticas constructivas, inspección, diseño, control de calidad y gestión del proyecto de atención a las losas de concreto en las secciones de control 30110, 30730 y 30740 de la Ruta Nacional 2.

La intervención realizada comprendió un periodo de 6 meses (entre febrero y agosto de 2019). En estas secciones de control originalmente la superficie de ruedo era de concreto y contaba con deterioros considerables que afectaban la calidad de ruedo de los usuarios. Lo anterior, en parte, como consecuencia de una falta de mantenimiento.

Tomando en cuenta la condición de esta ruta, la Administración planteó el proyecto como una intervención temporal de la ruta, a la espera de una concesión que atenderá estos tramos de la Ruta Nacional 2 de manera integral. De modo que, la propuesta ejecutada consistió en la remoción y reemplazo con mezcla asfáltica de las losas que contaban con más de un 70 % de deterioro y la posterior colocación de una sobrecapa que permitiera un periodo de vida útil de 5 años.



Una de las particularidades de este proyecto, es que su inicio coincidió con una suspensión al contrato de los Administradores Viales. Teniendo en cuenta que los Administradores Viales son organismos encargados de colaborar con la Administración (CONAVI) en el proceso de inspección de los proyectos de mantenimiento vial, el proyecto de atención a la autopista Florencio del Castillo inició en un momento en el cual la Administración tenía limitaciones para validar la calidad de los trabajos que se estaban realizando. Lo anterior, contribuyó a que se encontraran deficiencias en el proceso constructivo, tal como se indicó en el informe LM-AT-079-19 referenciado.

Por último, a manera de resumen, en el informe LM-AT-079-19 se evidencian los siguientes aspectos:

- La ejecución de malas prácticas constructivas, tales como: colocación de mezcla asfáltica sobre una subbase desnivelada y visiblemente contaminada, aplicación de riego de imprimación sobre el material de subbase sin barrer, daños a las paredes del espaldón de la carretera y carriles adyacentes, donde incluso ya se había colocado mezcla asfáltica durante proceso de demolición de losas, colocación de mezcla asfáltica suelta, como “capa de prenivelación” o “traba” a temperaturas de hasta 75 °C.
- Se evidenció que las obras iniciaron sin un diseño aprobado, lo cual pone en riesgo la eficiente inversión de los recursos públicos.
- Se evidenció la aprobación de un sobrediseño, para la atención de dicho proyecto.
- Se determinó que, en algunos tramos, los espesores de mezcla asfáltica colocados superan los espesores aprobados por la Administración.
- Se determinó que los trabajos iniciaron sin la realización de ensayos por parte del correspondiente laboratorio de verificación de la calidad, específicamente para el control de la calidad de la subbase granular.
- Finalmente, se hace referencia a la gestión reactiva que impulsó la ejecución de este proyecto, de modo que, se llevó a cabo un uso ineficiente de los fondos públicos.

6. METODOLOGÍA

La labor que se efectúa en un proceso de auditoría se orienta en recopilar y analizar evidencias durante un periodo definido, así como identificar posibles elementos y aspectos que puedan afectar la calidad del proyecto. La auditoría técnica que realiza el LanammeUCR no puede compararse, ni considerarse como una actividad de control de calidad, 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 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.

Las actividades desarrolladas por el equipo auditor en el presente informe, se basaron en el análisis de resultados de ensayos de IRI, FWD y GRIP realizados entre los meses de septiembre y octubre de 2019 sobre la Autopista Florencio del Castillo, específicamente en las secciones de control 30110, 30730 y 30740.

A continuación, se presenta un resumen de los informes de ensayo considerados en la elaboración del presente informe.

Tabla 1. Resumen de los informes de ensayo considerados en la elaboración del presente informe

No. Informe	Laboratorio	Fecha de medición	Descripción
1-1846-19	LanammeUCR	30/09/2019 al 7/10/2019	Este informe cuenta con los resultados de regularidad superficial (mediante el parámetro IRI), posterior a los trabajos realizados en todos los tramos de la intervención a la Autopista Florencio del Castillo.
1-1884-19	LanammeUCR	30/09/2019 al 7/10/2019	Este informe cuenta con los resultados de capacidad estructural (mediante el parámetro FWD), posterior a los trabajos realizados en todos los tramos de la intervención a la Autopista Florencio del Castillo.
1-1846-19	LanammeUCR	30/09/2019 al 7/10/2019	Este informe cuenta con los resultados de fricción superficial (mediante el parámetro GripNumber), posterior a los trabajos realizados en todos los tramos de la intervención a la Autopista Florencio del Castillo.
5326-2019	CACISA	17/9/2019	Este informe, del laboratorio de verificación de la calidad, cuenta con los resultados de regularidad superficial (IRI), antes y después de la colocación de la sobre capa en el Tramo 1 de la intervención a la Autopista Florencio del Castillo.
5327-2019	CACISA	17/9/2019	Este informe, del laboratorio de verificación de la calidad, cuenta con los resultados de regularidad superficial (IRI), antes y después de la colocación de la sobre capa en el Tramo 3 de la intervención a la Autopista Florencio del Castillo.



No. Informe	Laboratorio	Fecha de medición	Descripción
5328-2019	CACISA	17/9/2019	Este informe, del laboratorio de verificación de la calidad, cuenta con los resultados de regularidad superficial (IRI), antes y después de la colocación de la sobre capa en el Tramo 2 de la intervención a la Autopista Florencio del Castillo.

7. DOCUMENTOS DE PREVALENCIA

Las especificaciones para el control de la calidad en términos de regularidad superficial para proyectos de conservación se indican en el cartel de licitación pública 2014LN-000018-0CV00. Además, este define que los trabajos se deben realizar conforme las especificaciones técnicas especiales y las contenidas en los siguientes documentos contractuales:

- Especificaciones Especiales incluidas en el capítulo III.
- Tomo de Disposiciones para Construcción y Conservación Vial.
- Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes (CR-2010).
- Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito (SIECA).
- Las normas relacionadas con la colocación de dispositivos de seguridad para protección de obras.
- Decreto Ejecutivo No. 31363-Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) del 02 de junio de 2003 (Reglamento de circulación por carreteras con base en el peso y las dimensiones de los vehículos de carga), y sus reformas.
- Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras Universidad de Costa Rica.
- Decreto ejecutivo 33148-MOPT, publicado en La Gaceta No.100, de fecha 25 de mayo de 2006, con respecto a la seguridad vial.
- Manual para el desarrollo de Proyectos de Infraestructura desde la óptica de la seguridad vial, en la formulación y ejecución de las Obras Públicas pertinentes controladas por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes y por el Estado Costarricense.
- Ley de Tránsito por las Vías Públicas y Terrestres, Ley 9078.

8. INFORMACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto estudiado en el presente informe se ubica sobre la Ruta Nacional 2, específicamente en las secciones de control 30110 (Paso superior entrada a San Rafael – Lte. Cantonal La Unión/Cartago), 30730 (Lte. Cantonal La Unión/Cartago - Taras) y 30740 (Taras – Lte. Cantonal La Unión/Cartago) (ver Figura 1).

El proyecto tiene una longitud total acumulada de 5,3 km subdividida en 3 tramos como se observa en la Figura 1.

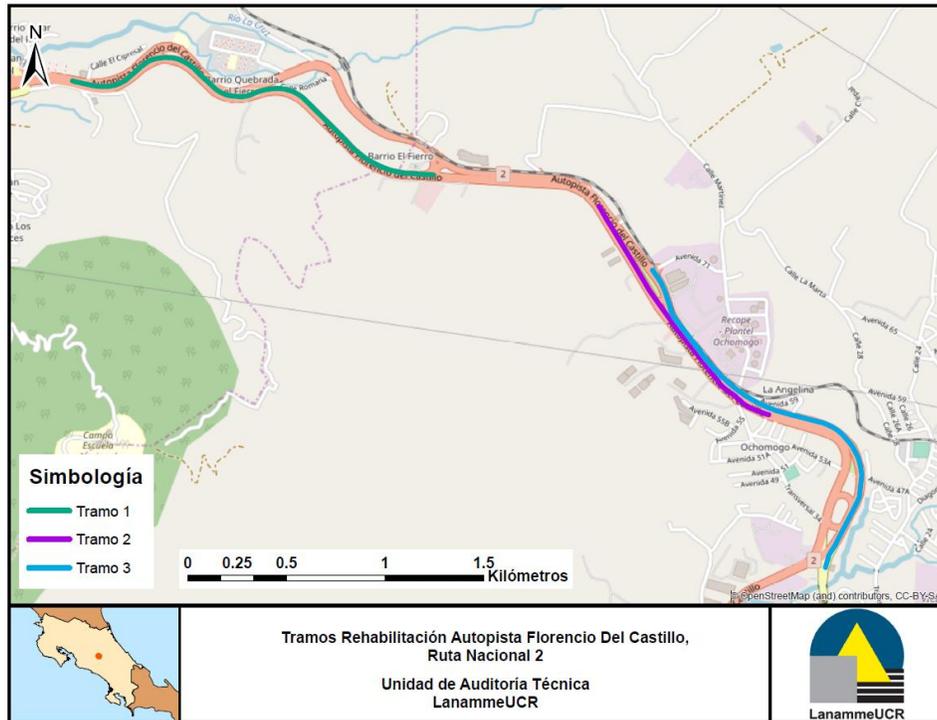


Figura 1. Ubicación del proyecto en la autopista Florencio del Castillo

9. MARCO TEÓRICO

La caracterización de la condición de una carretera se puede realizar a través de distintos parámetros. Por ejemplo: mediante criterios de serviciabilidad establecidos por el confort usuario. Por otra parte, al considerar que la condición de una carretera está relacionada con sus propiedades físicas y mecánicas, es posible medir de manera objetiva el estado de una vía.

En el presente informe, para evaluar objetivamente el desempeño del proyecto llevado a cabo en la Autopista Florencio del Castillo, 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:

9.1. 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 los 70's, 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 2). 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.

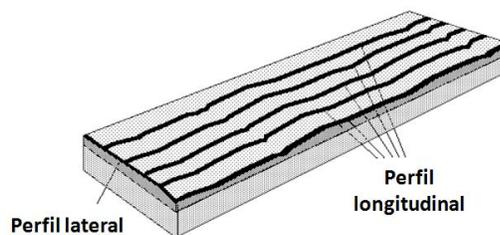


Figura 2. Perfil longitudinal de una carretera
Fuente: Adaptado de Sayers y Karamihas, 1998

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 3), este parámetro se conoce como *Mean Roughness Index (MRI)*.

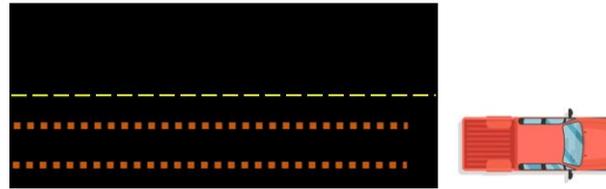


Figura 3. Perfiles longitudinales considerados para el cálculo del MRI

Por otra parte, aunque casi siempre se habla del valor de IRI de una carretera, para ser precisos se debe especificar a 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 4), 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 4. Ejemplos de fallas constructivas que pueden afectar la regularidad superficial de un proyecto.

9.2. 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 5).



Figura 5. 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 2. Con esta disposición es posible relacionar el tamaño de las deflexiones con las características de los materiales que componen el pavimento (LanammeUCR, 2015).

Tabla 2. 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 6.

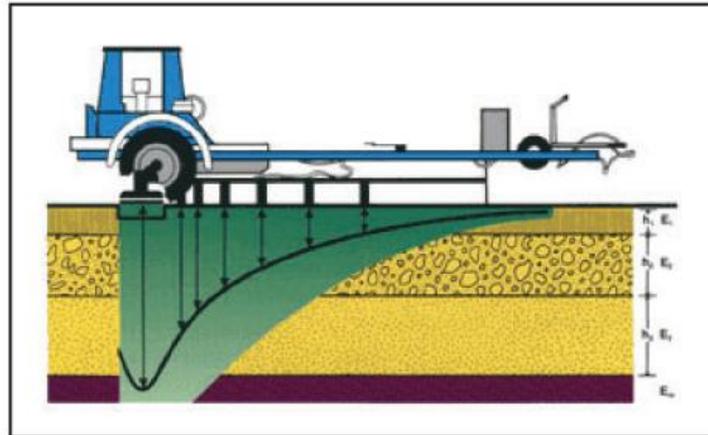


Figura 6. Ilustración curva de deflexiones generada ensayo deflectometría (FWD)
Fuente: LanammeUCR, 2008

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.

9.3. 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 7). 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 7. Griptester del LanammeUCR
Fuente: LanammeUCR, 2019



10. 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-002B-2020 fue remitido a la Administración el día 22 de mayo de 2020, mediante oficio LM-IC-D-0415-2020, para que fuese analizado por parte de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes.

La presentación del informe se realizó el día 1 de junio 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 la Ing. Hannia Rosales por parte de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes y el ingeniero Oscar Sánchez como Administrador Vial de la zona 1-7. Además de los ingenieros Joshimar Tejeda Valverde, Manrique Aguilar Oreamuno, Berny Quirós y Reynaldo Vargas por parte del departamento de Auditoría Interna de CONAVI. Por parte de la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR estuvieron presente los auditores encargados del informe, Ing. Luis Diego Herra Gómez, Ing. Sergio Guerrero Aguilera, 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 Carlos Alfaro, José David Rodríguez, Víctor Cervantes y Fiorella Murillo que forman parte de la unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR

Posteriormente, el día 19 de junio de 2020, se recibió el documento de descargo por parte de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, Oficio GCSV-41-2020-0778, emitido por la Ing. Hannia Rosales Hernández. Este oficio fue analizado por el equipo auditor y considerado para realizar aclaraciones y mejoras al informe con el fin de que sea de mayor claridad para la Administración

En el Anexo 1 del informe se adjunta el análisis del descargo realizado por el equipo auditor y en el Anexo 2 se adjunta el Oficio GCSV-41-2020-0778 con el descargo correspondiente, emitido por la Ing. Hannia Rosales Hernández.

11. 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.

11.1. Hallazgos y Observaciones de la Auditoría Técnica

Sobre la condición de regularidad superficial del proyecto:

OBSERVACIÓN 1: CON BASE EN UN ANÁLISIS DE REGULARIDAD SUPERFICIAL, SE EVIDENCIÓ QUE EN ALGUNOS SECTORES LA REGULARIDAD SUPERFICIAL DEL PROYECTO ES REGULAR

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. Esta evaluación se realizó para los carriles internos y externos de los tramos 1, 2 y 3.

La primera parte de la observación se basa en la comparación de los resultados de regularidad superficial con base en los rangos establecidos en el informe de evaluación de la red vial nacional (ver Tabla 3). En la Figura 9 se muestra un mapa con la condición general de regularidad superficial del proyecto. Por otra parte, en las Figuras 10, 11, 12, 13, 14 y 15 se muestra dicha comparación, mostrándose para cada tramo la evolución de la regularidad superficial a lo largo de los estacionamientos, así como un gráfico de frecuencias acumuladas que permite determinar los porcentajes de los tramos que se encuentra en cada una de las categorías de deflexión según la categorización de la Tabla 3.

Tabla 3. Rangos de clasificación de regularidad superficial 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

A partir de esta comparación, se observó que para los tramos 1, 2 y 3, la mayoría de los puntos evaluados contaban con valores de regularidad superficial regular, entre 1,9 m/km y 3,6 m/km. Esta condición es un aspecto que llama la atención de esta auditoría por el hecho de que en este proyecto, muchos de los sectores intervenidos se atendieron con la colocación de mezcla asfáltica desde la capa de base. Sin embargo, como se mencionó en el informe LM-AT-079-19 “Análisis del caso y resumen de los criterios emitidos por el LanammeUCR sobre la intervención realizada en la carretera Florencio del Castillo (losas de concreto)”, se observaron prácticas constructivas que perjudican la regularidad superficial del proyecto, por ejemplo, la inadecuada compactación y preparación de la capa de base, donde incluso no se llevaron a cabo controles de compactación por parte de la Administración en esta capa, situación que explica en parte la condición de regularidad superficial observada.



“Labores tan importantes como la caracterización del material de subbase existente y la verificación del porcentaje de compactación de este material no se estuvieron realizando por parte de la Administración.

Lo anterior toma más relevancia si se consideran las condiciones constructivas observadas en el proyecto, que como se señaló en el Hallazgo 1, este material granular existente quedaba considerablemente suelto e irregular (ver Figura 8).”

Fuente: LanammeUCR, 2019 (LM-AT-079-19)



Figura 8. El material de subbase existente se observa segregado, suelto y no se conforma. Estacionamiento 0+700 del paso a desnivel. Fecha: 13 de marzo 2019. Fuente LanammeUCR



Figura 9. Condición de regularidad superficial del proyecto con base en los criterios del informe de evaluación de la red vial nacional. Fuente LanammeUCR, 2020

Tramo 1: Sección de control 30110.

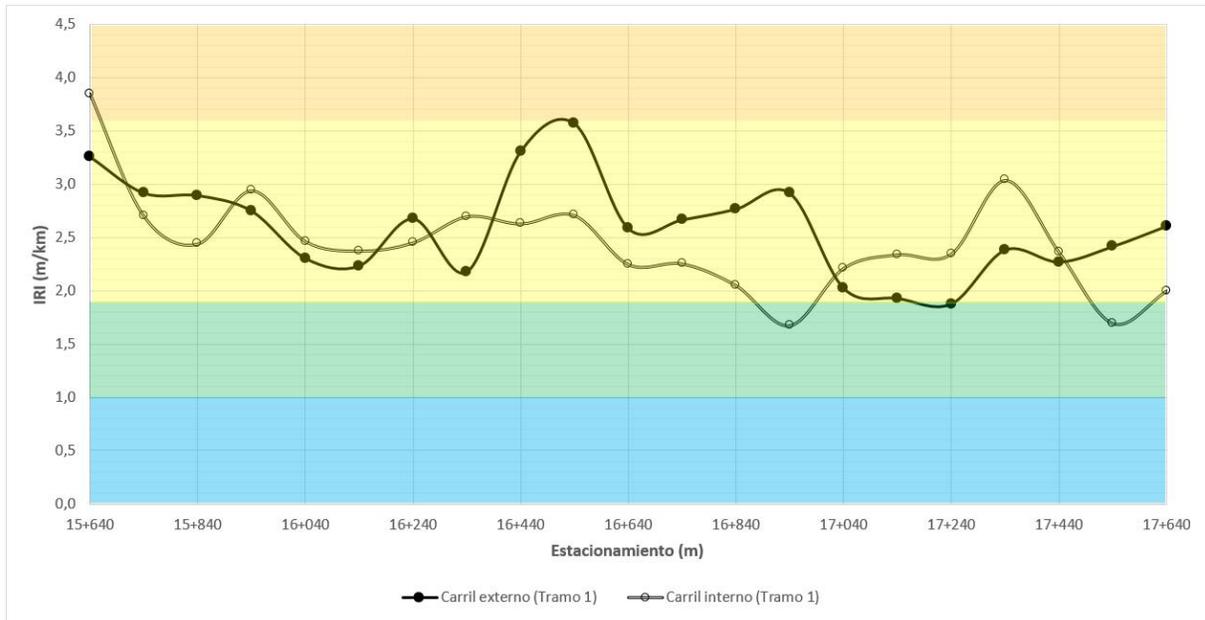


Figura 10. Valores de Regularidad superficial en el tramo 1, posterior a la intervención.

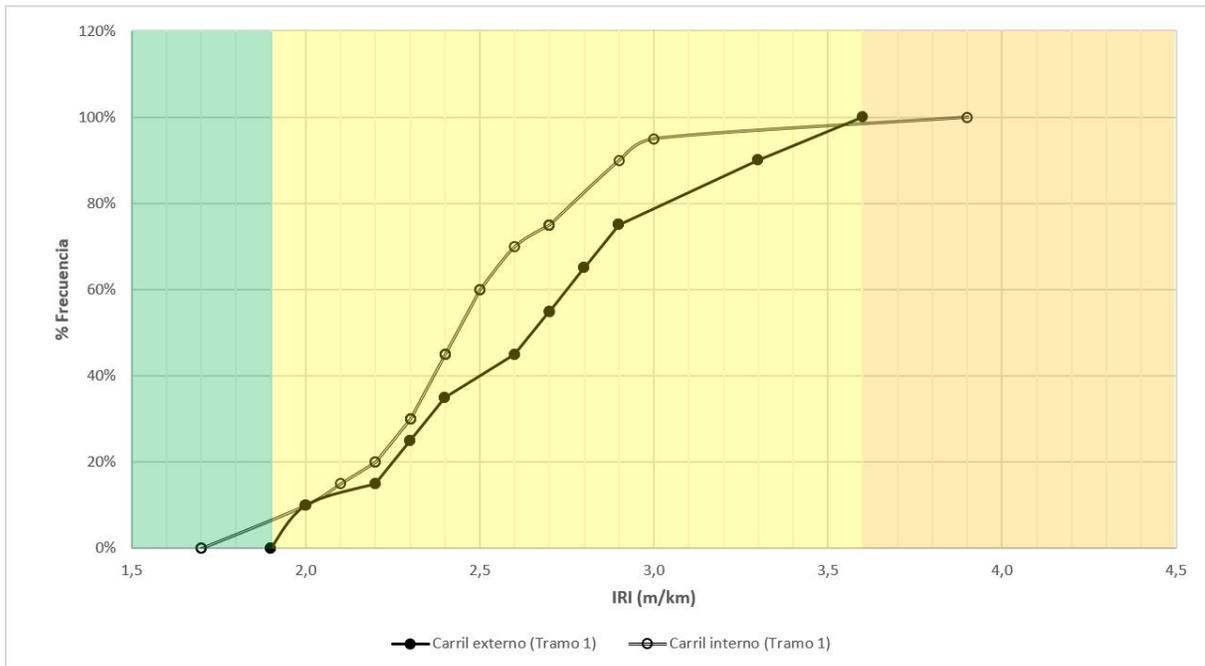


Figura 11. Gráfico de frecuencias acumuladas para los valores de IRI en el tramo 1.

Tramo 2: Sección de control 30730

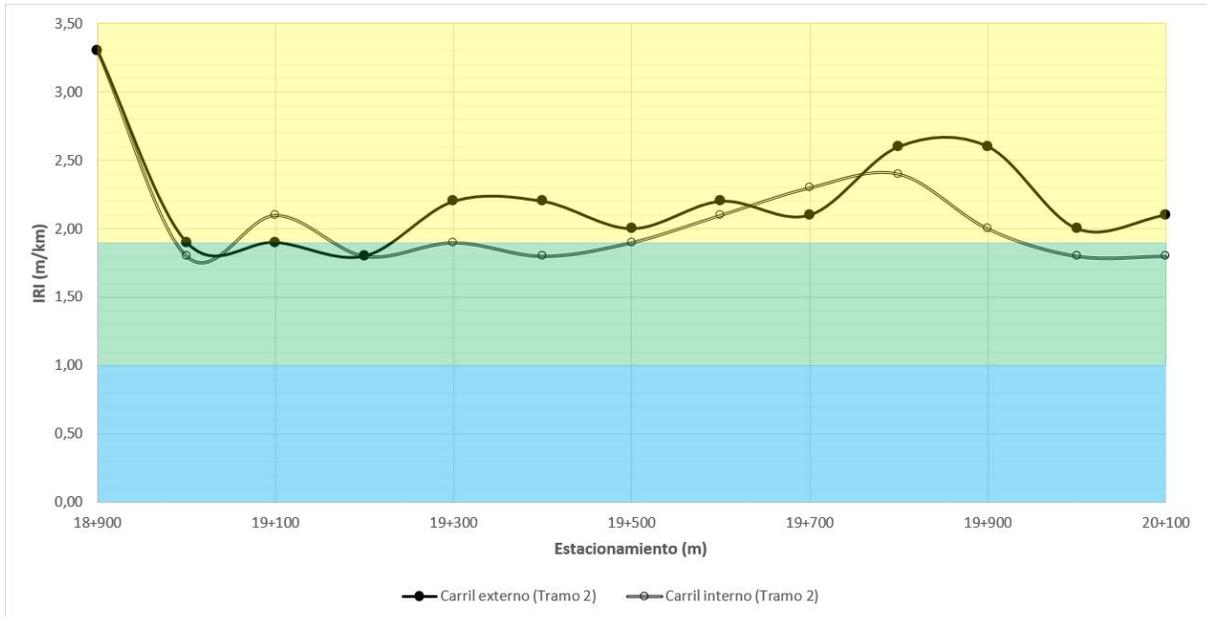


Figura 12. Valores de Regularidad superficial en el tramo 2, posterior a la intervención.

