



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

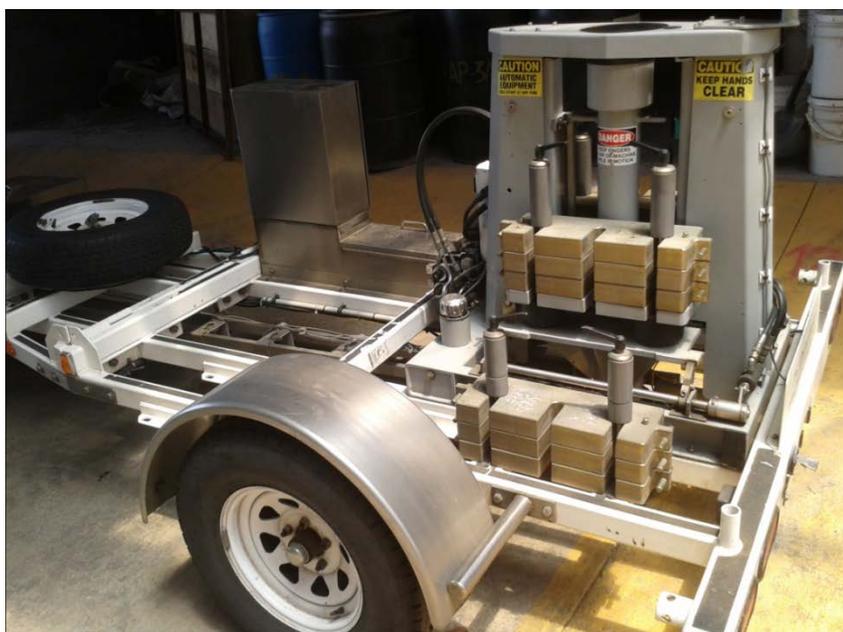


LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Informe en versión final: LM-PI-AT-029-17

Evaluación de parámetros de desempeño (IRI, FWD) en proyectos de rehabilitación de la Red Vial Nacional ejecutados mediante la Licitación Pública 2009LN-000003-CV



Preparado por:

**Unidad de Auditoría Técnica
LanammeUCR**



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

San José, Costa Rica
Junio, 2017

1. Informe Informe en versión final de Auditoría Técnica: LM-PI-AT-029-17	2. Copia No. 1	
3. Título y subtítulo: Evaluación de parámetros de desempeño (IRI,FWD) en proyectos de rehabilitación de la Red Vial Nacional ejecutados mediante la Licitación Pública 2009LN-000003-CV	4. Fecha del