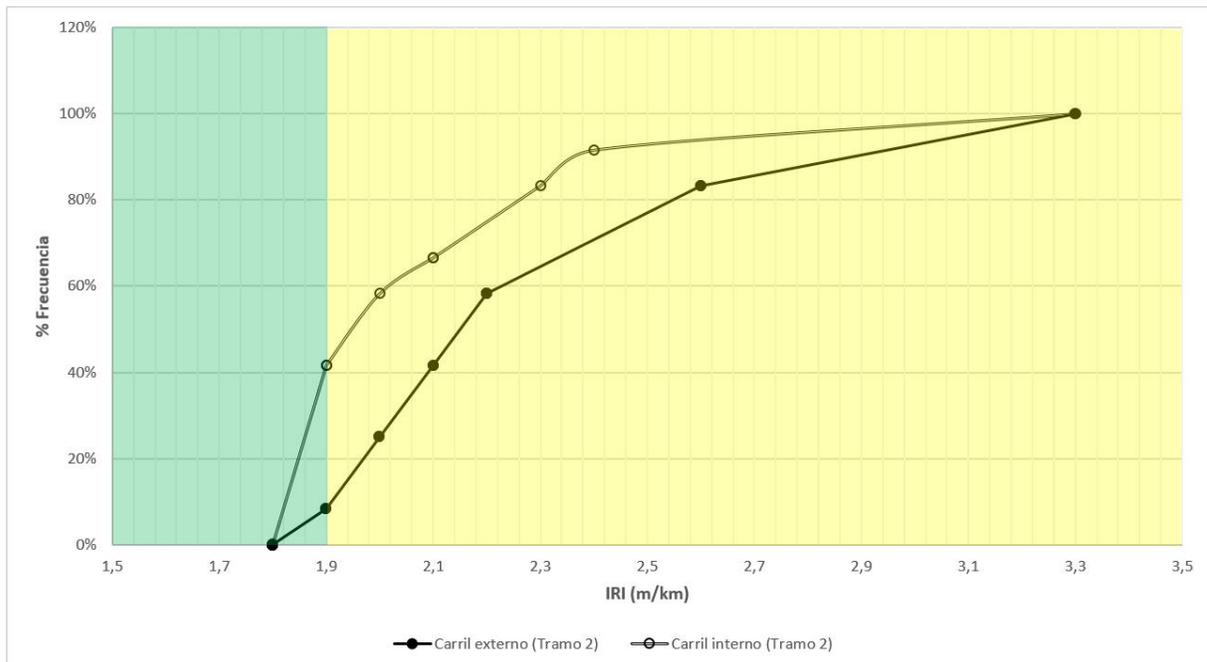


Figura 13. Gráfico de frecuencias acumuladas para los valores de IRI en el tramo 2.

Tramo 3: Sección de control 30740

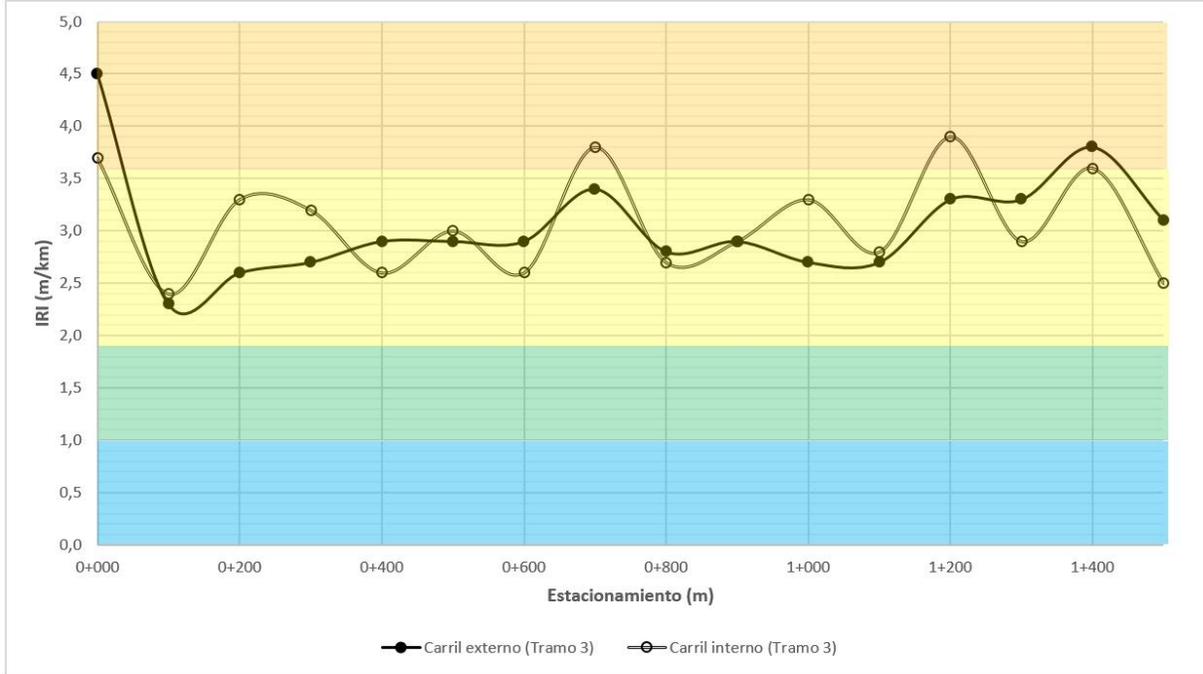


Figura 14. Valores de Regularidad superficial en el tramo 3, posterior a la intervención.

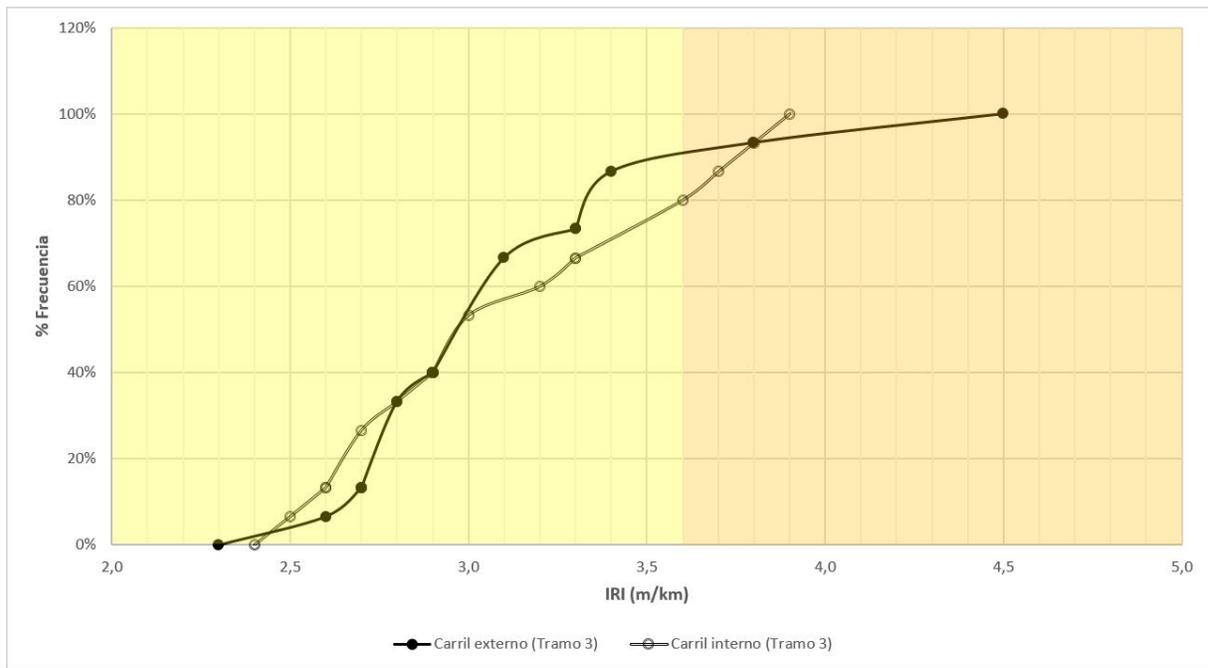


Figura 15. Gráfico de frecuencias acumuladas para los valores de IRI en el tramo 3.



Cumplimiento de la especificación de regularidad superficial según el cartel de licitación pública número 2014LN-000018-0CV00:

En proyectos de mantenimiento y rehabilitación el IRI es un parámetro de aceptación. De acuerdo con el cartel de licitación pública número 2014LN-000018-0CV00, se cuenta con dos escenarios: el cumplimiento en capas de mezcla asfáltica de sobrecapa y el cumplimiento en capas de mezcla asfáltica colocadas luego de una rehabilitación.

En cuanto a la especificación en sobrecapas, esta depende de la regularidad superficial inicial del proyecto (previo a la intervención), según se muestra en la Tabla 4. Por otro lado, la especificación de regularidad superficial en rehabilitaciones depende del tipo de ruta que se esté atendiendo, como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 4. Especificación de regularidad superficial en sobrecapas

Rango inicial de MRI (m/km)	MRI Final (m/km)
Menor o igual a 2,5	Al menos mantener IRI _{inicial}
2,5 < Valor inicial de IRI < 3,6	Reducción del 10%
3,6 ≤ Valor Inicial de IRI ≤ 6,4	Menor o igual a 3,2
Valor inicial de IRI > 6,4	Reducción del 50% y menor o igual a 5,0

Fuente: CONAVI, 2016

Considerando tramos individuales de 100 m.

Tabla 5. Especificación de regularidad superficial en rehabilitaciones

Clasificación	Valor de MRI máximo (m/km)
Carreteras de la Red Primaria	1,9
Resto de Rutas	2,5

Fuente: CONAVI, 2016

Considerando tramos individuales de 100 m.

Específicamente en este proyecto, se tomó como referencia la especificación de sobrecapas. Por lo tanto, en este apartado se muestra, para cada uno de los tramos, el porcentaje de cumplimiento de la especificación mostrada en la Tabla 4.

Para determinar estos porcentajes de cumplimiento se cuenta con una medición inicial realizada por el laboratorio de verificación de la calidad CACISA (esta medición se realizó posterior a la sustitución de losas con mezcla asfáltica y previo a la colocación de la sobrecapa) y dos mediciones finales: una hecha por CACISA y la otra por el LanammeUCR. De modo que, tomando como referencia la medición inicial de CACISA, se procedió a determinar cuáles tramos de 100 m cumplían la especificación de regularidad superficial según las mediciones finales realizadas tanto por el laboratorio de verificación de la calidad como por el LanammeUCR.



A partir de esta comparación se observó que, en términos generales, hubo más tramos en condición de incumplimiento si se toma como referencia a las mediciones realizadas por el LanammeUCR. Específicamente se observó lo siguiente:

- **En el tramo 1**, cuyos resultados para el carril externo e interno se muestran en la Tabla 6 y la Tabla 7 respectivamente, se observó que para el carril externo las mediciones del laboratorio de verificación de calidad mostraron un 100 % de cumplimiento, mientras que las realizadas por el LanammeUCR un 95 % (20 de 21 tramos) de cumplimiento. Por otra parte, en el carril interno ambas mediciones presentaron un 95 % (20 de 21 tramos) de cumplimiento.
- **En el tramo 2**, cuyos resultados para el carril externo e interno se muestran en la Tabla 8 y la Tabla 9 respectivamente, se observó que tanto para el carril interno como para el externo el laboratorio de verificación obtuvo un 100 % de cumplimiento mientras que a partir de las mediciones del LanammeUCR se obtuvo un 92 % de cumplimiento (11 de 12 tramos).
- **En el tramo 3**, cuyos resultados para el carril externo e interno se muestran en la Tabla 10 y la Tabla 11, se observó que para el carril externo las mediciones del laboratorio de verificación de la calidad mostraron un 94 % (15 de 16 tramos) de cumplimiento, mientras que las realizadas por el LanammeUCR un 88 % (14 de 16 tramos). Por otra parte, el carril interno de este tramo fue el que presentó las mayores diferencias en cuanto a porcentajes de cumplimiento entre el laboratorio de verificación de la calidad, que presentó un 94 % (15 de 16 tramos) de cumplimiento y el LanammeUCR, con un 63 % (10 de 16 tramos) de cumplimiento.

Tabla 6. Cumplimiento de la especificación en el carril externo del tramo 1

Est. Inicial	MRI inicial CACISA	MRI final CACISA	MRI final LanammeUCR	Cumplimiento CACISA	Cumplimiento LanammeUCR
15+640	7,0	3,2	3,3	SI	SI
15+740	8,0	2,9	2,9	SI	SI
15+840	6,3	2,9	2,9	SI	SI
15+940	5,0	2,8	2,8	SI	SI
16+040	5,1	2,2	2,3	SI	SI
16+140	6,5	2,2	2,2	SI	SI
16+240	7,6	2,6	2,7	SI	SI
16+340	5,6	2,2	2,2	SI	SI
16+440	6,2	3,2	3,3	SI	NO
16+540	7,5	3,6	3,6	SI	SI
16+640	3,7	2,5	2,6	SI	SI
16+740	5,6	2,6	2,7	SI	SI
16+840	4,3	3,0	2,8	SI	SI
16+940	5,5	2,8	2,9	SI	SI



Est. Inicial	MRI inicial CACISA	MRI final CACISA	MRI final LanammeUCR	Cumplimiento CACISA	Cumplimiento LanammeUCR
17+040	4,3	2,1	2,0	SI	SI
17+140	4,3	1,8	1,9	SI	SI
17+240	2,8	2,2	1,9	SI	SI
17+340	5,5	3,2	2,4	SI	SI
17+440	4,0	1,4	2,3	SI	SI
17+540	3,4	1,4	2,4	SI	SI
17+640	5,9	2,5	2,6	SI	SI
Porcentaje de cumplimiento				100%	95%

Fuente: CACISA y LanammeUCR, 2019.

Nota: Los estacionamientos mostrados se toman como referencia de las mediciones realizadas por CACISA.

Tabla 7. Cumplimiento de la especificación en el carril interno del tramo 1

Est. Inicial	MRI inicial CACISA	MRI final CACISA	MRI final LanammeUCR	Cumplimiento CACISA	Cumplimiento LanammeUCR
15+640	4,6	3,7	3,9	NO	NO
15+740	5,0	2,7	2,7	SI	SI
15+840	5,1	2,5	2,4	SI	SI
15+940	5,6	2,9	2,9	SI	SI
16+040	4,3	2,6	2,5	SI	SI
16+140	4,8	2,4	2,4	SI	SI
16+240	5,9	2,3	2,5	SI	SI
16+340	4,7	2,7	2,7	SI	SI
16+440	5,1	2,6	2,6	SI	SI
16+540	4,2	2,6	2,7	SI	SI
16+640	5,1	2,3	2,2	SI	SI
16+740	4,9	2,2	2,3	SI	SI
16+840	3,6	1,9	2,1	SI	SI
16+940	4,6	1,7	1,7	SI	SI
17+040	5,9	2,2	2,2	SI	SI
17+140	2,7	2,4	2,3	SI	SI
17+240	3,5	2,3	2,3	SI	SI
17+340	5,8	3,0	3,0	SI	SI
17+440	4,7	2,3	2,4	SI	SI
17+540	4,5	2,2	1,7	SI	SI
17+640	4,2	1,9	2,0	SI	SI
Porcentaje de cumplimiento				95%	95%

Fuente: CACISA y LanammeUCR, 2019.

Nota: Los estacionamientos mostrados se toman como referencia de las mediciones realizadas por CACISA.



Tabla 8. Cumplimiento de la especificación en el carril externo del tramo 2

Est. Inicial	MRI inicial CACISA	MRI final CACISA	MRI final LanammeUCR	Cumplimiento CACISA	Cumplimiento LanammeUCR
19+560	5,4	2,8	3,3	SI	NO
19+660	4,6	1,8	1,9	SI	SI
19+760	3,9	1,7	1,9	SI	SI
19+860	4,5	1,8	1,8	SI	SI
19+960	5,4	2,1	2,2	SI	SI
20+060	4,4	2,1	2,2	SI	SI
20+160	6,9	1,9	2,0	SI	SI
20+260	5,2	2,2	2,2	SI	SI
20+360	5,0	2,1	2,1	SI	SI
20+460	5,5	2,6	2,6	SI	SI
20+560	4,4	2,4	2,6	SI	SI
20+660	6,2	2,2	2,0	SI	SI
Porcentaje de cumplimiento				100%	92%

Fuente: CACISA y LanammeUCR, 2019.

Nota: Los estacionamientos mostrados se toman como referencia de las mediciones realizadas por CACISA.

Tabla 9. Cumplimiento de la especificación en el carril interno del tramo 2

Est. Inicial	MRI inicial CACISA	MRI final CACISA	MRI final LanammeUCR	Cumplimiento CACISA	Cumplimiento LanammeUCR
19+560	5,3	2,2	3,3	SI	NO
19+660	4,5	1,6	1,8	SI	SI
19+760	4,9	2,0	2,1	SI	SI
19+860	5,1	2,2	1,8	SI	SI
19+960	3,9	1,8	1,9	SI	SI
20+060	4,5	1,9	1,8	SI	SI
20+160	5,1	1,8	1,9	SI	SI
20+260	5,8	2,2	2,1	SI	SI
20+360	5,7	2,4	2,3	SI	SI
20+460	5,0	2,5	2,4	SI	SI
20+560	3,3	1,7	2,0	SI	SI
20+660	5,0	1,8	1,8	SI	SI
Porcentaje de cumplimiento				100%	92%

Fuente: CACISA y LanammeUCR, 2019.

Nota: Los estacionamientos mostrados se toman como referencia de las mediciones realizadas por CACISA.



Tabla 10. Cumplimiento de la especificación en el carril externo del tramo 3

Est. Inicial	MRI inicial CACISA	MRI final CACISA	MRI final LanammeUCR	Cumplimiento CACISA	Cumplimiento LanammeUCR
0+000	2,7	3,7	4,5	NO	NO
0+100	7,8	2,3	2,3	SI	SI
0+200	5,3	2,7	2,6	SI	SI
0+300	5,1	2,7	2,7	SI	SI
0+400	6,1	2,8	2,9	SI	SI
0+500	5,0	2,7	2,9	SI	SI
0+600	4,8	2,9	2,9	SI	SI
0+700	6,9	3,3	3,4	SI	NO
0+800	6,0	2,7	2,8	SI	SI
0+900	7,3	2,9	2,9	SI	SI
1+000	6,7	2,7	2,7	SI	SI
1+100	6,0	2,8	2,7	SI	SI
1+200	8,6	3,3	3,3	SI	SI
1+300	8,4	3,1	3,3	SI	SI
1+400	8,9	3,8	3,8	SI	SI
1+500	8,2	3,2	3,1	SI	SI
Porcentaje de cumplimiento				94%	88%

Fuente: CACISA y LanammeUCR, 2019.

Nota: Los estacionamientos mostrados se toman como referencia de las mediciones realizadas por CACISA.

Tabla 11. Cumplimiento de la especificación en el carril interno del tramo 3

Est. Inicial	MRI inicial CACISA	MRI final CACISA	MRI final LanammeUCR	Cumplimiento CACISA	Cumplimiento LanammeUCR
0+000	6,6	4,0	3,7	NO	NO
0+100	3,9	2,5	2,4	SI	SI
0+200	5,4	2,9	3,3	SI	NO
0+300	4,4	3,2	3,2	SI	SI
0+400	4,0	2,4	2,6	SI	SI
0+500	4,9	3,0	3,0	SI	SI
0+600	3,9	2,4	2,6	SI	SI
0+700	5,7	3,2	3,8	SI	NO
0+800	4,3	2,7	2,7	SI	SI
0+900	5,4	2,8	2,9	SI	SI
1+000	6,3	3,2	3,3	SI	NO
1+100	6,0	2,9	2,8	SI	SI
1+200	7,5	3,8	3,9	SI	NO
1+300	7,0	3,0	2,9	SI	SI
1+400	6,5	3,2	3,6	SI	NO



Est. Inicial	MRI inicial CACISA	MRI final CACISA	MRI final LanammeUCR	Cumplimiento CACISA	Cumplimiento LanammeUCR
1+500	4,6	2,3	2,5	SI	SI
Porcentaje de cumplimiento				94%	63%

Fuente: CACISA y LanammeUCR, 2019.

Nota: Los estacionamientos mostrados se toman como referencia de las mediciones realizadas por CACISA.

Las diferencias encontradas en cuanto a los porcentajes de cumplimiento reportados por el LanammeUCR con respecto a los reportados por el laboratorio de verificación de la calidad, concuerdan con lo señalado en el Hallazgo 5 del informe LM-PI-AT-150-18 “*Experiencia costarricense en la aplicación del parámetro de regularidad superficial IRI como criterio de aceptación en proyectos de conservación vial*”, donde se menciona que: para una muestra de tramos de sobrecapa y rehabilitación, se observó que el IRI calculado por el LanammeUCR fue en promedio mayor al calculado por el resto de laboratorios de verificación de la calidad.

Lo anterior, es un aspecto que debería ser considerado por la Administración para que este tipo de rebajos se realicen a la mayor brevedad (más aún si se considera que la Administración realiza una inversión para realizar la medición del perfil longitudinal), en lugar de que pasen varios meses sin que el rebajo sea aplicado, esto para evitar el riesgo de que finalmente no se apliquen las multas correspondientes.

Por último, un aspecto que llama la atención del equipo auditor es que, pese a que los cumplimientos por concepto de regularidad superficial reportados por el laboratorio de verificación de la calidad son mayores al 90 %, este proyecto se atendió en aproximadamente un 70% de su área desde la capa de subbase, con capas de mezcla asfáltica que en algunos puntos eran incluso superiores a los 40 cm, por lo que hubiera sido esperado que una mayor parte del proyecto cumpliera también con la especificación de regularidad superficial en rehabilitaciones (con más razón en el tramo 1 donde se sustituyó alrededor de un 88 % de las losas). Esta especificación de regularidad superficial en rehabilitaciones, para esta ruta, señalaría que todos los tramos condición de regularidad superficial regular o peor estarían en condición de incumplimiento y como se señaló al principio de esta observación, la mayor parte de este proyecto aunque cumple con la especificación de sobrecapas, se encuentra en una condición de regularidad superficial regular (según los criterios de la Tabla 3).



OBSERVACIÓN 2: CON BASE EN UN ANÁLISIS DE DEFLECTOMETRÍA, SE EVIDENCIÓ QUE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL DEL PROYECTO ES DEFICIENTE

En esta observación se evalúa la capacidad estructural del proyecto con base en los resultados de un ensayo de deflectometría de impacto (FWD) realizado. Esta evaluación se realizó para los carriles internos y externos de los tramos 1, 2 y 3.

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., 2016b), así como la condición de la subrasante; Ullidtz (1987).
- **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; Talvik & 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), Kilaeski 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.

De este modo, el efecto combinado de la rigidez conjunta de todo el pavimento se ve reflejado en el parámetro D_0 , mientras que los indicadores BLI, MLI y LLI representan la condición de las capas superiores, intermedias e inferiores del pavimento respectivamente. De acuerdo con esto, la evaluación de las capas del pavimento en función de los indicadores descritos se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 12. Resumen de los espesores promedio obtenidos mediante GPR en el informe LM-AT-079-19

Capa	Tramo 1		Tramo 2		Tramo 3		Indicador
	Espesor (mm)	Profundidad (mm)	Espesor (mm)	Profundidad (mm)	Espesor (mm)	Profundidad (mm)	
Sobrecapa	134	0 a 134	140	0 a 140	71	0 a 71	BLI
Bacheo a profundidad parcial	365	134 a 499	365	140 a 505	331	71 a 402	BLI y MLI
Subbase	Variable	499 y mayor	Variable	505 y mayor	Variable	402 y mayor	MLI y LLI

(*) Según los espesores de pavimento promedio obtenidos mediante GPR en el informe LM-AT-079-19.

En la Tabla 13 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 13. Clasificación de la condición estructural considerando los parámetros de cuencos de deflexión para pavimentos con base granular.

Clasificación de condición estructural	Parámetros del cuenco de deflexión				
	D_0 ($\text{mm} \cdot 10^{-2}$)	R_0C (mm)	BLI ($\text{mm} \cdot 10^{-2}$)	MLI ($\text{mm} \cdot 10^{-2}$)	LLI ($\text{mm} \cdot 10^{-2}$)
Buena	<50	>100	<20	<10	<5
Regular	50-75	50-100	20-40	10-20	5-10
Severa	>75	<50	>40	>20	>10

Fuente: Horak, 2008

A continuación, se presenta la condición del proyecto con base en los parámetros D_0 , BLI, MLI y LLI:

a) Caracterización de las deflexiones máximas (D_0):

A partir de la información de este ensayo se observó que el proyecto en su mayoría cuenta con deflexiones severas reportadas para el geófono D_0 . Lo anterior, según los rangos de categorización de deflexiones establecidos en la Tabla 13, como se ilustra en la Figura 16 y en la Tabla 14:



Figura 16. Categorías de deflexión reportadas para el D_0

Tabla 14. Categorías de deflexión reportadas para el D_0

Parámetro	Sentido	Tramo 1		Tramo 2		Tramo 3	
		Carril		Carril		Carril	
		Externo	Interno	Interno	Externo	Interno	Externo
D_0 (μm)	<50	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	50-75	0%	0%	0%	0%	0%	12%
	>75	100%	100%	100%	100%	100%	88%



A continuación, se muestra un conjunto de gráficos que muestran las deflexiones medidas en el geófono D0 para los carriles internos y externos de los tramos 1, 2 y 3, mostrándose para cada tramo la evolución de las deflexiones (en $\text{mm} \times 10^{-2}$) a lo largo de los estacionamientos, así como un gráfico de frecuencias acumuladas que permite determinar los porcentajes de los tramos que se encuentran en cada una de las categorías de deflexión según la categorización de la Tabla 13.

Como se muestra en las Figuras 17, 18, 19, 20, 21 y 22 la mayoría de deflexiones observadas fueron severas. Específicamente, los tramos 1 y 2 presentaron un 100 % de deflexiones severas en ambos carriles, mientras que para el tramo 3 solo el 12 % de las deflexiones en el carril externo fueron regulares, el resto del tramo presentó deflexiones severas.

La condición estructural observada en este proyecto es un aspecto que llama la atención del equipo auditor, ya que ninguno de los segmentos evaluados se encuentra en condición buena. Lo anterior, es un aspecto importante a considerar en la aceptación de proyectos que implican la rehabilitación de una estructura. De modo que, se recomienda que la condición estructural de un pavimento sea un requisito indispensable para el control de calidad.

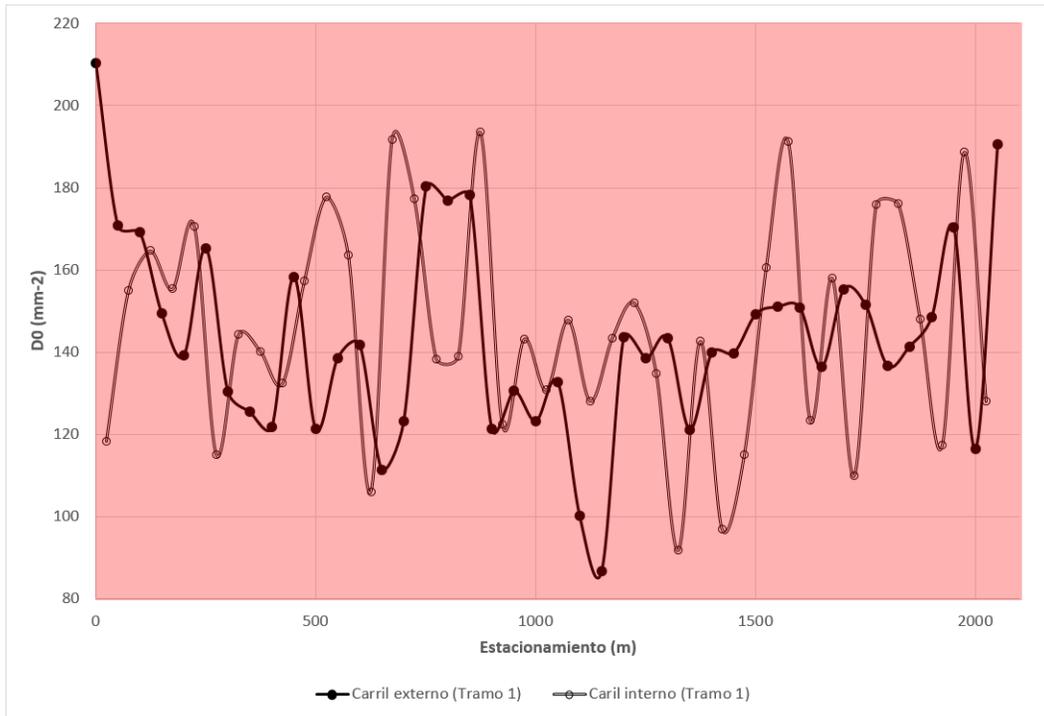


Figura 17. Valores de deflexión en el D0 (en $\text{mm} \times 10^{-2}$) para el tramo 1, posterior a la intervención.

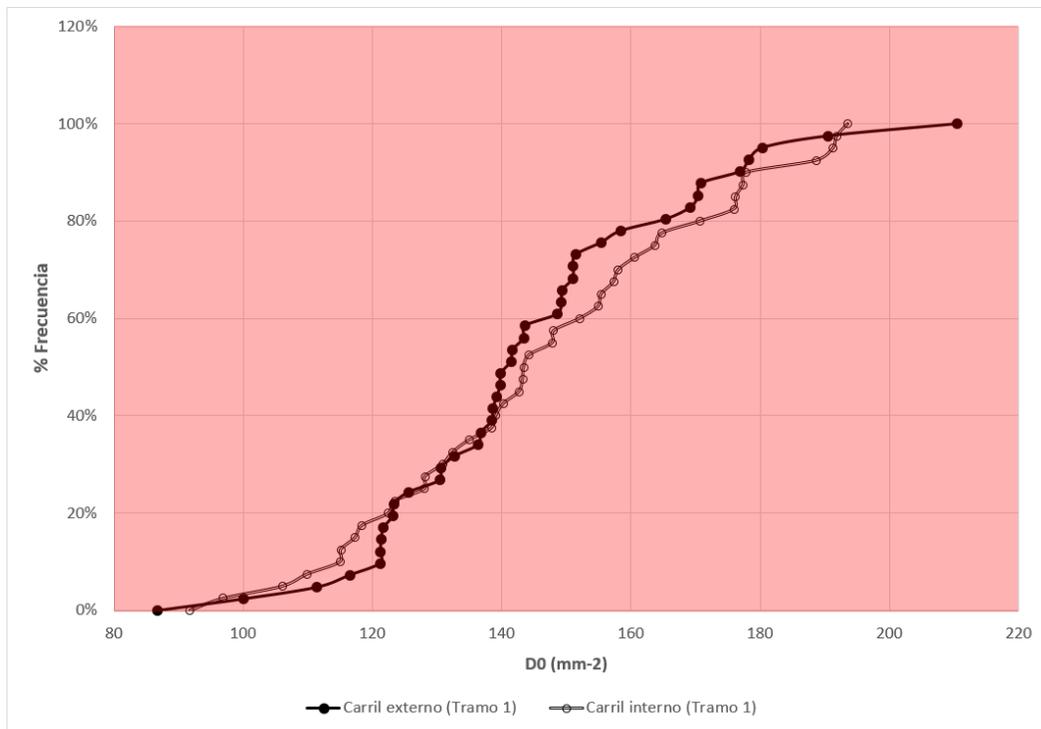


Figura 18. Gráfico de frecuencias acumuladas para los valores de deflexión en el D0 (en $\text{mm} \times 10^{-2}$) para el tramo 1.

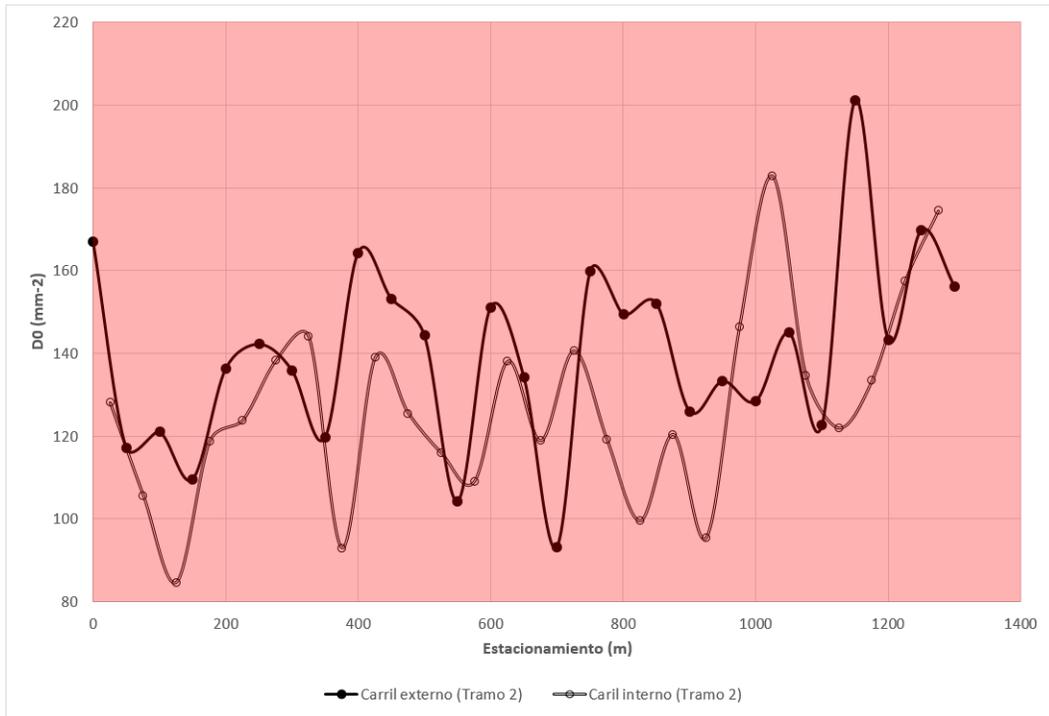


Figura 19. Valores de deflexión en el D0 (en $\text{mm} \cdot 10^{-2}$) para el tramo 2, posterior a la intervención.

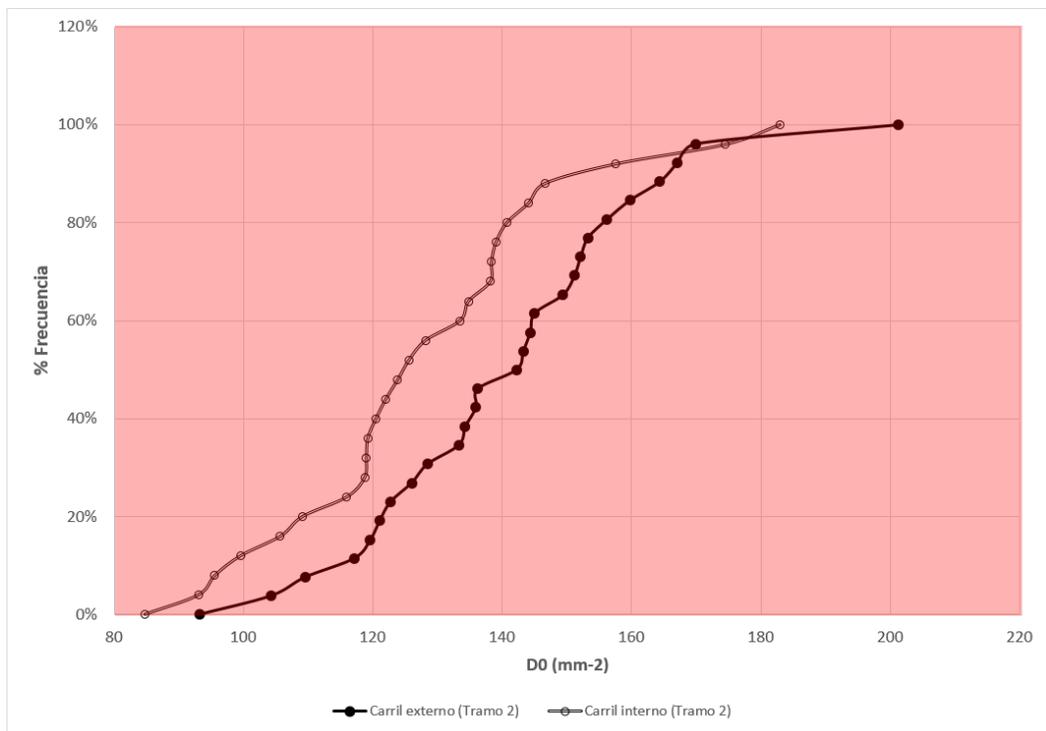


Figura 20. Gráfico de frecuencias acumuladas para los valores de deflexión en el D0 (en $\text{mm} \cdot 10^{-2}$) para el tramo 2.

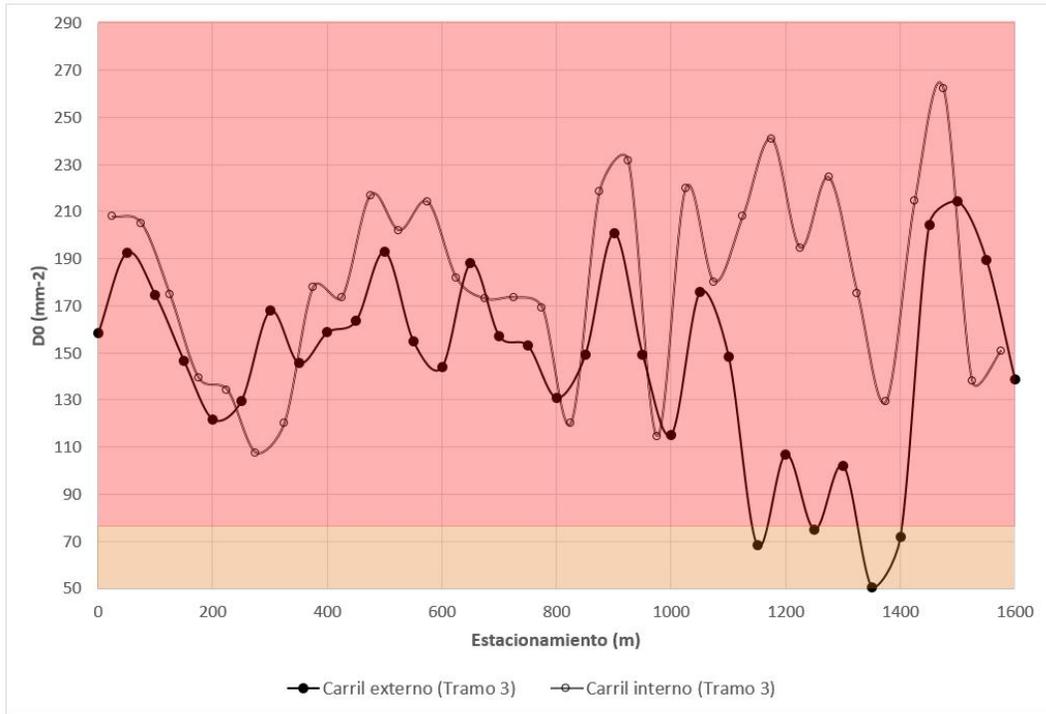


Figura 21. Valores de deflexión en el D0 (en $\text{mm} \times 10^{-2}$) para el tramo 3, posterior a la intervención.

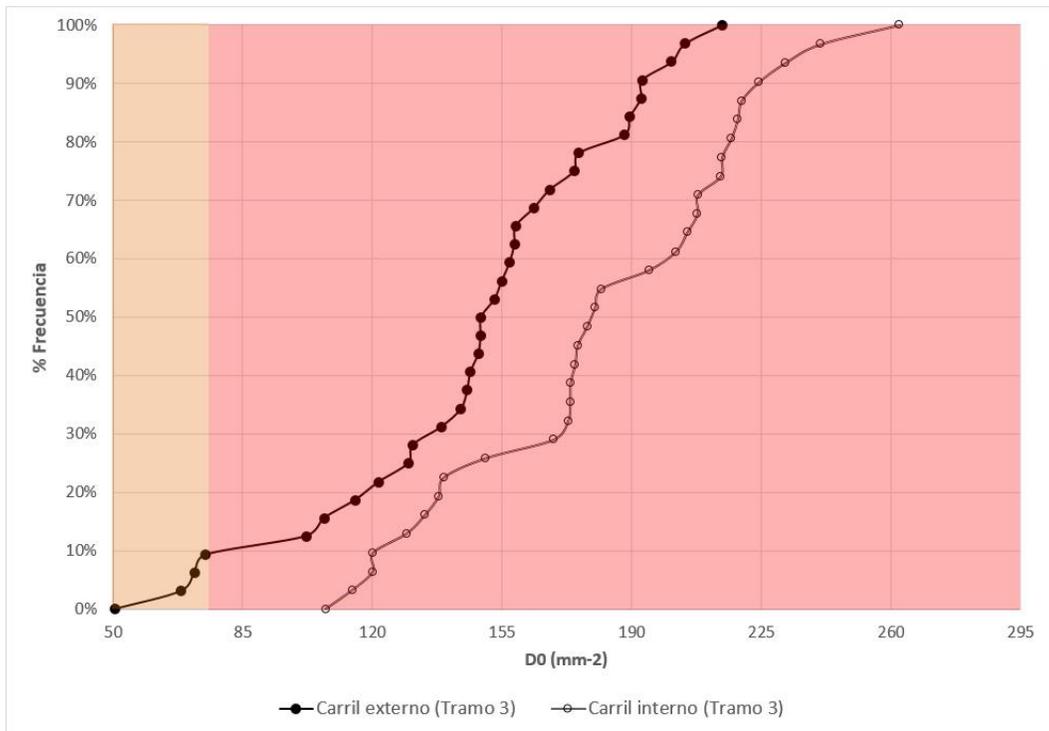


Figura 22. Gráfico de frecuencias acumuladas para los valores de deflexión en el D0 (en $\text{mm} \times 10^{-2}$) para el tramo 3.

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 de la sobrecapa colocada en el proyecto así como de la parte superficial del bacheo a profundidad parcial colocado; es en su mayoría regular y severo, como se muestra en la Tabla 15 y Figura 23, donde solo los carriles interno y externo del tramo 3, así como el carril interno del tramo 1 cuentan con pequeños porcentajes en condición buena.

Tabla 15. Categorización del parámetro BLI en el proyecto

Parámetro	Sentido	Tramo 1		Tramo 2		Tramo 3	
		Carril		Carril		Carril	
		Externo	Interno	Interno	Externo	Interno	Externo
BLI (μm)	<20	0%	2%	0%	0%	6%	9%
	20-40	51%	62%	69%	59%	31%	33%
	>40	49%	36%	31%	41%	59%	58%

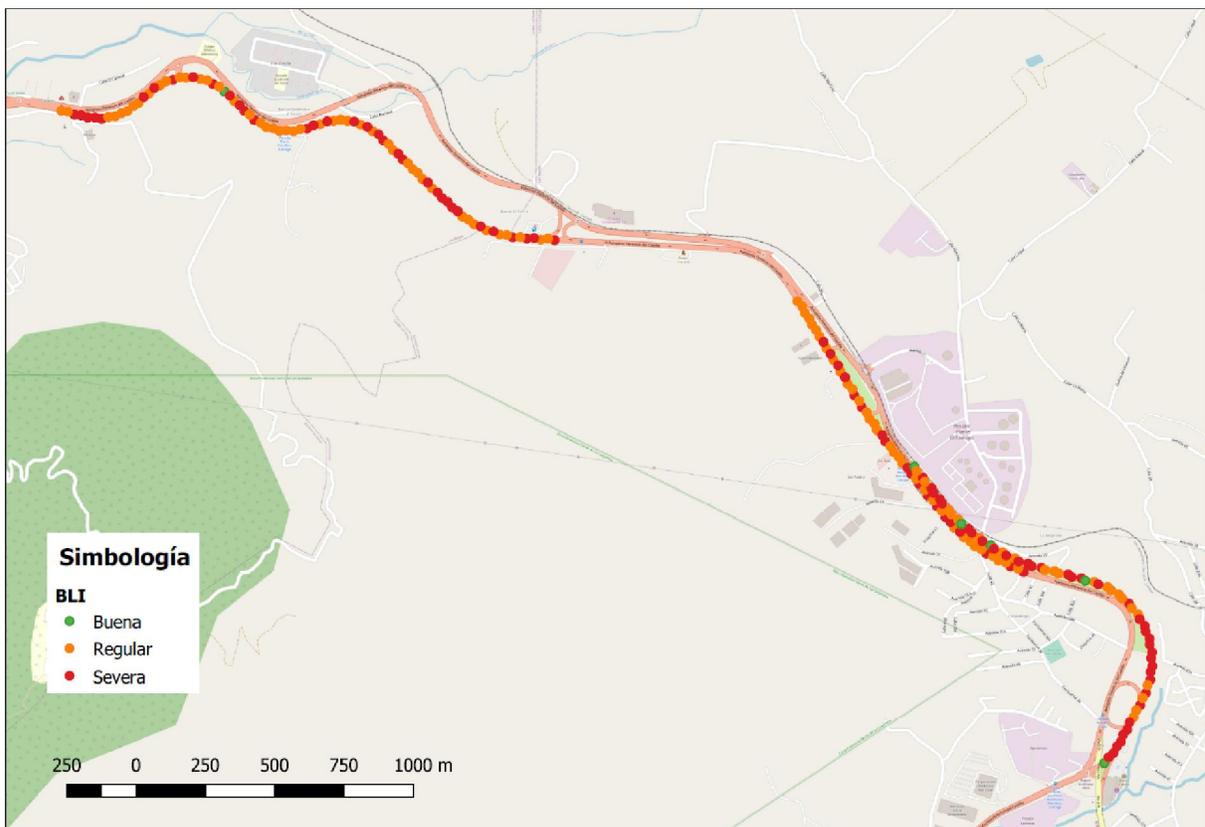


Figura 23. Categorización del parámetro BLI en el proyecto

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 inferior de bacheo a profundidad parcial colocado y de la parte superior de la subbase granular), se pudo observar que nuevamente se cuenta con una mayoría de puntos ubicados en las categorías de regular y severo como se detalla en la Tabla 16 y Figura 24.

Tabla 16. Categorización del parámetro MLI en el proyecto

Parámetro	Sentido	Tramo 1		Tramo 2		Tramo 3	
		Carril		Carril		Carril	
		Externo	Interno	Interno	Externo	Interno	Externo
MLI (μm)	<10	12%	7%	38%	7%	0%	15%
	10-20	22%	43%	50%	56%	22%	9%
	>20	66%	50%	12%	37%	78%	76%

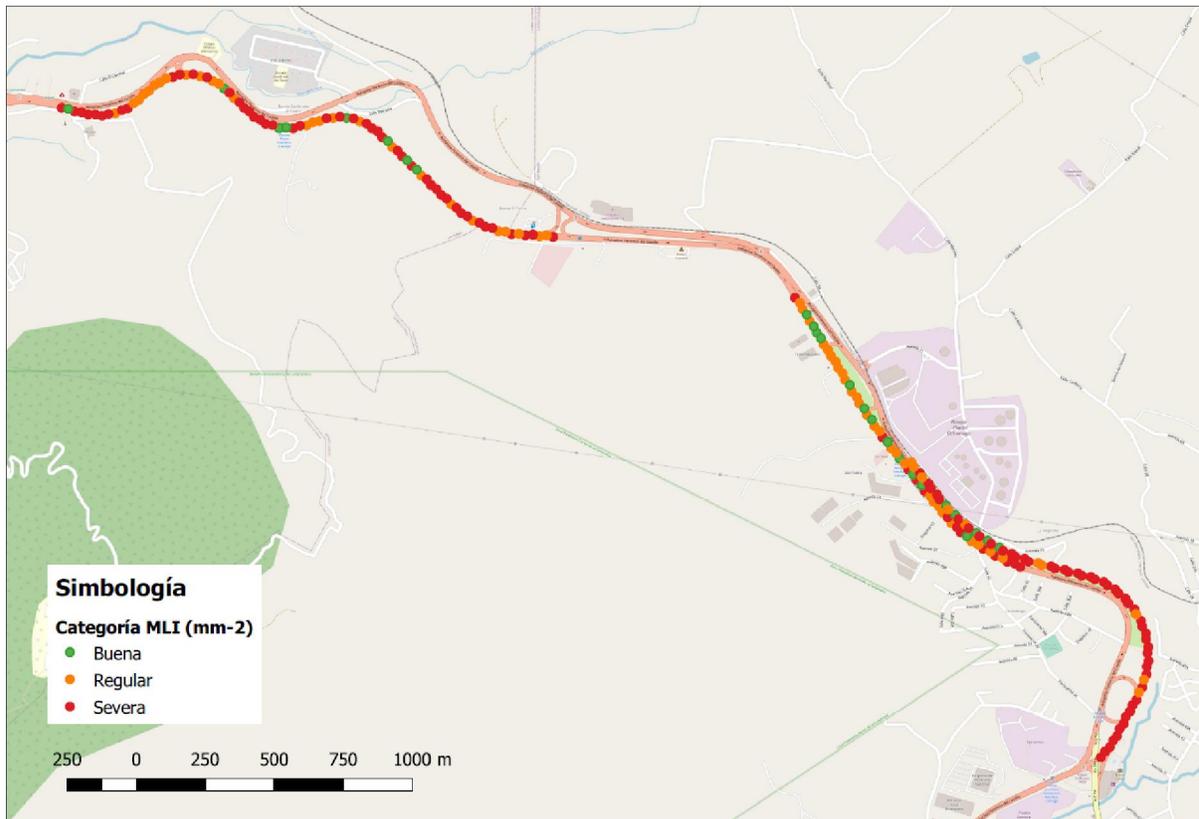


Figura 24. Categorización del parámetro MLI en el proyecto

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

Por último, en cuanto al indicador de curvatura de base, que en este caso representa solamente a la capa inferior de subbase, se pudo determinar que se cuenta con una mayor cantidad de puntos ubicados en la categoría severa, como se detalla en la Tabla 17 y en la Figura 25, donde incluso se observó que para el carril interno del tramo 3 la totalidad de los puntos están en condición severa.

Tabla 17. Categorización del parámetro LLI en el proyecto

Parámetro	Sentido	Tramo 1		Tramo 2		Tramo 3	
		Carril		Carril		Carril	
		Externo	Interno	Interno	Externo	Interno	Externo
LLI (μm)	<5	0%	0%	0%	0%	0%	12%
	5-10	5%	2%	19%	11%	0%	6%
	>10	95%	98%	81%	89%	100%	82%

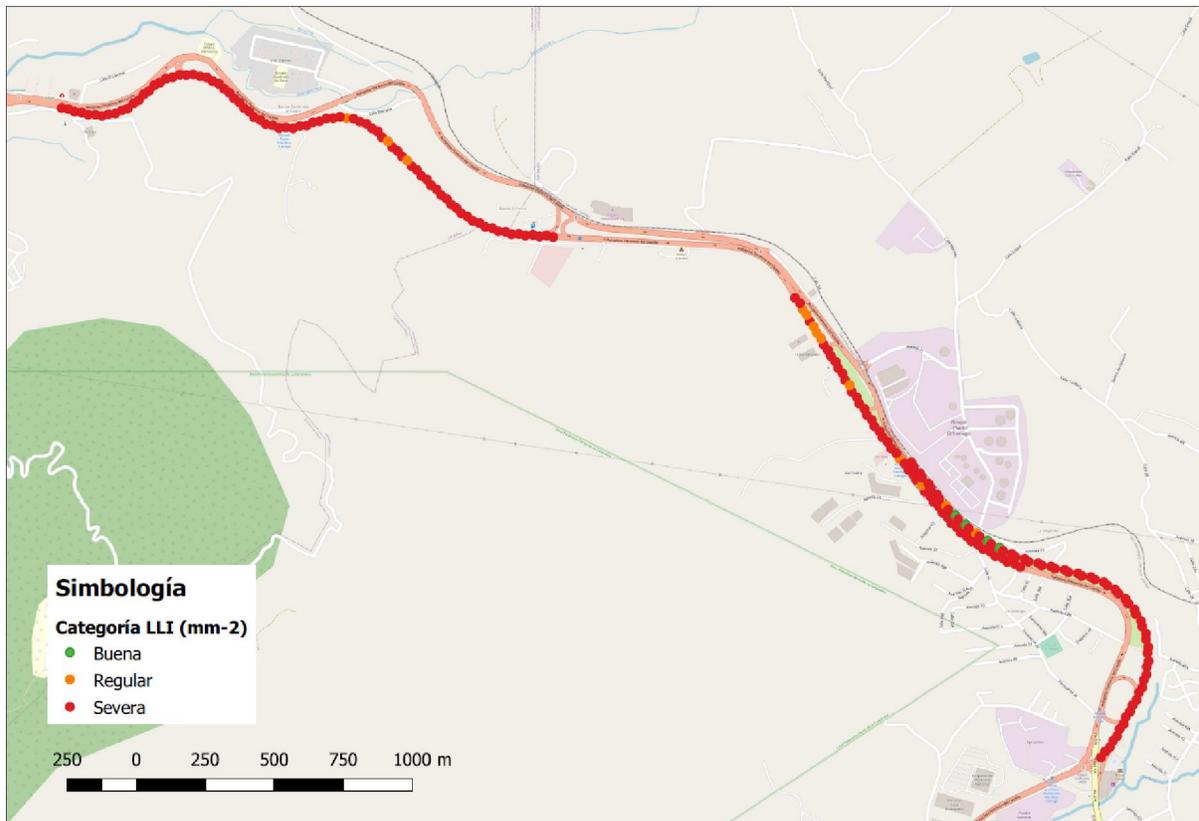


Figura 25. Categorización del parámetro LLI en el proyecto



Sobre el análisis de los indicadores BLI, MLI y LLI, uno de los aspectos que llama la atención del equipo auditor es que para los tramos 1 y 3, se observó una tendencia creciente en cuanto al porcentaje de tramos en condición severa, conforme se evaluaban parámetros de capas más profundas, siendo que la condición más crítica en estos tramos se observó en el parámetro LLI (ver Figuras 26, 27, 28 y 29). Lo señalado anteriormente concuerda con uno de los Hallazgos del informe LM-PI-AT-079-19, donde se señaló que el material de subbase sobre el cual se iba a colocar la mezcla asfáltica, en algunos puntos quedaba considerablemente suelto e irregular. Adicional a esto, dicho material de subbase se encontraba contaminado y no fue intervenido, de modo que esto explica parte de la tendencia observada por el equipo auditor, donde se evidencia la importancia de que este proyecto sea intervenido desde capas más inferiores como la subrasante, la subbase y mediante la revisión, diseño y construcción de subdrenajes.

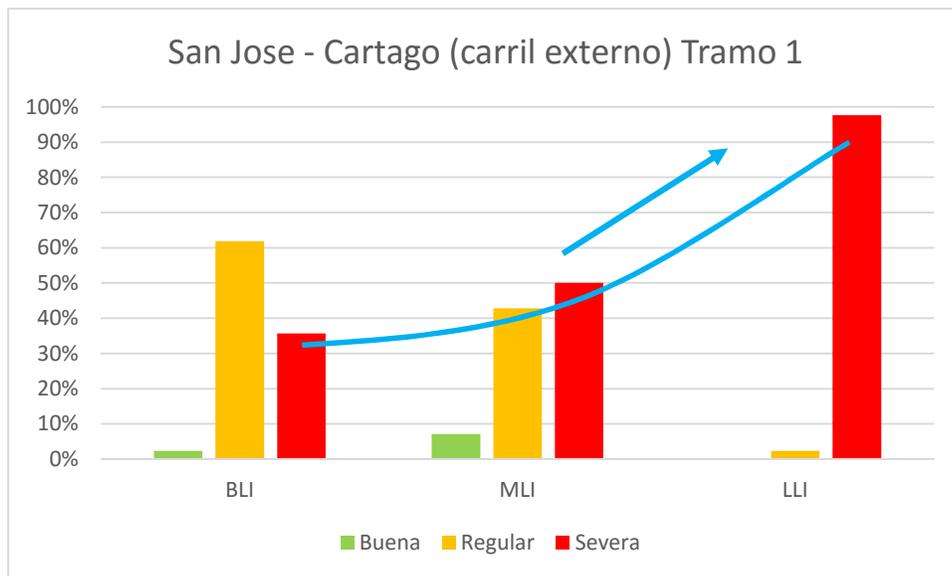


Figura 26. Distribución porcentual de las categorías BLI, MLI y LLI en el carril externo del Tramo 1

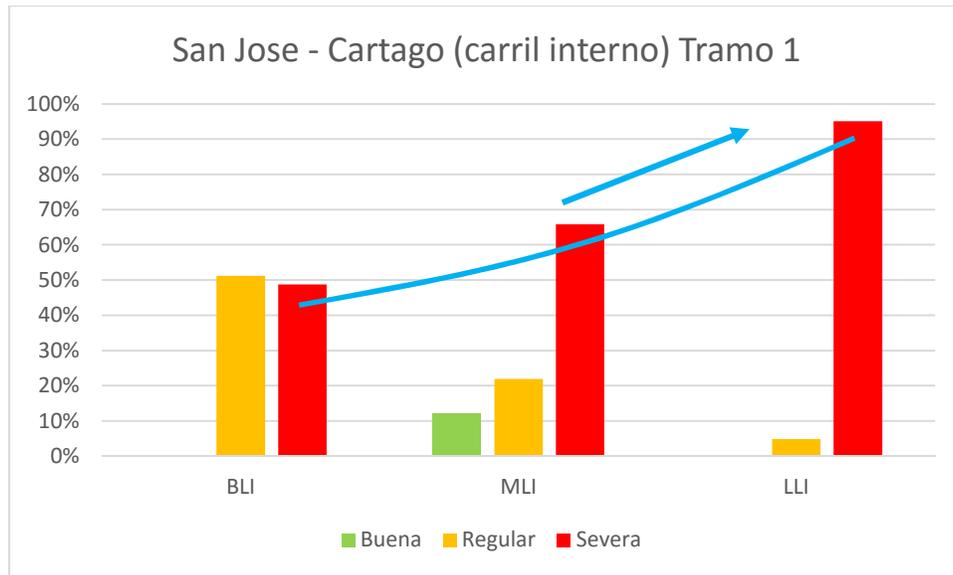


Figura 27. Distribución porcentual de las categorías BLI, MLI y LLI en el carril interno del Tramo 1

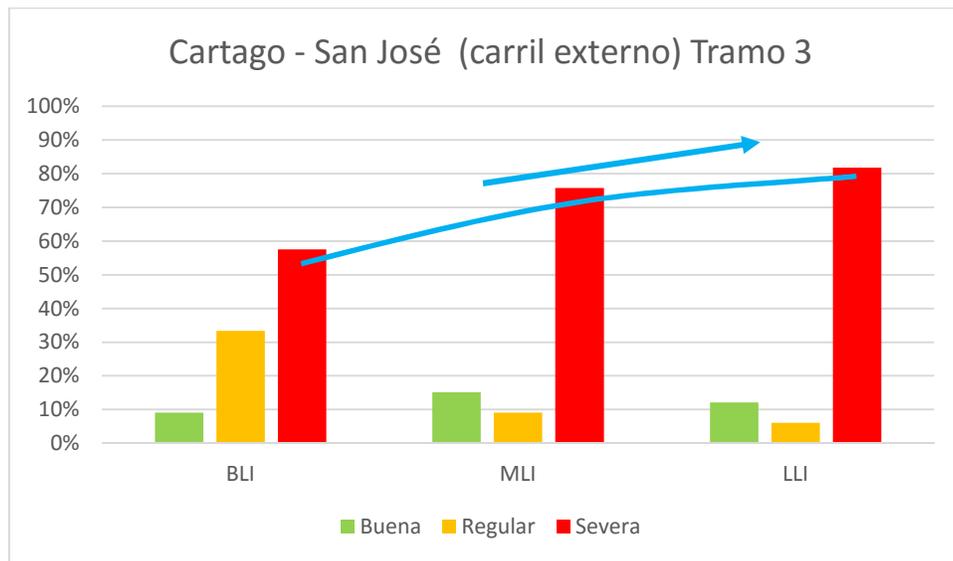


Figura 28. Distribución porcentual de las categorías BLI, MLI y LLI en el carril externo del Tramo 3

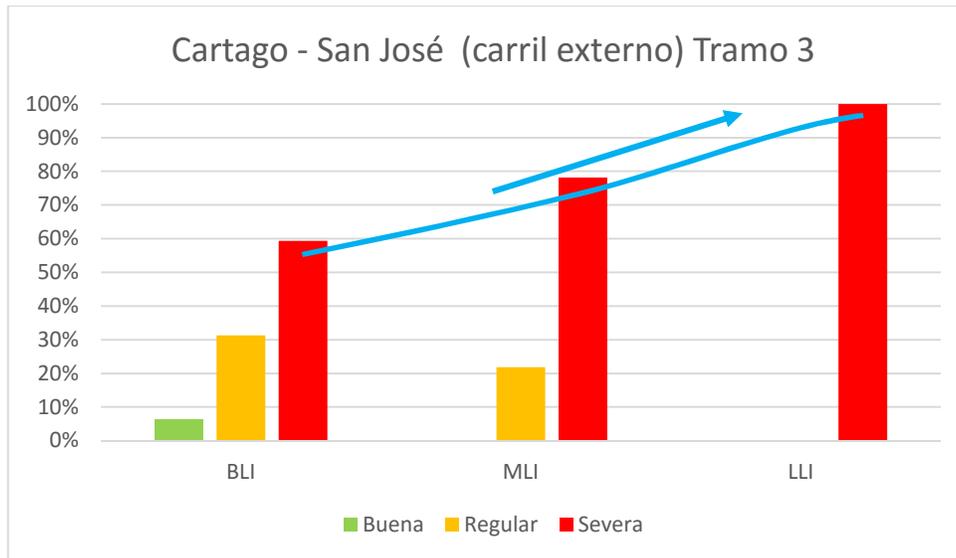


Figura 29. Distribución porcentual de las categorías BLI, MLI y LLI en el carril interno del Tramo 3

Por otra parte, para el tramo 2 (ver Figura 30 y Figura 31) se observó que el parámetro BLI presentó mayores porcentajes en condición severa con respecto al parámetro MLI, es decir, la capa superior del pavimento (superficie de ruedo) presentó mayores deficiencias en comparación con la capa inferior del bacheo a profundidad parcial colocado.

Por otra parte, se observó que el parámetro LLI en el tramo 2, sigue siendo el que presenta las condiciones más deficientes, es decir, se mantiene la tendencia observada en los tramos 1 y 3, donde se señaló la importancia de que las capas de subbase y subrasante sean atendidas, pues su capacidad de soporte es muy deficiente.

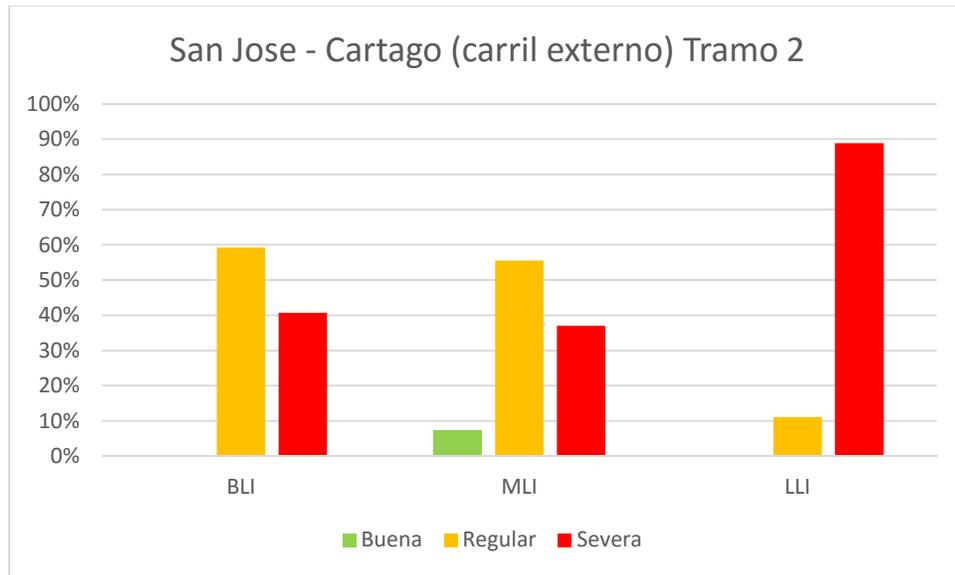


Figura 30. Distribución porcentual de las categorías BLI, MLI y LLI en el carril externo del Tramo 2

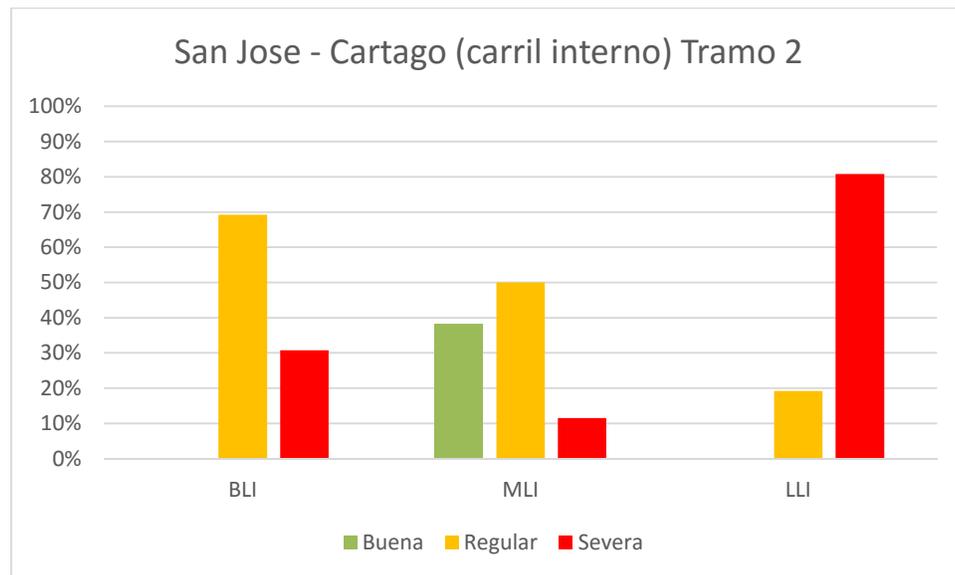


Figura 31. Distribución porcentual de las categorías BLI, MLI y LLI en el carril interno del Tramo 2



OBSERVACIÓN 3: CON BASE EN UN ANÁLISIS DE GRIPNUMBER, SE EVIDENCIÓ QUE EN ALGUNOS SECTORES LA CONDICIÓN DE FRICCIÓN SUPERFICIAL DEL PROYECTO ES REGULAR

En esta observación se evalúa la condición de fricción superficial del proyecto con base en los resultados de un ensayo de GripNumber realizado en el proyecto. Esta evaluación se realizó para los carriles internos y externos de los tramos 1, 2 y 3.

A partir de la información de este ensayo, se observó que el proyecto tiene una condición variable de fricción superficial, observándose sectores en condición buena, regular y en un punto específico se observó que la condición de fricción superficial era mala (ver Figura 32). Lo anterior, según los rangos establecidos en el informe de evaluación de la red vial nacional que publica el LanammeUCR (ver Tabla 18).

Tabla 18. Rangos de deflexión según TPD, utilizados para clasificar resultados de FWD

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.

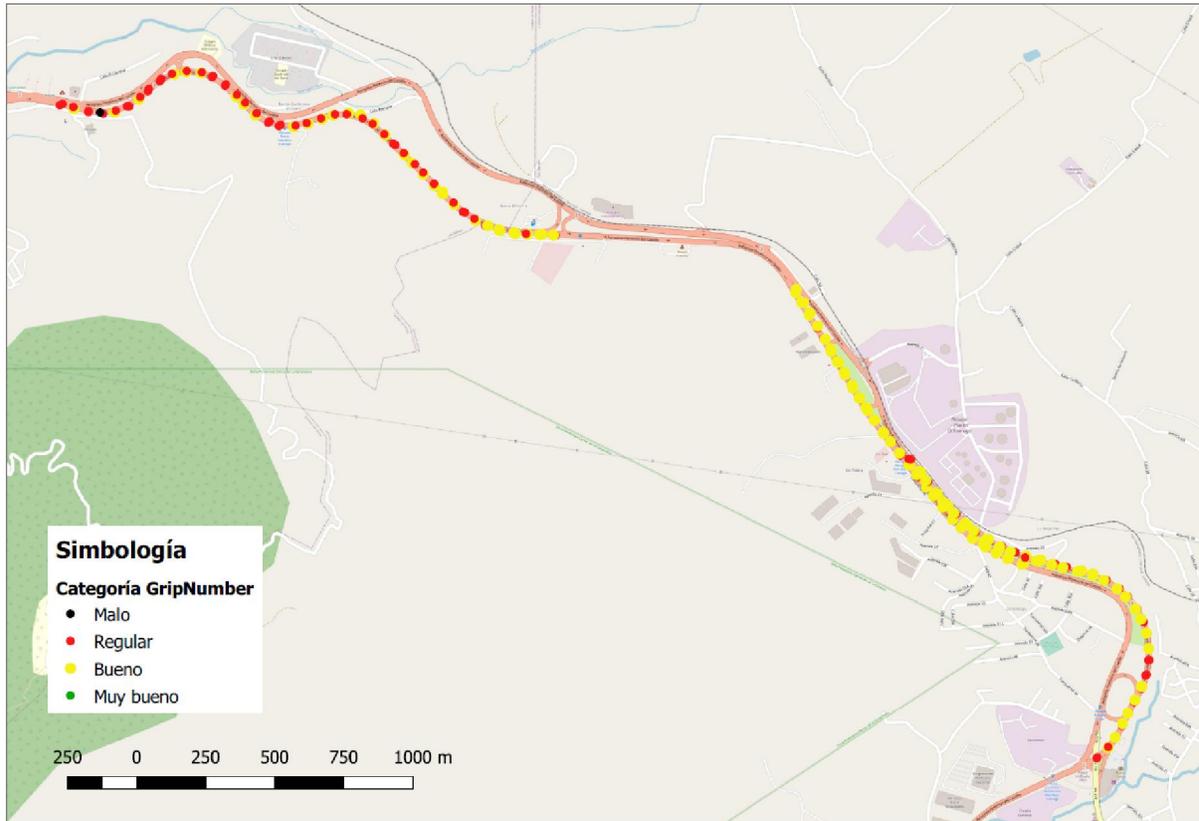


Figura 32. Categorización de fricción superficial del proyecto

A continuación, se presenta un conjunto de gráficos que muestran la condición de fricción superficial para los carriles internos y externos de los tramos 1, 2 y 3, donde se muestra para cada tramo la evolución de la condición de fricción superficial a lo largo de los estacionamientos, así como un gráfico de frecuencias acumuladas que permite determinar los porcentajes de los tramos que se encuentran en cada una de las categorías de fricción superficial según la categorización de la Tabla 18.

Como se muestra en las Figuras 33, 34, 35, 36, 37 y 38, la mayoría de los segmentos se encuentran en condición regular (deslizante) y buena (poco deslizante), siendo que para todos los tramos el carril externo fue el que presentó una mayor cantidad de tramos en condición regular.

Además, se observó que en el tramo 1, uno de los segmentos evaluados presentó una condición de fricción mala, situación que implica la existencia de un segmento en condición muy deslizante que podría representar un riesgo para los usuarios de esta vía.

Por último, se señala que no se observó ningún segmento en condición buena (no deslizante) lo cual es un aspecto importante a considerar en la aceptación de proyectos que implican la sustitución de una capa de ruedo.

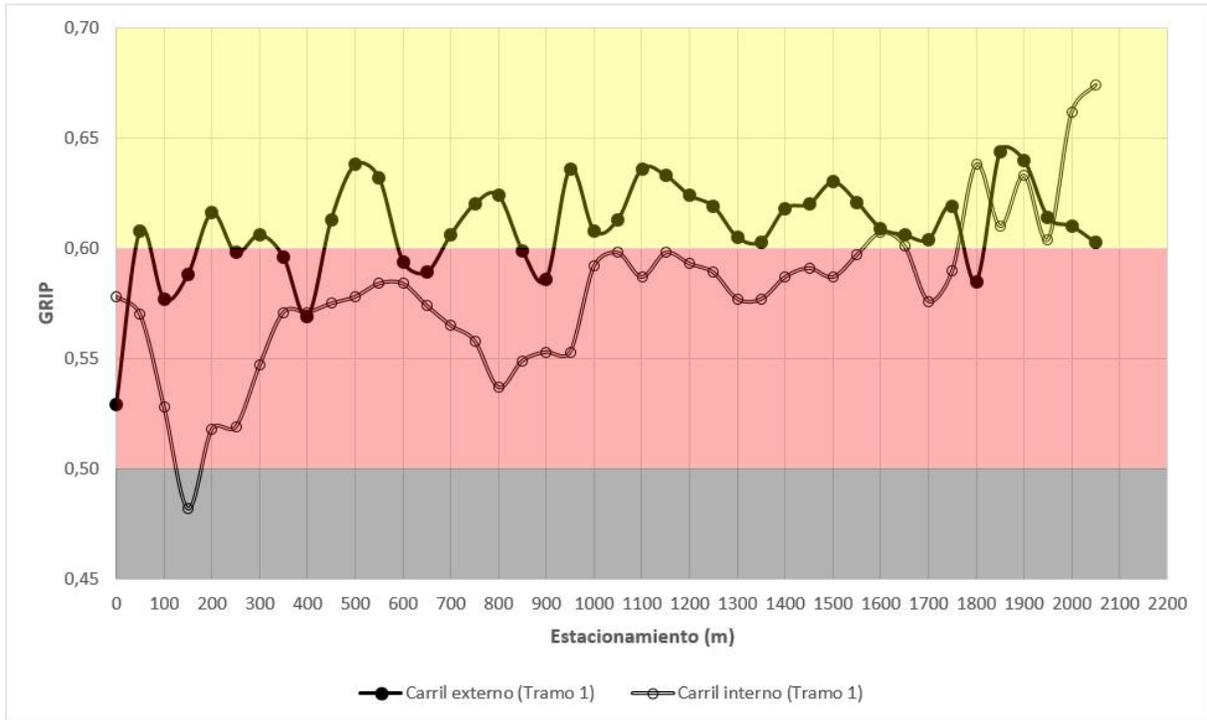


Figura 33. Valores de GRIP en el tramo 1, posterior a la intervención.

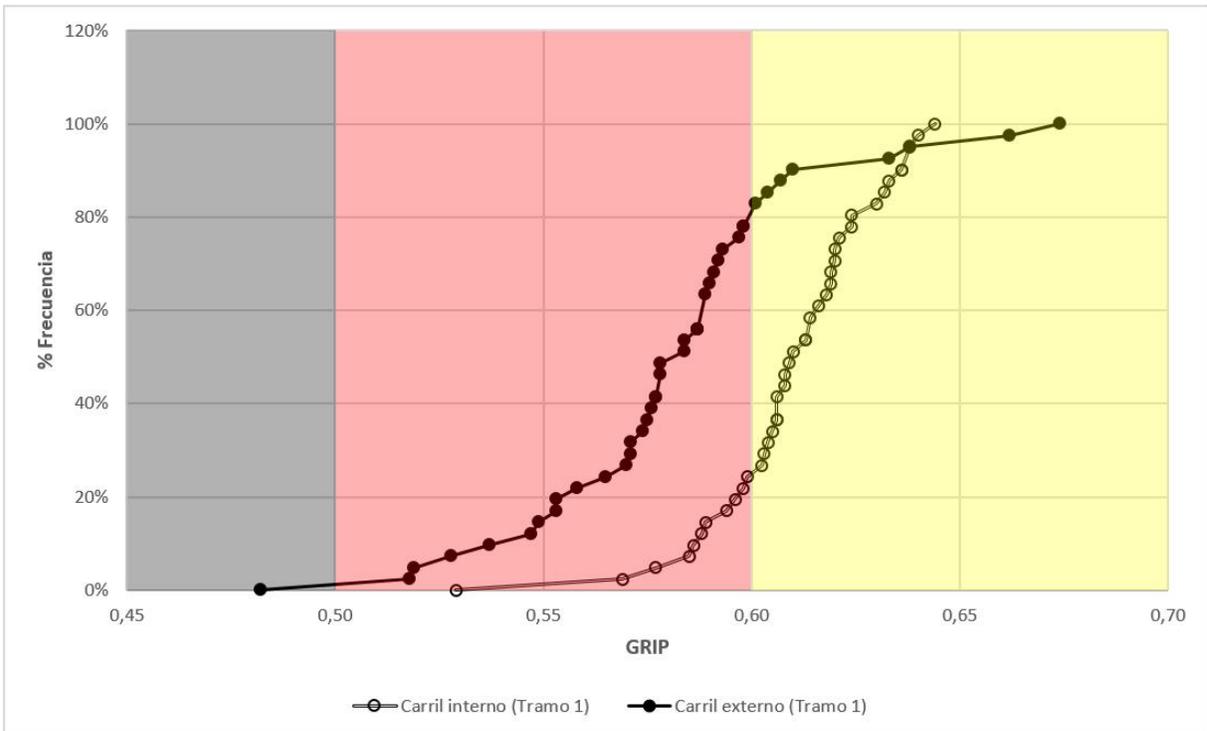


Figura 34. Gráfico de frecuencias acumuladas para los valores de GRIP en el tramo 1.

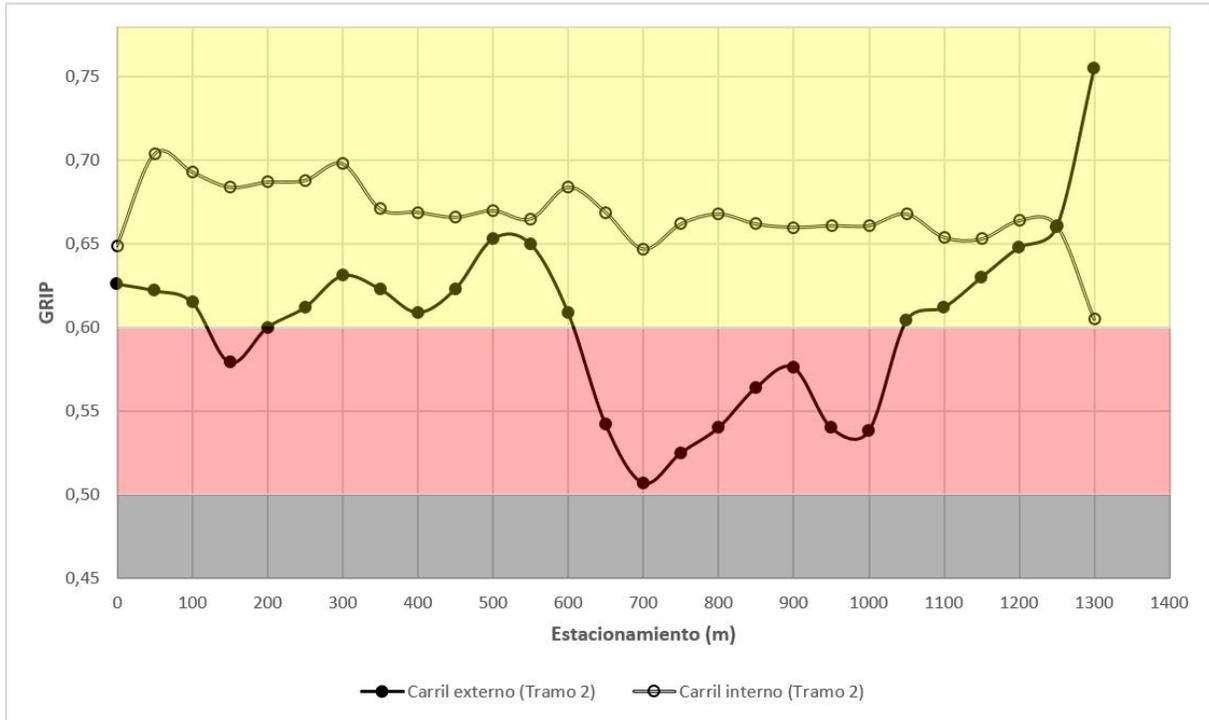


Figura 35. Valores de GRIP en el tramo 2, posterior a la intervención.

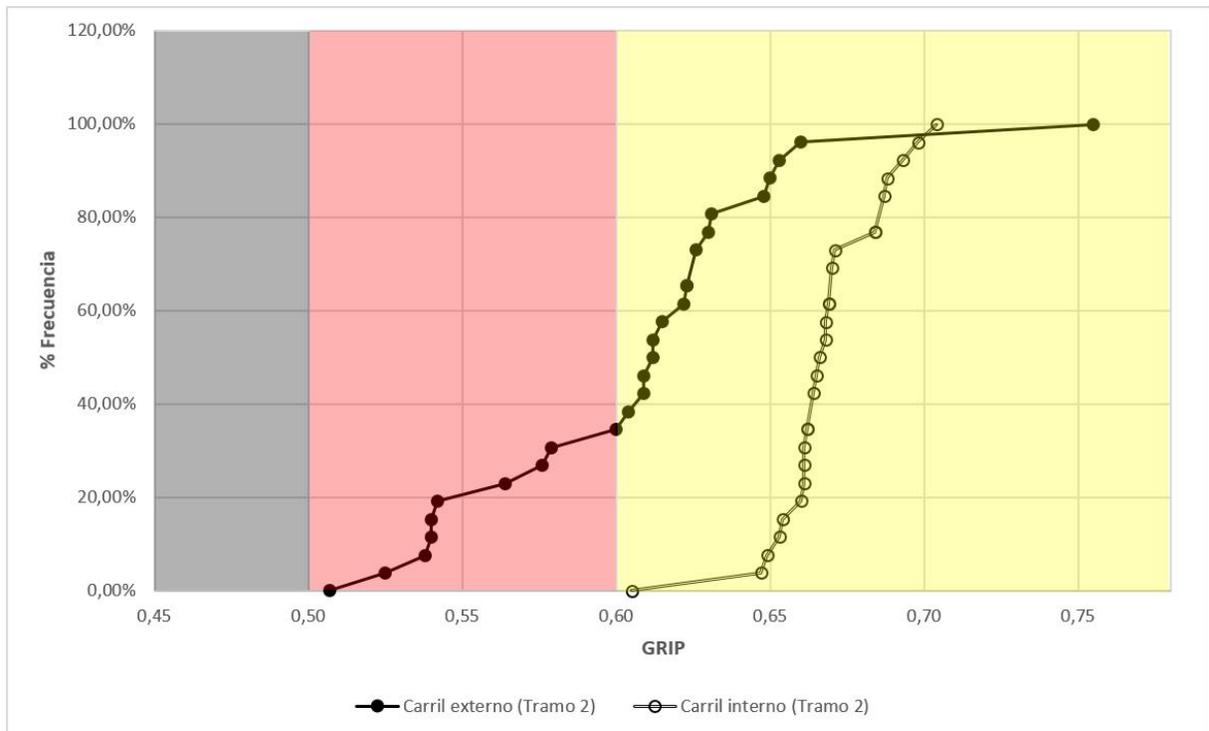


Figura 36. Gráfico de frecuencias acumuladas para los valores de GRIP en el tramo 2.

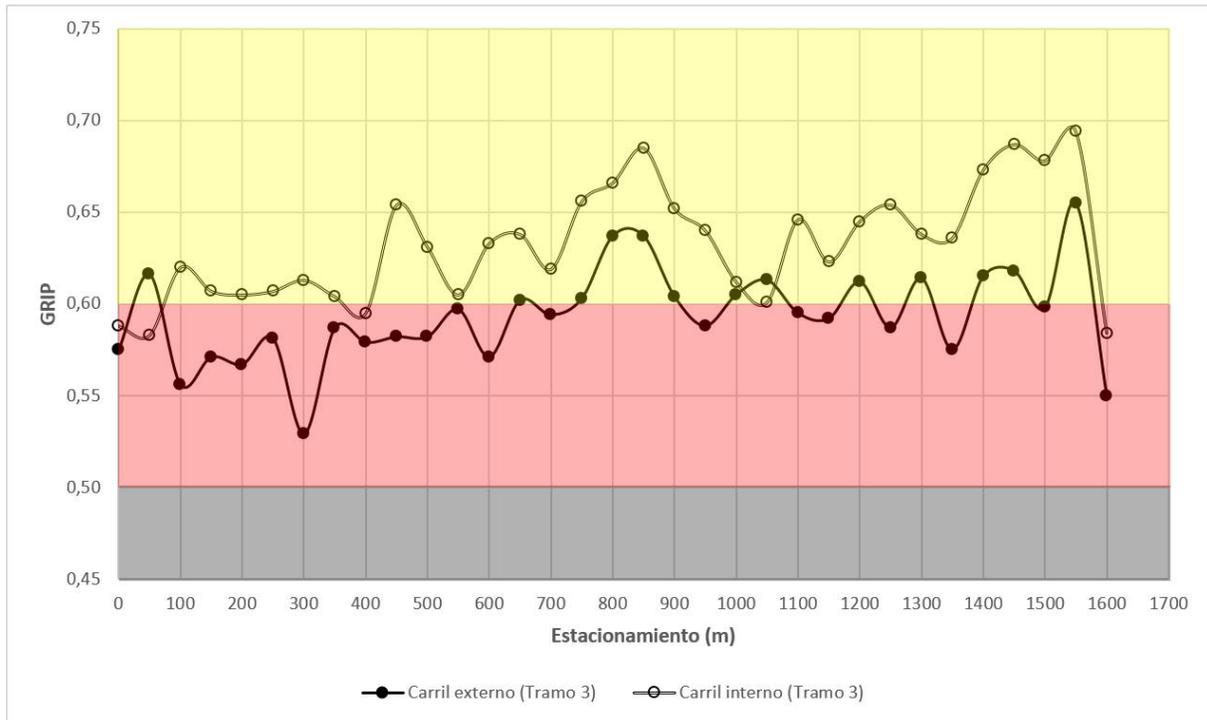


Figura 37. Valores de GRIP en el tramo 3, posterior a la intervención.

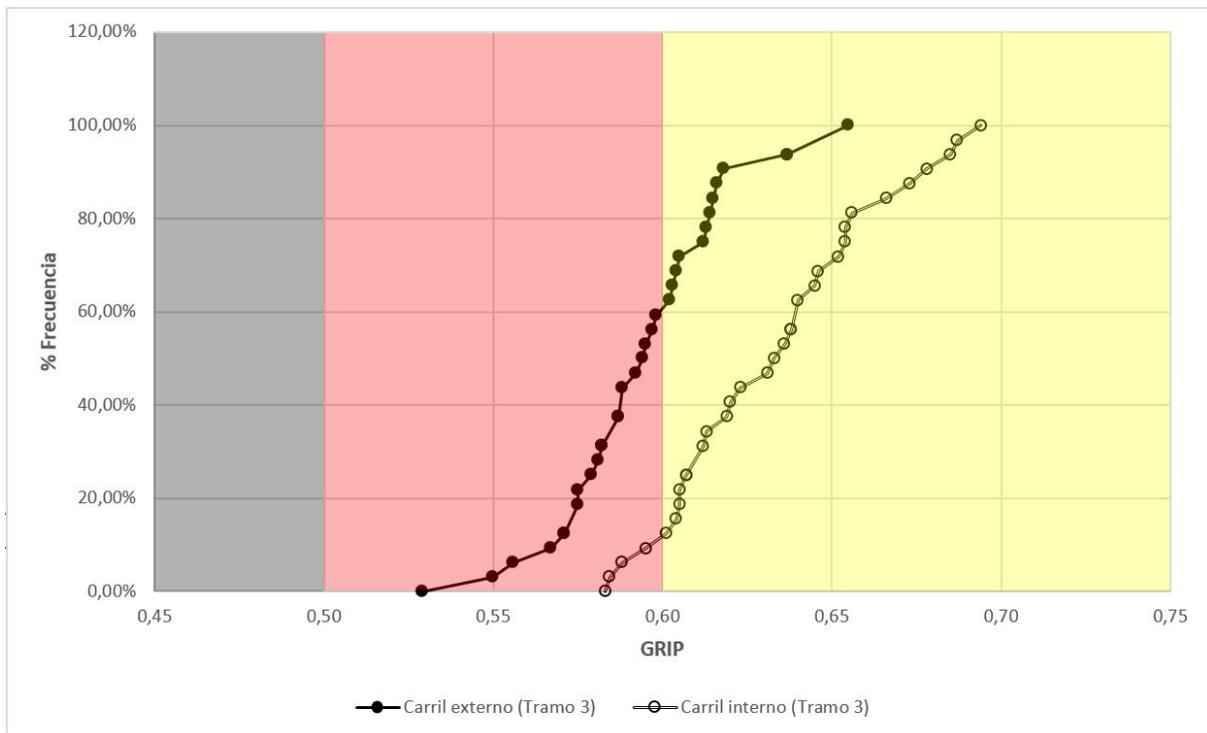


Figura 38. Gráfico de frecuencias acumuladas para los valores de GRIP en el tramo 3.



12. CONCLUSIONES

Sobre la condición de regularidad superficial del proyecto:

- Se observó que para los tramos 1, 2 y 3, la mayoría de los puntos evaluados contaban con valores de regularidad superficial regular, entre 1,9 m/km y 3,6 m/km.
- La condición de regularidad superficial observada se explica en parte por la inadecuada compactación y preparación de la base en el proyecto.
- En términos generales, se observaron más tramos (específicamente 9 tramos de 100m más) en condición de incumplimiento, si se toman como referencia las mediciones de regularidad superficial realizadas por el LanammeUCR con respecto a las mediciones realizadas por el laboratorio de verificación de la calidad.

Sobre la condición estructural del proyecto:

- El proyecto en su mayoría, cuenta con deflexiones severas reportadas para el geófono D0, parámetro que refleja el aporte estructural de todas las capas del pavimento.
- El parámetro BLI, que es representativo de la condición de la sobrecapa colocada en el proyecto, así como de la parte superficial del bacheo a profundidad parcial colocado, es en su mayoría regular y severo.
- El indicador de daño de base MLI, que en este caso es representativo de la condición inferior del bacheo a profundidad parcial colocado y de la parte superior de la subbase granular, cuenta con una mayoría de puntos ubicados en las categorías de regular y severo.
- El indicador de curvatura de base, que en este caso representa solamente a la capa inferior de subbase, cuenta con una mayor cantidad de puntos ubicados en la categoría severa.
- Sobre el análisis de los indicadores BLI, MLI y LLI, se observó que la condición más crítica se presentó en el parámetro LLI, lo cual refuerza la importancia de que las capas de subbase y subrasante hubiesen sido acondicionadas antes de la intervención realizada a partir de la sustitución de las losas, pues su capacidad de soporte es muy deficiente.



Sobre la condición de fricción del proyecto:

La mayoría de los segmentos se encuentra en condición regular (deslizante) y buena (poco deslizante), siendo que para todos los tramos el carril externo fue el que presentó una mayor cantidad de tramos en condición regular.

- Se observó que en el tramo 1, uno de los segmentos muestreados presentó una condición de fricción mala, situación que implica la existencia de un segmento en condición muy deslizante que podría representar un riesgo para los usuarios de esta vía.
- Por último, se señala que no se observó ningún segmento en condición de fricción superficial buena (no deslizante). Lo cual es un aspecto importante a considerar en la aceptación de proyectos siendo mezcla asfáltica nueva que debería aportar una condición óptima en cuanto a resistencia al deslizamiento, entre otras características requeridas. Condiciones adversas de resistencia al deslizamiento podrían implicar la sustitución de una capa de ruedo, principalmente siendo una intervención reciente.

13. RECOMENDACIONES

A los miembros del Consejo de Administración del Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI):

De acuerdo con las disposiciones establecidas en el informe NRO: DFOE-IFR-IF-00007-2018 de fecha 10 de octubre de 2018, de la Contraloría General de la República, denominado: Informe de auditoría operativa sobre la eficiencia eficacia y economía del proceso de conservación de carreteras de la red vial nacional pavimentada (RVNP), se recomienda lo siguiente:

- Se recomienda que la medición de la condición estructural de un pavimento, luego de ser rehabilitado, sea un requisito indispensable para el control de calidad, como se indica en el apartado 4.5 d) del informe DFOE-IFR-IF-00007-2018.
- 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.
- Se recomienda que la condición de fricción superficial de un pavimento, luego de la colocación de una capa de ruedo sea un parámetro de aceptación, de modo que, los sectores con deficiencias en la capacidad de fricción tengan que ser reparados. Además, se recuerda la necesidad de que CONAVI defina cuanto antes un protocolo para evaluar la resistencia al deslizamiento, de acuerdo con el apartado 4.3 del informe DFOE-IFR-IF-00007-2018.



14. REFERENCIAS

- Barrantes Jiménez, R., Sanabria Sandino, J., & Loría Salazar, L. (2017). *Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica Años 2016-2017*. San José: LanammeUCR, Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA).
- Consejo Nacional de Vialidad (2015). Licitación Pública No. 2014LN-000018-0CV00 "MP Y R: Mantenimiento periódico y rehabilitación del pavimento de la red vial nacional pavimentada". CONAVI, San José, Costa Rica.
- Contraloría General de la República (2018). Informe de auditoría operática sobre la eficiencia eficacia y economía del proceso de conservación de carreteras de la red vial nacional pavimentada (RVNP) (DFOE-IFR-IF-00007-2018). San José: CGR, Área de Fiscalización de Servicios de Infraestructura.
- Herra Gómez, L., Guerrero Aguilera, S., Salas Chaves, M., Sequeira Rojas, W. (2018). Informe de Auditoría Técnica: LM-AT-150-2018 *Experiencia costarricense en la aplicación del parámetro de regularidad superficial IRI como criterio de aceptación en proyectos de conservación vial*. San José, Costa Rica, LanammeUCR.
- Herra Gómez, L., Rodríguez Morera, J., Guerrero Aguilera, S., Salas Chaves, M., Sequeira Rojas, W. (2019). Informe de Auditoría Técnica: LM-AT-079-2019 *Análisis del caso y resumen de los criterios emitidos por el LanammeUCR sobre la intervención realizada en la carretera Florencio del Castillo (Losas de Concreto)*. San José, Costa Rica, LanammeUCR.
- 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. (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 Transporte (2010). Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR – 2010, Dirección General de Vialidad. 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



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

- 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.



EQUIPO AUDITOR		
Preparado por: Ing. Luis Diego Herra Gómez Auditor Técnico	Preparado por: Ing. Sergio Guerrero Aguilera Auditor Técnico	Preparado por: Ing. Mauricio Salas Chaves Auditor Técnico
Aprobado por: Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc. Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica		Aprobado por: Ing. Alejandro Navas Carro, MSc. Director LanammeUCR



15. ANEXOS

15.1. ANEXO 1. Análisis del oficio GCSV-41-2020-0778 (Descargo)

De acuerdo con los procedimientos de esta auditoría técnica del LanammeUCR, este informe en su versión preliminar LM-INF-IC-D-002B-2020 fue remitido a la Administración el día 22 de mayo de 2020, mediante oficio LM-IC-D-0415-2020, para que fuese analizado por parte de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes. La presentación del informe se realizó el día 1 de junio 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.

Posteriormente, el día 19 de junio de 2020, se recibió el documento de descargo por parte de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, Oficio GCSV-41-2020-0778, emitido por la Ing. Hannia Rosales Hernández. Este oficio fue analizado por el equipo auditor y considerado para realizar aclaraciones y mejoras al informe con el fin de que sea de mayor claridad para la Administración.

A continuación, se detalla el análisis correspondiente al descargo GCSV-41-2020-0778:

Hallazgo 1: Se evidenciaron incumplimientos, en términos de regularidad superficial, que no fueron asumidos en su totalidad por el contratista

Sobre este primer hallazgo la Administración señala lo siguiente (lo indicado por la Administración se muestra en color azul, además, los extractos textuales también cuentan con formato “*cursiva*”):

Es muy importante aclarar de primera entrada que en forma reiterada el informe menciona que se está realizando una rehabilitación, lo cual es incorrecto, pues lo que se realizó fue una mejora a nivel funcional.

(...) no es de recibo que se indique que lo realizado fue una rehabilitación y que el comportamiento esperado estructuralmente deba ser más próximo a una rehabilitación, esto llama a confusión de los no involucrados, en el proceso constructivo.

En primer lugar, sobre el contenido de este informe, se reitera la postura de esta auditoría, y señalada a la Administración durante la presentación del informe en su versión preliminar con respecto al alcance de este informe y su objetivo fundamental de ser una herramienta para que la Administración conozca la condición final del proyecto tanto a nivel estructural, como de regularidad superficial y de fricción superficial, de modo que, el informe constituye una fotografía del momento en que se terminaron las obras de este proyecto.

Con respecto a la definición de los trabajos realizados, esta auditoría atribuye el término “rehabilitación” al hecho de que más de un 70 % del área total del proyecto fue intervenida a partir de un nivel de subbase granular con espesores de mezcla asfáltica que superan los 40 cm, donde fue necesaria la demolición parcial de la estructura existente, se modificó el tipo de pavimento y las características de su superficie de ruedo. Siendo que incluso la empresa contratista a cargo de las obras en su análisis complementario de la intervención catalogó los trabajos por realizar como una “rehabilitación”, como se muestra en la Figura 39:



1. Propuesta Constructora Hernán Solís.

Una vez realizados los análisis (los cuales se detallan en la sección 3), se muestran las alternativas de **rehabilitación** de la estructura existente, para lo cual se realizaron bajo los siguientes criterios constructivos (se amplían en sección 4):

- utilización de una geomalla de fibra de vidrio GlasGrid
- demolición de las losas que presentan deterioros mayores al 70% de su área
- sellado de grietas y juntas (de las losas no demolidas)
- perfilado del espesor de asfalto presente en el tramo #3

Figura 39. Extracto del oficio OFI-CC-INT-02-2019CV de la empresa Hernán Solís

Ahora bien, por lo particular del proyecto, donde en este caso una minoría de las losas no fueron retiradas esta Auditoría es consciente de que resulta difícil definir cuál tipo de especificación aplica para evaluar la regularidad superficial, lo anterior debido que es impráctico analizar como rehabilitación un 70 % del proyecto (que es aproximadamente el área donde se retiraron las losas) y el restante bajo una especificación de sobrecapa. Esto, principalmente porque en algunos puntos había losas aisladas, por tal razón se entiende que el proyecto haya sido evaluado mediante la especificación de sobrecapas. De modo que, tomando en cuenta el criterio de la Administración, y que el objetivo del informe no es que se genere una discusión en torno a si el proyecto es o no una rehabilitación, se procede a modificar el título del informe la siguiente manera: Evaluación de los parámetros de desempeño IRI, FWD y GRIP en la intervención de la Autopista Florencio del Castillo, secciones de control 30110, 30730, y 30740, modificando el término “rehabilitación” por “intervención” en el título y en algunos de los gráficos del informe.

No obstante, lo anterior no invalida la postura del equipo auditor cuando se señala en el informe que “hubiera sido esperado que una mayor parte del proyecto cumpliera también con la especificación de regularidad superficial en rehabilitaciones”¹, puesto que la mayor parte del proyecto se atendió a partir de un nivel de subbase con espesores de mezcla asfáltica superiores a los 40 cm desde la capa de material granular.

Por otra parte, la Administración señala que:

Tampoco es de recibo indicar que, debido a las malas prácticas constructivas, que fueron detectadas en algunas visitas al campo del equipo auditor, y que se generalizaron para todo el proyecto, son las responsables de que el IRI se mantenga en rangos de entre 1,9 y 3,6, remitiendo a la siguiente tabla, que la califica como regular.

Sobre este aspecto, se aclara que en el informe no se generaliza que las prácticas constructivas observadas sean las responsables de que el IRI se mantenga en rangos de entre 1,9 y 3,6 m/km, siendo que el informe señala textualmente que “esta situación explica en parte

¹ El proyecto en su mayoría no hubiese cumplido con la especificación de regularidad superficial en proyectos de rehabilitación.



la condición de la regularidad superficial observada”, teniendo en cuenta nuevamente que el objetivo principal del informe es mostrar la condición del proyecto (y que las malas prácticas observadas fueron expuestas en un informe previo), pero que al mismo tiempo resulta importante señalar las causas de la condición observada. Por lo tanto, el párrafo anterior no modifica el cuerpo del informe.

Además, la Administración señala que: **la especificación utilizada para evaluar el proyecto es mucho más exigente que la escala estándar utilizada por el Banco Mundial para medir el IRI en carreteras, siendo que, según esta escala, valores de IRI evaluados como regulares por parte del equipo auditor permiten velocidades de operación de 100 km/h. Lo que es un resultado muy satisfactorio para el tipo de intervención realizada.**

Sobre este aspecto debe señalarse que la escala estándar del Banco Mundial relaciona las velocidades máximas de operación con diversos valores de IRI, por ejemplo: No significa que si un proyecto tiene una velocidad de diseño de 60 km/h un IRI aceptable sea de 10 m/km, más bien, esto significa que ante un IRI de 10 m/km la velocidad de operación de los usuarios de la vía disminuiría producto de la pérdida de confort y el daño mecánico que los conductores sienten que está sufriendo el vehículo. De este modo, ni Costa Rica, ni ningún otro país emplea esta escala como parámetro de aceptación de un proyecto, pues el efecto de un IRI regular no solo afecta la velocidad de operación de una vía (que debe ser controlada mediante su diseño geométrico y no mediante su regularidad superficial), también afecta a los costos de mantenimiento y operación tanto de los usuarios de la vía como de la Administración, ya que entre mayor sea la irregularidad superficial mayores son los efectos dinámicos que dañan al pavimento, a los vehículos (costos operativos) y que a largo plazo deterioran la salud de los usuarios principalmente la de los choferes profesionales. De modo que, la clasificación utilizada por el equipo auditor para categorizar la regularidad superficial de los trabajos realizados se respalda en la investigación UI-PI-04-08 denominada “Propuesta de rangos para la clasificación de la Red Vial Nacional” que a su vez cuenta con un amplio respaldo técnico basado en la correlación del IRI con la clasificación de otros parámetros funcionales como el PSI.

Posteriormente, la Administración presenta la siguiente tabla con los porcentajes de mejora en la regularidad superficial del proyecto:

	IRI inicial	IRI final	% mejora
Tramo 1 Carril externo	5,4	2,5	216%
Tramo 1 Carril interno	4,7	2,4	196%
Tramo 2 Carril externo	5,1	2,2	232%
Tramo 2 Carril interno	4,8	2,0	240%
Tramo 3 Carril externo	5,8	2,9	200%
Tramo 3 Carril interno	5,4	3,0	180%
	Promedio		211%

Sobre el contenido de esta tabla se debe señalar que la Administración comete un error en el cálculo de los porcentajes de mejora según el procedimiento descrito en el CR-2010, que es un documento que forma parte de la normativa cartelaria del proyecto, de modo que la fórmula correcta para el cálculo de este porcentaje es:



$$\% \text{ Mejora} = 100 \cdot (\text{IRI}_{\text{Original}} - \text{IRI}_{\text{Final}}) / \text{IRI}_{\text{Original}}$$

Tomando en cuenta esto, el porcentaje de mejora en el carril externo del tramo 1 es de 53,7 % y no de 216 %. Lo mostrado en esta tabla también refuerza lo señalado por el equipo auditor donde se indica que, pese a que la mayor parte del proyecto cumple con un criterio de sobrecapa, no cumple con los criterios de rehabilitación, situación que hubiese sido deseable en un proyecto que en su mayor parte fue atendido desde un nivel de subbase con espesores de mezcla asfáltica superiores a los 40 cm desde la capa de material granular.

Además, la Administración señala que:

En el tramo 3, de momento, no se ha podido hacer el rebajo, por cuanto, la Administración decidió colocar solo 6 cm de espesor de MAC como prenivelación, en virtud del "sobrediseño" que se indicó por parte de la Gerencia de Contratación; por este motivo, la empresa alega que, estas circunstancias, no permiten garantizar el cumplimiento del IRI, por el reflejo de las irregularidades de los trabajos previos.

Sobre este aspecto, y como se señala en el informe, durante el proceso de auditoría se realizó la consulta vía correo electrónico a la Administración sobre la razón que justificaba el hecho de que no se realizaran rebajos en el tramo 3 por concepto de regularidad superficial, sin obtener respuesta alguna por parte de la Administración de modo que, al existir un incumplimiento cartelario el Hallazgo 1 fue considerado como tal y no como una Observación. Por lo tanto, tomando en cuenta la respuesta de la Administración se procede a cambiar la categoría de este Hallazgo 1 a una categoría de Observación, de modo que, en el informe se eliminan los siguientes párrafos:

Por otra parte, referente al cumplimiento de la especificación, se consultó a la ingeniería de proyecto sobre los rebajos realizados a la empresa contratista por concepto de regularidad superficial, obteniéndose la siguiente información:

Tabla 19. Rebajos por concepto de IRI reportados por el Administrador Vial

MEDICIONES DE IRI - RUTA 2, SC 30730,30740 (OCHOMOGO)													
RUTA	SECCIÓN	FECHA	Nº INFORME	EST. INICIAL	EST. FINAL	CARRIL	LONG.	ANCHO	ESPESOR	TON	RETENCIÓN	REQUERIMIENTO CARTELARIO	
2	30740	17/9/2019	5327-2019	0+000	0+100	IZQUIERDO	100	3	0,05	36,75	€2.048.196,94	Mejora del 50% y IRI Final menor a 5	NO CUMPLE
							100	3	0,05	36,75	€2.048.196,94	Mejora del 10%	NO CUMPLE
MEDICIÓN Nº1 LADO IZQUIERDO CARRIL INTERNO: TRAMO 3, TARAS-RECOPE												TOTAL	€4.096.393,88
RUTA	SECCIÓN	FECHA	Nº INFORME	EST. INICIAL	EST. FINAL	CARRIL	LONG.	ANCHO	ESPESOR	TON	RETENCIÓN	REQUERIMIENTO CARTELARIO	
2	30730	17/9/2019	5326-2019	15+640	15+740	DERECHO	100	3	0,05	36,75	€2.048.196,94	IRI FINAL MENOR O IGUAL A 3,2	NO CUMPLE
MEDICIÓN Nº2 LADO DERECHO CARRIL EXTERNO: TRAMO 1, REPUESTOS MIAMI -GASOLINERA CRISTO REY												TOTAL	€2.048.196,94

Fuente: CACISA, 2020.

En esta Tabla se señala que para el tramo 1 se haría un rebajo por € 2.048.196,94 y para el tramo 3 un rebajo por € 4.096.393,88. Lo anterior, concuerda con los incumplimientos reportados por el laboratorio de verificación de la calidad CACISA. Sin embargo, al revisar la información expuesta en SIGEPRO, a la fecha del 15 de abril de 2020, solo se había realizado el rebajo de € 2.048.196,94 correspondiente al tramo 1 (ver Tabla 20 correspondiente a la estimación 30.1 de octubre de 2019). Esto pese a que la medición del perfil longitudinal en el proyecto se realizó en septiembre de 2020.



Tabla 20. Extracto de la estimación número 31.1 FV correspondiente a la línea 3 de la Licitación Pública LP 2014LN-000018-0CV00, donde se muestra el rebajo por concepto de regularidad superficial reportado en SIGEPRO.

ESTIMACIÓN DESCRIPTIVA N° 31.1 FONDO VIAL								
PERIODO DEL 1 AL 31 DE OCTUBRE DEL 2019								
MP Y R: MANTENIMIENTO PERIÓDICO Y REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA RED VIAL NACIONAL PAVIMENTADA, LÍNEA N°3, ZONAS 1-3, 1-7 Y 1-8 REGIÓN I CENTRAL, SUBREGIÓN ORIENTAL								
LICITACIÓN PÚBLICA N°2014LN-000018-0CV00								
Constructora Hernan Solis S.R.L.								
CUADRO RESUMEN								
Item	Descripción	Unid.	Precio, ¢	Cantidad	Factor de Pago	A pagar, ¢		
M45(A)	Pavimento bituminoso en caliente	t	55.733,25	9.696,23	1,00	¢	540.402.417,43	
M40(A)	Levantamiento de tapas de pozos	u	48.184,97	52,00	0,00	¢	2.505.618,64	
CR.634.04.1-2	Señalamiento tipo I (Línea Continua amarilla)	km	1.003.145,11	0,57	0,000	¢	571.792,71	
110.06	Trabajo a costo más porcentaje	Global	1,00	6.362.254,50	0,00	¢	6.362.254,50	
SUB TOTAL							¢	549.842.083,28
MULTAS								
A PAGAR EN COLONES							¢	549.842.083,28
REINTEGRO DEL 10% DE LA ESTIMACIÓN N°31.0							¢	15.285.401,34
RETENCIÓN POR INCUMPLIMIENTO DE IRI RUTA 2, SECCIÓN DE CONTROL 30730							¢	2.048.196,94
RETENCIÓN DE PINTURA EN LA ESTIMACIÓN							¢	571.792,71
A CANCELAR EN ESTA ESTIMACION							¢	562.507.494,97

Fuente: CONAVI, 2020

Ante esta situación, mediante un correo electrónico enviado el 15 de abril de 2020 a la ingeniería de proyecto y al Administrador Vial, se solicitó a la Administración una aclaración sobre lo evidenciado por el equipo auditor, consultando específicamente en cuál estimación se había hecho el rebajo correspondiente al incumplimiento de regularidad superficial en el tramo 3. Sobre este aspecto, debe mencionarse que a la fecha del 7 de mayo de 2020 dicho correo no fue respondido y en SIGEPRO seguía sin registrarse el rebajo correspondiente al tramo 3.

Se modifica el título del Hallazgo por el siguiente, pasando a ser una observación:

Observación 1: Con base en un análisis de regularidad superficial, se evidenció que en algunos sectores la regularidad superficial del proyecto es regular.

Además, se eliminan las siguientes conclusión y recomendación respectivamente:

- Al revisar la información expuesta en SIGEPRO, a la fecha del 7 de mayo de 2020, no se habían realizado todos los rebajos correspondientes por concepto de incumplimientos en la regularidad superficial, pese a que con las mediciones de perfil longitudinal fueron realizadas por el laboratorio de verificación de la calidad 8 meses atrás (17 de septiembre de 2019).

A la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes de CONAVI:

- Se recomienda a esta Gerencia establecer un plazo máximo para la retención económica por concepto de no conformidades en la regularidad superficial de un proyecto o solicitar la reparación pertinente en los tramos con deficiencias. Lo anterior, para evitar el riesgo de que se acepte una obra de menor calidad. Esta situación toma más relevancia si considera que la Administración actualmente paga por los insumos que le permiten identificar deficiencias en la regularidad superficial de los proyectos.

Posteriormente la Administración indica que: *Por otro lado, en el análisis, observaron algunos errores en las tablas en cuanto a cumplimientos.* Seguidamente, se presentan las siguientes tablas:



Tabla 10. Cumplimiento de la especificación en el carril externo del tramo 3

Est. Inicial	MRI inicial CACISA	MRI final CACISA	MRI final LanammeUCR	Cumplimiento CACISA	Cumplimiento LanammeUCR
0+000	2,7	3,7	4,5	NO	NO
0+100	7,8	2,3	2,3	SI	SI
0+200	5,3	2,7	2,6	SI	SI
0+300	5,1	2,7	2,7	SI	SI
0+400	6,1	2,8	2,9	SI	SI
0+500	5,0	2,7	2,9	SI	SI
0+600	4,8	2,9	2,9	SI	SI
0+700	6,9	3,3	3,4	SI	NO
0+800	6,0	2,7	2,8	SI	SI
0+900	7,3	2,9	2,9	SI	SI
1+000	6,7	2,7	2,7	SI	SI
1+100	6,0	2,8	2,7	SI	SI
1+200	8,6	3,3	3,3	SI	SI
1+300	8,4	3,1	3,3	SI	SI
1+400	8,9	3,8	3,8	SI	SI
1+500	8,2	3,2	3,1	SI	SI
Porcentaje de cumplimiento				94%	88%

Fuente: CACISA y LanammeUCR, 2019.

Nota: Los estacionamientos mostrados se toman como referencia de las mediciones realizadas por CACISA.

Tabla 11. Cumplimiento de la especificación en el carril interno del tramo 3

Est. Inicial	MRI inicial CACISA	MRI final CACISA	MRI final LanammeUCR	Cumplimiento CACISA	Cumplimiento LanammeUCR
0+000	6,6	4,0	3,7	NO	NO
0+100	3,9	2,5	2,4	SI	SI
0+200	5,4	2,9	3,3	SI	NO
0+300	4,4	3,2	3,2	SI	SI
0+400	4,0	2,4	2,6	SI	SI
0+500	4,9	3,0	3,0	SI	SI
0+600	3,9	2,4	2,6	SI	SI
0+700	5,7	3,2	3,8	SI	NO
0+800	4,3	2,7	2,7	SI	SI
0+900	5,4	2,8	2,9	SI	SI
1+000	6,3	3,2	3,3	SI	NO
1+100	6,0	2,9	2,8	SI	SI
1+200	7,5	3,8	3,9	SI	NO
1+300	7,0	3,0	2,9	SI	SI
1+400	6,5	3,2	3,6	SI	NO

No obstante, la Administración no señala en qué consiste dicho error. Por tal razón, se contactó vía telefónica a la Ing. Hannia Rosales. La ingeniera Rosales indicó que, tomando como referencia las tablas anteriores, para todos los casos resaltados en amarillo no se estaba cumpliendo con la especificación, ya que la especificación permitía un máximo de IRI de 3,2. Sobre este aspecto, se le recordó a la ingeniera Rosales que en la especificación considerada cuando se tienen valores iniciales de IRI superiores a 6,4 m/km el criterio a cumplir no es 3,2 m/km, ya que en estos casos se debe contar con un valor de IRI inferior a 5 m/km y una reducción del 50% (ver Tabla 4). Por lo tanto, el error indicado por la Administración no existe. Finalmente, la Administración señala que: *en la siguiente tabla, se ve que un solo dato diferente arroja una diferencia porcentual del 8%.*



Tabla 9. Cumplimiento de la especificación en el carril interno del tramo 2

Est. Inicial	MRI inicial CACISA	MRI final CACISA	MRI final LanammeUCR	Cumplimiento CACISA	Cumplimiento LanammeUCR
19+560	5,3	2,2	3,3	SI	NO
19+660	4,5	1,6	1,8	SI	SI
19+760	4,9	2,0	2,1	SI	SI
19+860	5,1	2,2	1,8	SI	SI
19+960	3,9	1,8	1,9	SI	SI
20+060	4,5	1,9	1,8	SI	SI
20+160	5,1	1,8	1,9	SI	SI
20+260	5,8	2,2	2,1	SI	SI
20+360	5,7	2,4	2,3	SI	SI
20+460	5,0	2,5	2,4	SI	SI
20+560	3,3	1,7	2,0	SI	SI
20+660	5,0	1,8	1,8	SI	SI
Porcentaje de cumplimiento				100%	92%

Sobre este aspecto, se señala que en las conclusiones del informe se indica con detalle el número de tramos para los cuales se identificaron diferentes criterios. No obstante, en aras de mejorar la claridad del informe, junto a los porcentajes se procede a especificar la cantidad de tramos en condición de incumplimiento.

Observación 2: Con base en un análisis de deflectometría, se evidenció que la capacidad estructural del proyecto es deficiente.

En esta observación, la Administración en su descargo realiza una revisión bibliográfica sobre algunos de los parámetros evaluados.

Sobre el D_0 , la Administración señala que dicho valor puede sufrir variaciones importantes por la presencia de suelo blando, como es el caso del proyecto en análisis. Esto es correcto, el hecho de que el pavimento esté sobre una capa de suelo blando afecta su capacidad estructural y por ende su durabilidad, precisamente uno de los puntos del informe es evidenciar la condición la necesidad de que, en un proyecto donde se realizó una inversión tan considerable, se atendieran las capas subyacentes del pavimento, por medio de un contrato suficiente y adecuado y así, no se corra el riesgo de afectar la inversión en cuanto a su desempeño.

Además, se indica que: *Según documentación de consulta, los datos utilizados para la interpretación de estos parámetros pueden ser afectados por condiciones las cuales no son atribuibles a las capas utilizadas para la construcción del pavimento.* Sobre este aspecto, se reitera el criterio de esta auditoría referente al hecho de que el pavimento es una estructura integral, por lo tanto, técnicamente no se justifica la construcción de un pavimento sobre una superficie débil y con problemas de drenaje. En este caso con el D_0 se evaluó la totalidad de la estructura y con los parámetros BLI, MLI y LLI se analizó la condición del pavimento a diferentes profundidades.

Por otra parte, sobre el parámetro BLI, que es representativo de la condición superficial del pavimento, la Administración señala que este parámetro puede verse afectado por las condiciones de humedad de la base, de acuerdo con estudios realizados por el LanammeUCR y otros actores. Sobre este aspecto, es importante indicar que estas investigaciones se realizan considerando las condiciones de pavimentos típicos, nunca considerando capas de



mezcla asfáltica incluso superiores a los 40 cm como lo fue el caso de este proyecto. Teniendo en cuenta esto, y que el parámetro BLI evalúa la capacidad estructural hasta una profundidad de 30 cm, para el equipo auditor es claro que la humedad en este caso no afectó el resultado de los valores de BLI obtenidos, puesto que en los primeros 30 cm del pavimento no hay presencia de capas granulares.

Posteriormente, la Administración señala hace referencia a una investigación del LanammeUCR resaltando los siguientes aspectos:

(...) aunque se logre un ajuste bueno entre las deflexiones, medidas y retrocalculadas, no implica necesariamente que los resultados sean confiables.

Además, debido a que el método de solución es de prueba y error, puede ser dependiente de los módulos semilla que se introduzcan, obteniendo mínimos locales en la ecuación objetiva, sesgada por el comportamiento que se espera del material, sin considerar el nivel de esfuerzo y deterioro del pavimento analizado.

Posteriormente, se indica que:

En la ruta bajo cuestionamiento existen condiciones las cuales pueden incurrir a una interpretación no acertada de las condiciones de la misma, así como lo indica el extracto anteriormente mostrado. De esa forma dando como resultado una realidad sesgada de la condición actual de la misma. Es de todos sabido que los espesores de la estructura de pavimento, así como de los módulos y propiedades de estos son muy variables a lo largo de la intervención.

Sobre este aspecto, los comentarios de la Administración no modifican el contenido del informe, pues las referencias extraídas de informes del LanammeUCR se refieren a la metodología para el retrocálculo de módulos, la cual no fue utilizada en este informe.

Posteriormente, la Administración señala que *los resultados mostrados de deflectometría, no son de recibo. Es muy difícil que, con los espesores de capa colocados, las deflexiones den tan altas. No se detalla si se hizo corrección por temperatura y si se hizo, con qué factores, puesto que no se explica tampoco en qué literatura hay un factor de corrección para un espesor de capa tan alto.*

Sobre este aspecto, se reitera que los comentarios de índole subjetivo no modifican el contenido del informe y nuevamente se resalta el hecho de la importancia de que las capas superiores del pavimento se coloquen sobre una estructura lo suficientemente rígida y preparada. No obstante, en el marco teórico del informe se procede a indicar la metodología utilizada para la corrección por temperatura de la siguiente manera:

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.

Observación 3: Con base en un análisis de GripNumber, se evidenció que en algunos sectores la condición de fricción superficial del proyecto es regular.

Para esta observación la Administración adjunta una revisión bibliográfica sobre las variaciones de la fricción de un pavimento según las condiciones de temperatura, humedad, velocidad y el paso del tiempo.

Sobre el efecto de la temperatura la Administración indica que:



Para estimar el efecto de la temperatura se realizan mediciones sistemáticas con el equipo disponible. Las medidas se realizan abarcando un periodo de tiempo de 10 horas con mediciones cada 30 minutos por cada ciclo de medición, considerando así los periodos normales de variación térmica. De este modo, se abarcarán temperaturas ambientales entre los 15°C y hasta los 40°C. Con estos datos se construyen los modelos de variación de temperatura del pavimento y ambiental, y su respectiva correlación con las mediciones de resistencia al deslizamiento en una ruta dada.

Con respecto a esto, en primer lugar, se señala que las mediciones de fricción superficial realizadas representan una fotografía de la fricción al momento de su medición, donde se evidenció que en algunos sectores la fricción era regular. Pese a que la fricción superficial pueda verse afectada por la temperatura del pavimento, el tránsito vehicular no se detiene por las condiciones de temperatura, de modo que, es criterio del equipo auditor que cuando se defina una especificación de fricción superficial en proyectos de conservación vial se debe garantizar que dicha especificación se cumpla sin importar la temperatura del proyecto. Estas variaciones en la fricción producto de la temperatura podrían ser consideradas en caso de que se la quiera dar seguimiento a un proyecto específico o podría tomarse en cuenta para que tanto el laboratorio de verificación como el de autocontrol realicen sus mediciones al mismo tiempo.

Adicionalmente, la Administración señala que: *Esto se realiza dado que la temperatura de medida, hace que la resistencia al deslizamiento sea inferior en verano que en invierno.* De modo que, si se considera esto y que las mediciones realizadas por el LanammeUCR fueron ejecutadas en horas de la madrugada donde la temperatura en estos tramos es baja, se podría concluir que las mediciones fueron realizadas en el escenario menos crítico.

Sobre las condiciones de humedad y las variaciones estacionales la Administración indica que: *Las fluctuaciones interanuales dependen de las variaciones de humedad de un año a otro.*

Con respecto a esto, el equipo auditor es consciente de que la fricción en un pavimento puede variar a lo largo del año por las condiciones de humedad, principalmente porque con la humedad se elimina una gran parte de las partículas de polvo que se asientan en la carretera durante la época seca. En el caso específico del proyecto evaluado se aclara que la medición de fricción superficial se realizó al término de las actividades de pavimentación, por lo tanto, el efecto de la humedad no es significativo. Además, se reitera que las mediciones de fricción superficial realizadas representan una fotografía de la fricción al momento de su medición.

Sobre el efecto de la velocidad la Administración señala que existe un efecto asociado a la velocidad, respecto a esto el análisis realizado solo considera los datos recopilados entre 45 y 55 km/h que es el rango de operación del equipo empleado, en este caso específico como la medición se realizó en horas de la madrugada ninguno de los datos fue descartado.

Sobre el efecto del paso del tiempo la Administración señala *que después de 1 millón de ejes equivalentes de vehículos pesados o después de dos años de servicio, lo que ocurra primero; y la caída típica entre los valores de fricción inicial y de equilibrio de resistencia al deslizamiento es de aproximadamente 40%.*

Además, la Administración indica que *para la ruta en estudio en el primer año de servicio se superaría el millón de ejes equivalentes*, no obstante, la medición realizada se ejecutó poco tiempo después de la pavimentación, de modo que lo expuesto en este caso por la Administración no modifica ni aporta contenido al cuerpo del informe.

Posteriormente, la Administración indica que: *En cuanto a los resultados arrojados, se debiera aceptar como buenos valores mayores a 0,5; que es el concepto detrás del ensayo de coeficiente de pulido acelerado de agregados y que está especificado con un valor mínimo de 0,5 o 50 (al multiplicar por 100).*



Con respecto a esto se aclara que la escala del ensayo de pulimiento acelerado y la del GripNumber no están relacionadas entre sí, incluso los órdenes de magnitud son distintos, siendo que la Administración en el descargo multiplicar el valor por 10 para establecer una relación entre escalas.

Luego, la Administración indica que:

Para los hallazgos 2 y 3, hay dudas razonables, debido a que no están claramente soportados los ensayos y no queda clara tampoco la calidad de los datos, antes de realizar los análisis, en algunos casos no pareciera guardar proporciones, desde el punto de vista de la ingeniería.

Lo señalado por la Administración en este párrafo no modifica el cuerpo del informe tomando en cuenta que todos los argumentos planteados por la Administración han sido aclarados e incluso en algunos casos estos argumentos no guardan relación con el contenido del informe (como cuando se menciona el sesgo asociado a un retrocálculo que no fue realizado en el informe).

De forma adicional, mencionar que el proyecto no representa el 10,8% del contrato de la contratación utilizada, sino que 4, 69%, de momento, pues este monto disminuiría, una vez autorizada la ampliación a cantidades máximas, que está en trámite.

Con respecto a esto, esta auditoría señala en el informe que el proyecto representó una inversión de aproximadamente el 10,8 % del presupuesto estimado para la línea 3, lo cual es cierto, ya que el presupuesto estimado de este proyecto fue de ₡ 17.925.897.309,69. De modo que, en el refrendo del contrato la Contraloría señala que “Es entendido para las partes, que existe la posibilidad de superar el monto estimado de este contrato, hasta alcanzar el monto requerido (máximo)” no obstante, al momento de la ejecución del proyecto y luego de dos años y medio de ejecución contractual no habían sido requeridas ampliaciones de monto, siendo que dichas ampliaciones de monto dependen del contenido presupuestario disponible y no son una obligación contractual por parte de la Administración. Por tal razón, en el resumen del informe se señala que el proyecto representa un 10,8% del presupuesto estimado para la línea 3.

Por último, la Administración señala que:

- *La etapa inicial del proyecto, el saneo de losas, no requiere diseño de pavimento, puesto que no hay una metodología para un diseño de “bacheo”, por lo que no era posible empezar con un diseño.*
- *No existe un sobrediseño, por cuanto esta consideración sale de analizar los sectores más robustos, dejando de lado, los de menor capacidad.*
- *En ningún caso los espesores colocados, superan los aprobados por la Administración, en el segundo tramo, el sobreespesor no se reconoció y la mezcla adicional que calculó el equipo auditor en el anterior informe, no contempló accesos y rampas que se atendieron, asimismo, consideró anchos de ruta que no eran correctos, lo mencionado se resume en el siguiente cuadro y esquemas:*

Al respecto, los comentarios expuestos por la Administración no modifican el cuerpo de este informe, pues hacen referencia a otro informe (informe LM-AT-079-19 de fecha 12 de diciembre de 2019. “Análisis del caso y resumen de los criterios emitidos por el LanammeUCR, sobre la intervención realizada en la carretera Florencio del Castillo (losas de concreto)” cuyo análisis del descargo ya fue emitido en su momento.



15.2. ANEXO 2. Oficio GCSV-41-2020-0778 (Descargo)



GERENCIA DE
CONSERVACION DE VIAS Y PUENTES

hannia.rosales@conavi.go.cr

Montes de Oca, 18 de junio del 2020
GCSV-41-2020-0778
Página 1 de 19

Señora
Wendy Sequeira Rojas
Unidad de Auditoría Técnica Lanamme UCR
Coordinadora

Señor
Alejandro Navas Carro
Lanamme UCR
Director

REFERENCIA: Respuesta al informe preliminar de auditoría técnica externa LM-INF-IC-D-002B-2020: Evaluación de los parámetros de desempeño IRI, FWD y GRIP en la rehabilitación de la Autopista Florencio del Castillo, secciones de control 30110, 30730, y 30740"

Estimados ingenieros:

Con relación al informe citado en la referencia, se procede a aclarar conforme a los hallazgos encontrados:

HALLAZGO 1: SE EVIDENCIARON INCUMPLIMIENTOS, EN TÉRMINOS DE REGULARIDAD SUPERFICIAL, QUE NO FUERON ASUMIDOS EN SU TOTALIDAD POR EL CONTRATISTA

Es muy importante aclarar de primera entrada que en forma reiterada el informe menciona que se está realizando una rehabilitación, lo cual es incorrecto, pues lo que se realizó fue una mejora a nivel funcional

En el aparte 4 del Cartel de la LICITACIÓN PÚBLICA No. 2014LN-000018-0CV00 se indica el objetivo de las rehabilitaciones y dice textualmente que:

El objetivo de las rehabilitaciones es construir bases mejoradas con cemento portland o cemento asfáltico o la adición de materiales vírgenes de base o su conformación y la colocación de una capa asfáltica; la dosificación de los mejoradores ser definida por la Administración, así como el espesor de capa asfáltica a colocar, según los diseños estructurales que se realicen.

Lo cual a todas luces NO es el trabajo que se realizó, si se trata de buscar semejanzas en las intervenciones, la primera etapa de la intervención realizada, y que tiene que ver con la base, es más



Consejo Nacional de Vialidad. 100 metros Este de la Rotonda de Betania, Montes de Oca.
Tel: (506) 2202-5469 Fax: (506) 2225-4254 Apartado Postal 616-2010 San José, Costa Rica
www.conavi.go.cr





GERENCIA DE CONSERVACION DE VIAS Y PUENTES

hannia.rosales@conavi.go.cr

Montes de Oca, 18 de junio del 2020

GCSV-41-2020-0778

Página 2 de 19

próxima a un bacheo, veamos lo que indica cartel de la LICITACIÓN PÚBLICA No. 2014LN-000017-0CV00 MANTENIMIENTO RUTINARIO CON MAQUINARIA ESPECIALIZADA, CONTINGENCIAS Y REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE EVACUACIÓN PLUVIAL DE LA RED VIAL NACIONAL PAVIMENTADA, con respecto el cartel indica al describir el M-41 (A)

M-41 (A): Bacheo con mezcla asfáltica en caliente

a.) Requisitos.

...Las áreas a bachear, deben ser previamente definidas por la Ingeniería de Proyecto en el sitio, para luego ser aserradas con una máquina cortadora de pavimento. Se debe preparar el bache de manera tal que los bordes queden perpendiculares con la superficie y sus aristas paralelas y perpendiculares al eje longitudinal de la vía. Antes de realizar el riego de liga, el bache debe estar totalmente limpio (barrido) y libre de agua. Si una vez que se prepare el bache, retirando el material dañado, el fondo quedase suelto, se deberá compactar la superficie antes de colocar el material de relleno (granular o mezcla asfáltica). Este trabajo se podrá realizar con una plancha vibratoria.

El bache puede incluir la extracción y reposición de únicamente el espesor de la capa asfáltica, tratamiento superficial o sello, o bien la extracción y reposición de la capa asfáltica, base y subbase, según las indicaciones de la Ingeniería de Proyecto. El espesor requerido para bacheo lo define la Ingeniería de Proyecto conforme a cada situación de las áreas a intervenir.

Las cantidades de subbase y base extraídas del pavimento en bacheo deben reponerse con material asfáltico. Si el área es muy grande y el Ingeniero a cargo del Proyecto así lo decide, se puede realizar la sustitución con materiales granulares hasta el nivel de base siempre y cuando dichos materiales granulares puedan colocarse con equipos convencionales para carreteras tales como niveladoras.

Durante el procedimiento de bacheo no se permitirá la interrupción total de la vía, y cuando menos un carril deberá permanecer abierto al tránsito. Todo bache, una vez excavado y cuadrado debe ser relleno con mezcla asfáltica y compactado en el menor tiempo posible para restituir la seguridad del tránsito. No se permite que los baches queden excavados, sin relleno durante la noche.

.....

La operación de colocación y compactación de la mezcla asfáltica se debe ejecutar por capas sucesivas que no deben exceder los diez centímetros de espesor, pero la colocación de mezcla para dejar el bacheo terminado debe concluirse en un mismo día.



Consejo Nacional de Vialidad. 100 metros Este de la Rotonda de Betania, Montes de Oca.

Tel.: (506) 2202-5469 Fax: (506) 2225-4254 Apartado Postal 616-2010 San José, Costa Rica

www.conavi.go.cr





GERENCIA DE CONSERVACION DE VIAS Y PUENTES

hannia.rosales@conavi.go.cr

Montes de Oca, 18 de junio del 2020
GCSV-41-2020-0778
Página 3 de 19

La última capa se debe nivelar y compactar de manera que quede pareja con el pavimento circundante. No se permitirá el bache invertido para compactar con el tránsito.

El acabado superficial del bache debe ser homogéneo, con una textura adecuada, según el criterio de la Ingeniería de Proyecto.

El equipo de compactación debe ser tal que asegure la adecuada compactación de esquinas y orillas.

El Contratista está obligado a garantizar la calidad de los materiales utilizados, por lo que deberá aportar pruebas, certificados de calidad y controles de trabajo como se detallan más adelante.



Fotografía 1: Primera etapa del proyecto, sustitución de losas.

Como se puede ver en la fotografía 1, no se realizó una rehabilitación, que implica una mejora en la base con cemento, a lo largo de toda la ruta; más bien se sustituyeron tramos discontinuos de la ruta, de forma similar a los bacheos realizados en las rutas de pavimento flexible.





GERENCIA DE CONSERVACION DE VIAS Y PUENTES

hannia.rosales@conavi.go.cr

Montes de Oca, 18 de junio del 2020
GCSV-41-2020-0778
Página 4 de 19

Por lo tanto, no es de recibo que se indique que lo realizado fue una rehabilitación y que el comportamiento esperado estructuralmente deba ser más próximo a una rehabilitación, esto llama a confusión de los no involucrados, en el proceso constructivo.

Tampoco es de recibo indicar que, debido a las malas prácticas constructivas, que fueron detectadas en algunas visitas al campo del equipo auditor, y que se generalizaron para todo el proyecto, son las responsables de que el IRI se mantenga en rangos de entre 1,9 y 3,6, remitiendo a la siguiente tabla, que la califica como regular.

Una vez más, no solo induce a error al evaluar el parámetro, pues según la tabla de sobrecapas, todo el proyecto al final, debía tener un IRI mayor o igual a 3,2 para ser de recibo (más adelante se amplía al respecto), sino que además esta tabla, es muchísimo más exigente, que la escala estándar utilizada por el Banco Mundial, para medir el IRI de las carreteras, como se observa en la siguiente figura:

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



Consejo Nacional de Vialidad. 100 metros Este de la Rotonda de Betania, Montes de Oca.
Tel.: (506) 2202-5469 Fax: (506) 2225-4254 Apartado Postal 616-2010 San José, Costa Rica

www.conavi.go.cr

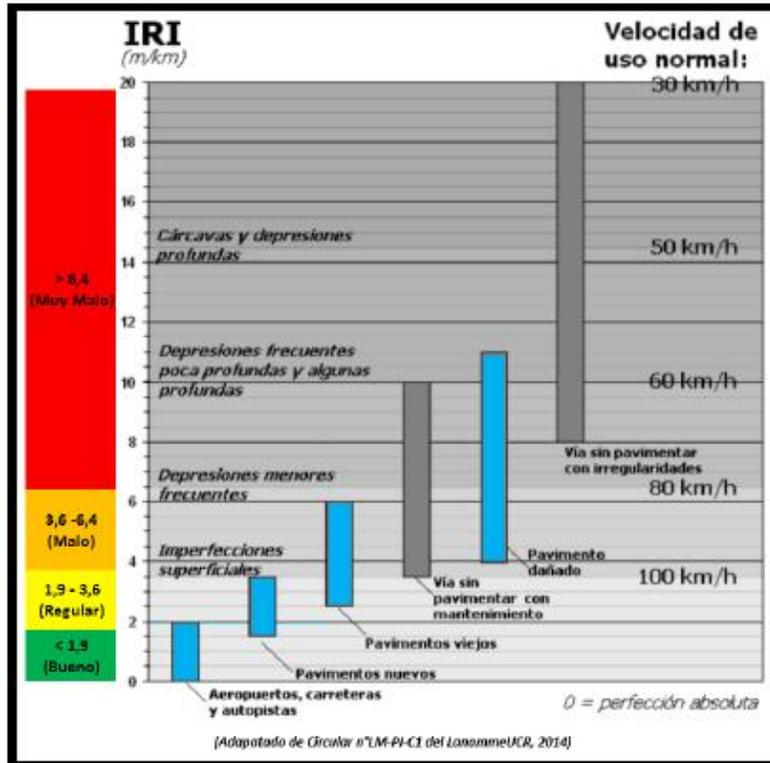




GERENCIA DE CONSERVACION DE VIAS Y PUENTES

hannia.rosales@conavi.go.cr

Montes de Oca, 18 de junio del 2020
GCSV-41-2020-0778
Página 5 de 19



Como se observa, el IRI obtenido, que en la tabla se evalúa como Regular, permite velocidades de hasta 100km/h y están relacionados con pavimentos nuevos y pavimentos viejos con imperfecciones superficiales. Lo que es un resultado muy satisfactorio para el tipo de intervención realizada, que consistió en un mejoramiento.

Ahora bien, en cuanto a los resultados del IRI propiamente dichos, estos son los promedios de los resultados obtenidos:



Consejo Nacional de Vialidad. 100 metros Este de la Rotonda de Betania, Montes de Oca.
Tel.: (506) 2202-5469 Fax: (506) 2225-4254 Apartado Postal 616-2010 San José, Costa Rica

www.conavi.go.cr





GERENCIA DE CONSERVACION DE VIAS Y PUENTES

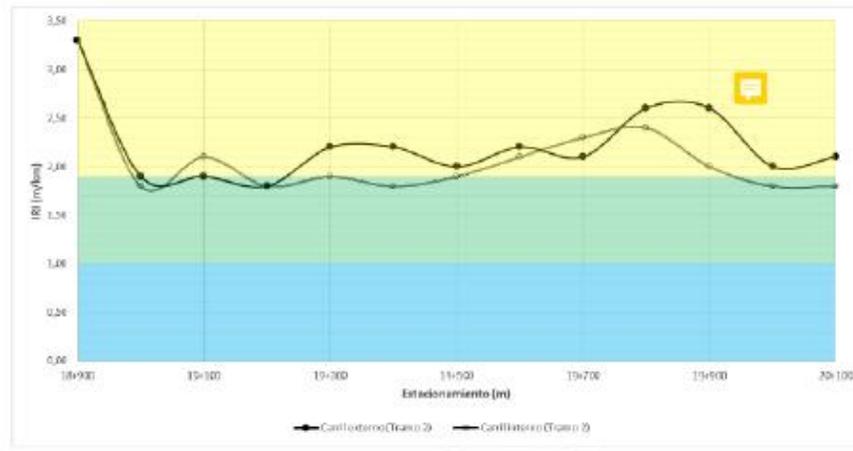
hannia.rosales@conavi.go.cr

Montes de Oca, 18 de junio del 2020
GCSV-41-2020-0778
Página 6 de 19

	IRI inicial	IRI final	% mejora
Tramo 1 Carril externo	5,4	2,5	216%
Tramo 1 Carril interno	4,7	2,4	196%
Tramo 2 Carril externo	5,1	2,2	232%
Tramo 2 Carril interno	4,8	2,0	240%
Tramo 3 Carril externo	5,8	2,9	200%
Tramo 3 Carril interno	5,4	3,0	180%
Promedio			211%

Son resultados muy buenos; al ver la siguiente figura, extraída del informe preliminar, se ratifica los excelentes resultados obtenidos en el tramo 2, también obtenidos por el equipo auditor.

Tramo 2: Sección de control 30730



Los valores que sobrepasaron el 3,2 m/KM se castigaron en tanto se hubiese construido conforme a una propuesta de intervención presentada por la empresa, constituyéndose un compromiso de cumplimiento. En el tramo 3, de momento, no se ha podido hacer el rebajo, por cuanto, la Administración decidió colocar solo 6cm de espesor de MAC como prenivelación, en virtud del "sobrediseño" que se indicó por parte de la Gerencia de Contratación; por este motivo, la empresa alega que, estas circunstancias, no permiten garantizar el cumplimiento del IRI, por el reflejo de las irregularidades de los trabajos previos.

Por otro lado, en el análisis, observaron algunos errores en las tablas en cuanto a cumplimientos



Consejo Nacional de Vialidad. 100 metros Este de la Rotonda de Betania, Montes de Oca.
Tel: (506) 2202-5469 Fax: (506) 2225-4254 Apartado Postal 616-2010 San José, Costa Rica

www.conavi.go.cr





GERENCIA DE
CONSERVACION DE VIAS Y PUENTES

hannia.rosales@conavi.go.cr

Montes de Oca, 18 de junio del 2020
GCSV-41-2020-0778
Página 7 de 19

Tabla 10. Cumplimiento de la especificación en el carril externo del tramo 3

Est. Inicial	MRI Inicial CACISA	MRI final CACISA	MRI final LanammeUCR	Cumplimiento CACISA	Cumplimiento LanammeUCR
0+000	2,7	3,7	4,3	NO	NO
0+100	7,8	2,3	2,3	SI	SI
0+200	5,3	2,7	2,0	SI	SI
0+300	5,1	2,7	2,7	SI	SI
0+400	6,1	2,6	2,0	SI	SI
0+500	5,0	2,7	2,0	SI	SI
0+600	4,6	2,0	2,0	SI	SI
0+700	6,9	3,3	3,4	SI	NO
0+800	6,0	2,7	2,6	SI	SI
0+900	7,3	2,0	2,0	SI	SI
1+000	6,7	2,7	2,7	SI	SI
1+100	6,0	2,6	2,7	SI	SI
1+200	6,6	3,3	3,3	SI	SI
1+300	6,4	3,1	3,3	SI	SI
1+400	6,0	3,0	3,0	SI	SI
1+500	6,2	3,2	3,1	SI	SI
Porcentaje de cumplimiento				94%	88%

Fuente: CACISA y LanammeUCR, 2019.

Nota: Los estacionamientos mostrados se toman como referencia de las mediciones realizadas por CACISA.

Tabla 11. Cumplimiento de la especificación en el carril interno del tramo 3

Est. Inicial	MRI Inicial CACISA	MRI final CACISA	MRI final LanammeUCR	Cumplimiento CACISA	Cumplimiento LanammeUCR
0+000	6,6	4,0	3,7	NO	NO
0+100	3,9	2,5	2,4	SI	SI
0+200	5,4	2,9	3,3	SI	NO
0+300	4,4	3,2	3,2	SI	SI
0+400	4,0	2,4	2,6	SI	SI
0+500	4,8	3,0	3,0	SI	SI
0+600	3,9	2,4	2,6	SI	SI
0+700	5,7	3,2	3,0	SI	NO
0+800	4,3	2,7	2,7	SI	SI
0+900	5,4	2,0	2,0	SI	SI
1+000	6,3	3,2	3,3	SI	NO
1+100	6,0	2,0	2,0	SI	SI
1+200	7,5	3,0	3,0	SI	NO
1+300	7,0	3,0	2,0	SI	SI
1+400	6,5	3,2	3,6	SI	NO

Estos resultados alteran los promedios obtenidos que, por otro lado, no son representativos, pues son muy pocos datos y un solo dato diferente, representa una diferencia porcentual que una vez más, puede prestarse a confusión, por ejemplo, en la siguiente tabla, se ve que un solo dato diferente, arroja una diferencia porcentual del 8%



Consejo Nacional de Vialidad. 100 metros Este de la Rotonda de Betania, Montes de Oca.
Tel.: (506) 2202-5469 Fax: (506) 2225-4254 Apartado Postal 616-2010 San José, Costa Rica

www.conavi.go.cr





GERENCIA DE
CONSERVACION DE VIAS Y PUENTES

hannia.rosales@conavi.go.cr

Montes de Oca, 18 de junio del 2020
GCSV-41-2020-0778
Página 8 de 19

Tabla 9. Cumplimiento de la especificación en el carril interno del tramo 2

Est. Inicial	MRI inicial CACISA	MRI final CACISA	MRI final LanammeUCR	Cumplimiento CACISA	Cumplimiento LanammeUCR
19+500	5,3	2,2	3,3	SI	NO
19+880	4,6	1,8	1,8	SI	SI
19+780	4,0	2,0	2,1	SI	SI
19+880	5,1	2,2	1,8	SI	SI
19+980	3,0	1,8	1,0	SI	SI
20+080	4,6	1,0	1,8	SI	SI
20+160	5,1	1,8	1,8	SI	SI
20+260	5,8	2,2	2,1	SI	SI
20+360	5,7	2,4	2,3	SI	SI
20+400	5,0	2,5	2,4	SI	SI
20+500	3,3	1,7	2,0	SI	SI
20+600	5,0	1,8	1,8	SI	SI
Porcentaje de cumplimiento				100%	92%

OBSERVACIÓN 2: CON BASE EN UN ANÁLISIS DE DEFLECTOMETRÍA, SE EVIDENCIÓ QUE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL DEL PROYECTO ES DEFICIENTE.

Con respecto al análisis que realiza el equipo auditor de LanammeUCR en el cual se refieren a deficiencias en las capas de la estructura de pavimento intervenidas, nos permitimos indicar lo siguiente con respecto a los análisis utilizados para obtener dichos resultados.

Los parámetros BLI, MLI y LLI representan buenos parámetros de salida para determinar alternativas de intervención cuando las condiciones de la estructura de pavimento se conocen adecuadamente, esto según información especializada como lo son los documentos:

- Análisis de índices derivados de pruebas de deflexión por impacto para evaluación de pavimentos, memorias XXVI Reunión Nacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica, noviembre 14 a 16, 2012 – Cancún, Quintana Roo
- Parámetros de análisis Estructural de pavimentos en Costa Rica, LM-PI-UMP-083-R1, LanammeUCR, octubre, 2018.



Consejo Nacional de Vialidad. 100 metros Este de la Rotonda de Betania, Montes de Oca.
Tel: (506) 2202-5469 Fax: (506) 2225-4254 Apartado Postal 616-2010 San José, Costa Rica

www.conavi.go.cr





GERENCIA DE CONSERVACION DE VIAS Y PUENTES

hannia.rosales@conavi.go.cr

Montes de Oca, 18 de junio del 2020
GCSV-41-2020-0778
Página 9 de 19

- Using Falling Weight Deflectometer Data with Mechanistic-Empirical Design and Analysis, Volume III: Guidelines for Deflection Testing, Analysis, and Interpretation, PUBLICATION NO. FHWA-HRT-16-011, diciembre 2017.

Para la evaluación de una estructura de pavimento se debe de tener certeza de las condiciones físico – mecánicas de las capas a evaluar, espesores, condiciones de presión de poro de las capas, así como de la sub-rasante.

También se debe de tener certeza de los factores de conversión de los datos arrojados por el equipo utilizado y la interpretación de los mismos dado que como se puede deducir con los pocos datos presentados en el informe de referencia puede existir un error en la conversión e interpretación de los datos arrojados por el equipo.

Según documentación de consulta, los datos utilizados para la interpretación de estos parámetros pueden ser afectados por condiciones las cuales no son atribuibles a las capas utilizadas para la construcción del pavimento.

“3.1 Deflexión máxima ($D_{m\acute{a}x}$)

La deflexión registrada en el sensor ubicado en el sitio de aplicación de la carga corresponde al valor de $D_{m\acute{a}x}$; describe cómo se comporta globalmente el pavimento ante una carga, pero no necesariamente refleja la resistencia individual de alguna de las capas. Bajo el mismo nivel de carga, los sistemas de pavimento débiles tendrán mayor $D_{m\acute{a}x}$ que aquellos sistemas fuertes.

Con base en casos de estudio, Chen y Scullion (2008) reportan que valores de $D_{m\acute{a}x}$ superiores a 0.75 mm representan pavimentos débiles que poseen estructuras delgadas, deterioros o capas granulares expuestas a humedad.

En el ámbito local Gómez et al (2007) y Zárate y Lucero (2009), reportan que valores superiores 0.7 mm son indicadores de una posible deficiencia estructural, atribuida principalmente a subrasantes débiles.”

Fuente: XXVI Reunión Nacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica,
(lo subrayado no es del original)

Como se puede apreciar del párrafo tomado de referencia existen estudios los cuales demuestran que los valores de la deformada D_0 o $D_{m\acute{a}x}$ son susceptibles a variaciones



Consejo Nacional de Vialidad. 100 metros Este de la Rotonda de Betania, Montes de Oca.
Tel.: (506) 2202-5469 Fax: (506) 2225-4254 Apartado Postal 616-2010 San José, Costa Rica

www.conavi.go.cr





GERENCIA DE CONSERVACION DE VIAS Y PUENTES

hannia.rosales@conavi.go.cr

Montes de Oca, 18 de junio del 2020
GCSV-41-2020-0778
Página 10 de 19

importantes cuando existen presencia de suelos blando, condición que todos sabemos existen en la zona en cuestión.

"3.1.3 Análisis mediante BLI, MLI y LLI

Los parámetros BLI, MLI y LLI permiten la visualización de la capacidad estructural presentada en la parte superior, medio e inferior respectivamente del pavimento evaluado. El parámetro BLI (SCI) es el altamente sensible a las propiedades de la capa de mezcla asfáltica, mientras que es mucho menos sensible a las propiedades de la capa base. El parámetro MLI (BDI) presenta una elevada sensibilidad a las propiedades de la capa base, mientras que el parámetro LLI (BCI) presenta alguna sensibilidad a la capa base y subbase y una elevada sensibilidad a la capa subrasante (Xu, et.al., 2002).

En la Figura 11 se presenta la evolución del parámetro BLI a medida que es aplicada la carga de las llantas a través del tiempo. En el estado seco se puede apreciar la gran diferencia en rigidez al aumentar el espesor de la capa de mezcla asfáltica en la estructura que utiliza material granular como capa de base, este mismo comportamiento se evidencia al incluir el agua a nivel freático en el sistema (estado húmedo), lo cual sugiere un aumento en la rigidez aparente de la estructura con humedad, el deterioro para este tipo de pavimentos ocurre en las capas inferiores de forma acelerada, presumiblemente debido a la presión de poro.

Por otro lado, en estado seco los tramos de pavimento que poseen base estabilizada con cemento tienen comportamientos similares. En estado húmedo se nota un gran desmejoramiento en la rigidez en comparación con el estado seco, lo que sugiere que el aumento de humedad afecta notablemente la capacidad estructural en las capas superiores de este tipo de pavimentos.

Fuente: Parámetros de análisis estructural de pavimentos en Costa Rica,
LanammeUCR, (lo subrayado no es del original)

Según la misma indicación de LanammeUCR, el parámetro de humedad afecta significativamente en los datos obtenidos de las pruebas de deflectometría, una condición que no es consecuencia de las capas superficiales del pavimento, es consecuencia de la zonas o zonas donde se ubica el proyecto, de las fechas donde se realicen los ensayos y de las obras de drenaje de la ruta.



Consejo Nacional de Vialidad. 100 metros Este de la Rotonda de Betania, Montes de Oca.
Tel: (506) 2202-5469 Fax: (506) 2225-4254 Apartado Postal 616-2010 San José, Costa Rica
www.conavi.go.cr





GERENCIA DE CONSERVACION DE VIAS Y PUENTES

hannia.rosales@conavi.go.cr

Montes de Oca, 18 de junio del 2020
GCSV-41-2020-0778
Página 11 de 19

"Según Ceylan et al. (2007) los programas de multicapa elástica asumen condiciones lineales elásticas, mientras los materiales de la estructura de pavimentos no siguen el comportamiento de esfuerzo deformación lineal, de hecho, los materiales granulares tiene una respuesta no lineal sensible al esfuerzo al que se encuentran sometidos. Se ha establecido que los materiales granulares gruesos muestran aumento de modulo bajo esfuerzo mayores ("Stress Hardening") y los materiales granulares finos presentan una disminución en el módulo bajo el aumento del esfuerzo ("Stress Softening"). Por este motivo cuando estos materiales se utilizan en las estructuras de pavimento, el módulo deja de ser una constante del material y pasa a ser una propiedad función del esfuerzo (Ceylan et al. 2007).

Debido a lo expuesto anteriormente, es importante notar que de acuerdo con Irwin (2002) aunque se logre un ajuste bueno entre las deflexiones, medidas y retrocalculadas, no implica necesariamente que los resultados sean confiables. Irwin considera que para sobrepasar los problemas y comprobar la validez de los resultados es necesario poseer un conocimiento profundo y avanzado de los materiales de pavimentos. Además, es importante conocer a fondo los supuestos, limitaciones y teoría detrás del método o software utilizado.

Es debido a estas razones que se considera que el módulo de las capas estructurales del pavimento obtenidas mediante el retrocálculo, están limitadas por las condiciones específicas del ensayo y pueden llegar a representar únicamente una fotografía de estas. Además, debido a que el método de solución es de prueba y error, puede ser dependiente de los módulos semilla que se introduzcan, obteniendo mínimos locales en la ecuación objetiva, sesgada por el comportamiento que se espera del material, sin considerar el nivel de esfuerzo y deterioro del pavimento analizado.

Fuente: Parámetros de análisis estructural de pavimentos en Costa Rica,
LanammeUCR, (lo subrayado no es del original)

En la ruta bajo cuestionamiento existen condiciones las cuales pueden incurrir a una interpretación no acertada de las condiciones de la misma, así como lo indica el extracto anteriormente mostrado. De esa forma dando como resultado una realidad sesgada de la condición actual de la misma. Es de todos sabido que los espesores de la estructura de



Consejo Nacional de Vialidad. 100 metros Este de la Rotonda de Betania, Montes de Oca.
Tel.: (506) 2202-5469 Fax: (506) 2225-4254 Apartado Postal 616-2010 San José, Costa Rica

www.conavi.go.cr





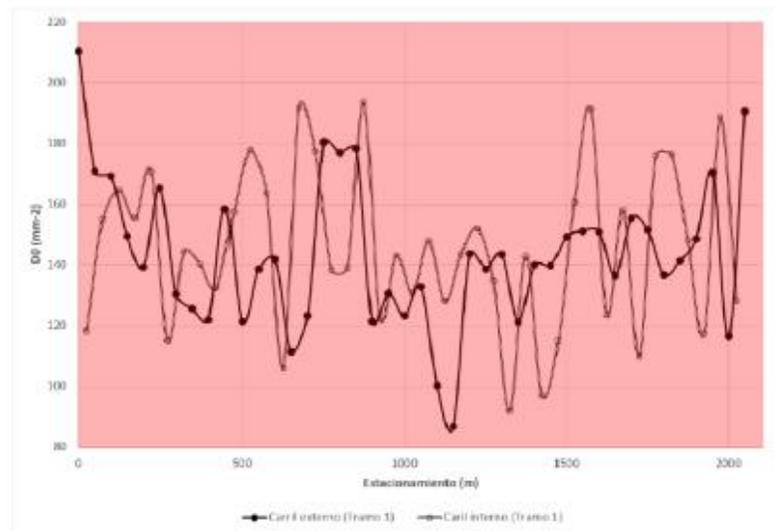
GERENCIA DE CONSERVACION DE VIAS Y PUENTES

hannia.rosales@conavi.go.cr

Montes de Oca, 18 de junio del 2020
GCSV-41-2020-0778
Página 12 de 19

pavimento, así como de los módulos y propiedades de estos son muy variables a lo largo de la intervención.

En cuanto a los resultados mostrados de deflectometría, no son de recibo. Es muy difícil que, con los espesores de capa colocados, las deflexiones den tan altas. No se detalla si se hizo corrección por temperatura y si se hizo, con qué factores, puesto que no se explica tampoco en qué literatura hay un factor de corrección para un espesor de capa tan alto. Hay que considerar el espesor de la capa superior más el de la capa de base, que consistió en rellenar la losa removida con MAC. Ver figura siguiente extraída del informe preliminar.



Conclusiones y recomendaciones:

Dado lo expuesto anteriormente se puede observar que existen condiciones externas las cuales afectan definitivamente los datos obtenidos por medio del deflectómetro de impacto y los cuales fueron utilizados para la evaluación de los trabajos realizados en la ruta bajo cuestionamiento.

Dicho sesgo en lugar de ayudar a dilucidar una situación puede inducir al error al o las personas que no tienen un conocimiento adecuado de dicha metodología y sobre todo



Consejo Nacional de Vialidad. 100 metros Este de la Rotonda de Betania, Montes de Oca.
Tel: (506) 2202-5469 Fax: (506) 2225-4254 Apartado Postal 616-2010 San José, Costa Rica

www.conavi.go.cr





GERENCIA DE CONSERVACION DE VIAS Y PUENTES

hannia.rosales@conavi.go.cr

Montes de Oca, 18 de junio del 2020
GCSV-41-2020-0778
Página 13 de 19

inducir al error al indicar que los trabajos realizados no cumplen con las condiciones adecuadas.

También es sumamente importante dejar claro que los contratos de conservación vial, no obedecen a criterios los cuales no han sido probados en la realidad nacional, si bien es cierto los parámetros aquí desarrollados por el equipo auditor de LanammeUCR están basado en la técnica son parámetros que no están "tropicalizados" para las condiciones de Costa Rica y mucho menos normados o tomados en cuenta en alguna documentación nacional como es el Cartel de Licitación o el CR-2010.

Se recomienda al equipo auditor realizar los respectivos estudios basados en las condiciones nacionales sobre los tipos de materiales utilizados, condiciones de capas y subrantes, cargas de las rutas, etc para poder contar en un futuro con parámetros de evaluación acordes y con bases técnicas nacionales para su utilización no solo por ellos si no por las entidades o empresas desarrolladoras de este tipo de proyectos.

OBSERVACIÓN 3: CON BASE EN UN ANÁLISIS DE GRIPNUMBER, SE EVIDENCIÓ QUE EN ALGUNOS SECTORES LA CONDICIÓN DE FRICCIÓN SUPERFICIAL DEL PROYECTO ES REGULAR.

El fenómeno de fricción debe analizarse con sumo cuidado, por su carácter estacional. Para que una medida de fricción con un equipo como el grip tester sea válida, hay que hacerla unas 4 veces al año, para ponderar si es cierto o no que una superficie es deslizante. Esto quedó claro en el proyecto de graduación de la Ingeniera Mayra Morales, en 2015.

Dicho lo anterior, mencionar que, en la realización de las pruebas de campo para medir el parámetro de fricción de un pavimento, los expertos en el tema coinciden en que se deben de considerar los siguientes aspectos, esto para dar una evaluación precisa de lo que pueda suceder en una superficie asfáltica.

Es sabido de la literatura internacional, que

1. Efecto de la Temperatura

Para estimar el efecto de la temperatura se realizan mediciones sistemáticas con el equipo disponible. Las medidas se realizan abarcando un periodo de tiempo de 10 horas con



Consejo Nacional de Vialidad. 100 metros Este de la Rotonda de Betania, Montes de Oca.
Tel: (506) 2202-5469 Fax: (506) 2225-4254 Apartado Postal 616-2010 San José, Costa Rica

www.conavi.go.cr





GERENCIA DE CONSERVACION DE VIAS Y PUENTES

hannia.rosales@conavi.go.cr

Montes de Oca, 18 de junio del 2020
GCSV-41-2020-0778
Página 14 de 19

mediciones cada 30 minutos por cada ciclo de medición, considerando así los periodos normales de variación térmica. De este modo, se abarcarán temperaturas ambientales entre los 15°C y hasta los 40°C. Con estos datos se construyen los modelos de variación de temperatura del pavimento y ambiental, y su respectiva correlación con las mediciones de resistencia al deslizamiento en una ruta dada.

Esto se realiza dado que la temperatura de medida, hace que la resistencia al deslizamiento sea inferior en verano que en invierno. Pero el que tiene mayor influencia es el pulimento del pavimento durante periodos prolongados de humedad y sequedad. En los periodos secos, el pulimento del agregado es más elevado, al actuar sobre la superficie mayor número de partículas de polvo finísimas que se comportan como un abrasivo, bajo la acción de las cargas de los vehículos pesados. Otro son las variaciones estacionales; el valor de resistencia al deslizamiento presenta variaciones por temperatura y sequedad (siempre que la intensidad del tránsito sea constante). Las fluctuaciones interanuales dependen de las variaciones de humedad de un año a otro.

2. Efecto de la velocidad

Para estudiar este efecto se realizan mediciones en diferentes tipos de superficies a diferentes tipos de velocidades. A partir de ellas se realizan análisis de conglomerados para interactivamente identificar el grado de oscilación alrededor de la velocidad estandarizada de ensayo que no altere significativamente las mediciones al deslizamiento.

3. Experimento de armonización

Dado que a nivel mundial y como es de conocimiento general existen variados aparatos para medir el grado de fricción de un pavimento, por lo tanto, el experimento de armonización se define como la acción de poner en relación de igualdad dos o más equipos que miden resistencia al deslizamiento mediante principios de funcionamiento distintos, minimizando las diferencias entre mediciones.

Aspectos constructivos y el nivel de fricción de una carpeta asfáltica

Cada tipo de pavimento tiene un valor natural de textura. El valor natural corresponde al pavimento recién ejecutado y está asociado con el tipo de capa que se trate, con el tamaño y origen de los áridos empleados y con el procedimiento de fabricación y extendido.

Con el tiempo a consecuencia del desgaste del pavimento por los vehículos la textura va modificando su valor inicial de la siguiente forma.



Consejo Nacional de Vialidad. 100 metros Este de la Rotonda de Betania, Montes de Oca.
Tel: (506) 2202-5469 Fax: (506) 2225-4254 Apartado Postal 616-2010 San José, Costa Rica
www.conavi.go.cr





GERENCIA DE CONSERVACION DE VIAS Y PUENTES

hannia.rosales@conavi.go.cr

Montes de Oca, 18 de junio del 2020
GCSV-41-2020-0778
Página 15 de 19

En un pavimento nuevo, una vez que se ha eliminado la película superficial de asfalto, el valor de resistencia al deslizamiento desciende rápidamente en los primeros meses de servicio tendiendo a fluctuar a lo largo de los años alrededor de un valor prácticamente constante, y con variaciones estacionales por temperatura y sequedad (Figura 1). En esta etapa se llega a la fase de pulido o equilibrio; algunos investigadores asumen que la fase de pulido del pavimento ocurre después de 1 millón de ejes equivalentes de vehículos pesados o después de dos años de servicio, lo que ocurra primero; y la caída típica entre los valores de fricción inicial y de equilibrio de resistencia al deslizamiento es de aproximadamente 40%.

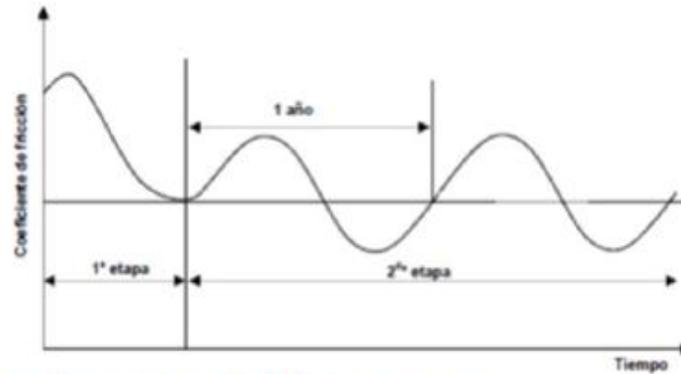


Figura #1. Variación del coeficiente de fricción vrs tiempo

El valor final al que tiende el coeficiente de fricción es función tanto del valor de pulido del agregado como del tránsito de vehículos pesados en la carretera (mayor coeficiente de fricción para valores de pulido más elevados, y menor valor de pulido para intensidades de tránsito pesado elevados). Esto hace que no se pueda pretender tener en las carreteras en servicio, un coeficiente de fricción tan alto como al principio de su vida; y que, por tanto, en ellas no sean aplicables los valores mínimos establecidos para pavimentos nuevos.

Con respecto a la ruta en cuestionamiento para el año 2019 contaba con un TPD de 55 709 vehículos diarios de los cuales el 12,95% corresponden a vehículos pesados, que para el 1er año de servicio esto equivale a 1 357 556,6 ejes equivalentes.

En cuanto a los resultados arrojados, se debiera aceptar como bueno valores mayores a 0,5; que es el concepto detrás del ensayo de coeficiente de pulido acelerado de agregados y que está especificado con un valor mínimo de 0,5 o 50 (al multiplicar por 100)





GERENCIA DE CONSERVACION DE VIAS Y PUENTES

hannia.rosales@conavi.go.cr

Montes de Oca, 18 de junio del 2020
GCSV-41-2020-0778
Página 16 de 19

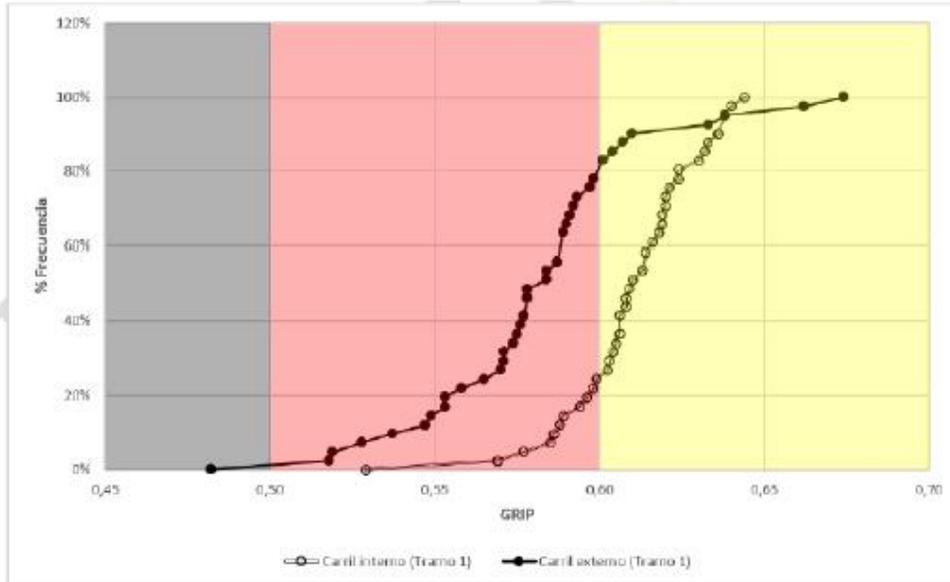


Figura 34. Gráfico de frecuencias acumuladas para los valores de GRIP en el tramo 1.

Conclusiones:

Basados en la investigación documental que se realizó, para la determinación y posterior criterio con respecto a la calidad de una superficie de ruedo por medio de la utilización de cualquier aparato de medición de índice de fricción, se hace necesario una serie de pasos y parámetros los cuales el informe de Lanamme UCR no presenta para su interpretación por parte de otros profesionales.

Como se pudo constatar en la documentación consultada, el porcentaje en la pérdida de fricción en una superficie de ruedo es un fenómeno usual investigado y documentado a nivel mundial, el cual puede obedecer a diversos fenómenos y no específicamente a un problema de la carpeta asfáltica.

Fundamentados en la documentación consultada se puede determinar que el nivel de cargas vehiculares en dicha vía al día de hoy, puede ser el disparador de una condición de baja fricción, además de las condiciones climatológicas y de temporada al realizar las mediciones.





GERENCIA DE CONSERVACION DE VIAS Y PUENTES

hannia.rosales@conavi.go.cr

Montes de Oca, 18 de junio del 2020
GCSV-41-2020-0778
Página 17 de 19

El criterio utilizado por el Lanamme UCR para la interpretación de los datos de campo, no corresponde a una normativa nacional vigente, orientada a las condiciones, agregados y niveles de servicio de las vías costarricenses, por lo cual su utilización se debería hacer a modo de referencia hasta no estandarizar para Costa Rica una propia.

Como se pudo constatar en la investigación realizada para elaborar esta respuesta, existen diversos parámetros de comparación del Índice de Fricción Internacional, los cuales varían con respecto a los aparatos utilizados. Se recomienda al equipo auditor antes de interpretar dicha condición de carretera realice más estudios sobre los parámetros arrojados por otros equipos y de esa forma tener un panorama amplio y comparable sobre criterios utilizados en otros contratos de obras ejecutados a nivel nacional.

Para los hallazgos 2 y 3, hay dudas razonables, debido a que no están claramente soportados los ensayos y no queda clara tampoco la calidad de los datos, antes de realizar los análisis, en algunos casos no pareciera guardar proporciones, desde el punto de vista de la ingeniería.

De forma adicional, mencionar que el proyecto no representa el 10,8% del contrato de la contratación utilizada, sino que 4, 69%, de momento, pues este monto disminuiría, una vez autorizada la ampliación a cantidades máximas, que está en trámite.

Finalmente, indicar que:

- La etapa inicial del proyecto, el saneo de losas, no requiere diseño de pavimento, puesto que no hay una metodología para un diseño de "bacheo", por lo que no era posible empezar con un diseño.
- No existe un sobrediseño, por cuanto esta consideración sale de analizar los sectores más robustos, dejando de lado, los de menor capacidad.
- En ningún caso los espesores colocados, superan los aprobados por la Administración, en el segundo tramo, el sobreespesor no se reconoció y la mezcla adicional que calculó el equipo auditor en el anterior informe, no contempló accesos y rampas que se atendieron, asimismo, consideró anchos de ruta que no eran correctos, lo mencionado se resume en el siguiente cuadro y esquemas:



Consejo Nacional de Vialidad. 100 metros Este de la Rotonda de Betania, Montes de Oca.
Tel.: (506) 2202-5469 Fax: (506) 2225-4254 Apartado Postal 616-2010 San José, Costa Rica

www.conavi.go.cr





GERENCIA DE CONSERVACION DE VIAS Y PUENTES

hannia.rosales@conavi.go.cr

Montes de Oca, 18 de junio del 2020
GCSV-41-2020-0778
Página 18 de 19

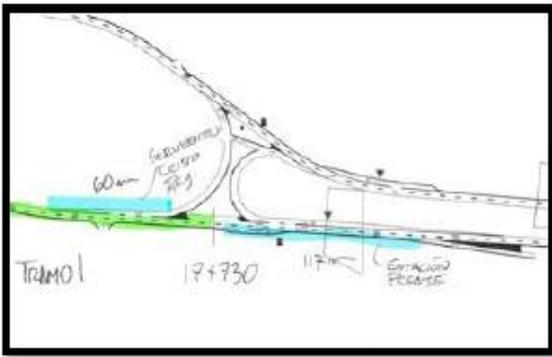
Sobre Ancho								
Estacionamiento de la Ruta	Estacionamiento de la Carpeta	Ancho	Largo	Espesor	Densidad Promedio	Toneladas	Descripción	
0+796	1+988	0.30	117.00		0.067	2.42	#62.79	
(*) a ancho total de la cabada de la ruta 0.54 como promedio de anecho y se utilizó el resultado para dar el sobre ancho								Sobre Ancho antes de la Estación de Pasaje 1'
						Sub Total	62.79	Ton pagadas en sobre anchos incluídas en el tramo 2
Tramo 2								
Estacionamiento de la Ruta	Estacionamiento de la Carpeta	Ancho	Largo	Medición	Ancho m	Metros		
0+798	0+808	1			0.31			
0+808	0+808	2			0.30			
0+808	1+000	3			0.30			
1+000	1+320	4			0.40			
						Promedio	0.39	
Sobre Ancho								
Estacionamiento de la Ruta	Estacionamiento de la Carpeta	Ancho	Largo	Espesor	Densidad Promedio	Toneladas	Descripción	
0+800	0+808	3.00	235.00		0.068	2.42	76.08	
						Total	138.87	Ton pagadas en sobre anchos incluídas en el tramo 2

Mediciones de acuerdo al Lanamme

Largo	117.00 m
Ancho	7.30 m
Área	852.1 m ²
Espesor	0.36 m
Ton Teóricas	#67.76 Ton
Resultados pagados	
Total	Ton Costo unit.
#101.00 102.00	\$18 733.20
#81.00 102.04	\$16 733.20
Ton Pagadas	298.00
Diferencia	443.29

Mediciones reales en sitio

Largo	330 m
Ancho	0.6 m
Área	198.0 m ²
Espesor estimado	0.067 m
Ton Teóricas medidas	#14.17 Ton
Ton medidas reales incluyendo sobre anchos	298.00 Ton
Resultados pagados	
Total	Ton Costo unit.
#101.00 102.00	\$18 733.20
#101.00 102.04	\$16 733.20
Ton reales	298.00
Diferencia	0.00



Consejo Nacional de Vialidad. 100 metros Este de la Rotonda de Betania, Montes de Oca.
Tel.: (506) 2202-5469 Fax: (506) 2225-4254 Apartado Postal 616-2010 San José, Costa Rica
www.conavi.go.cr

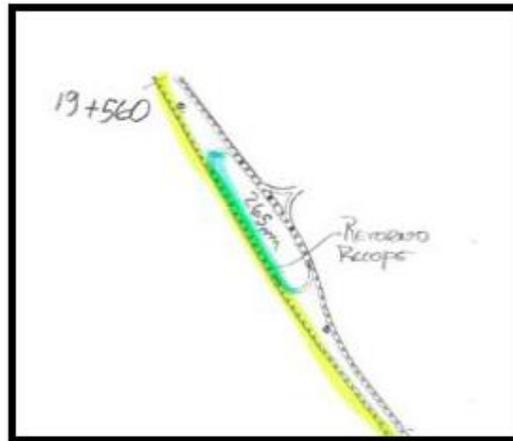




GERENCIA DE CONSERVACION DE VIAS Y PUENTES

hannia.rosales@conavi.go.cr

Montes de Oca, 18 de junio del 2020
GCSV-41-2020-0778
Página 19 de 19



- La verificación se incorporó al proyecto a la brevedad y el factor de pago de la mezcla a lo largo de todo el proyecto fue 1, recordemos que esto considera no solo la producción, sino también la colocación.

Quedamos en la mejor disposición de aclarar cualquier detalle adicional, sin otro particular,

Firmado digitalmente por HANNIA
PATRICIA ROSALES HERNANDEZ (FIRMA)
Fecha: 2020.06.19 23:52:08 -06'00'

Ing. Hannia Rosales Hernández
Directora de la Región Central
Gerencia de Conservación de Vías y Puentes
CONAVI

c. Ing Mario Rodríguez Director Ejecutivo
Ing. Edgar Meléndez Gerente de Conservación de Vías y Puentes
Archivo/Copia



Consejo Nacional de Vialidad. 100 metros Este de la Rotonda de Betania, Montes de Oca.
Tel: (506) 2202-5469 Fax: (506) 2225-4254 Apartado Postal 616-2010 San José, Costa Rica
www.conavi.go.cr

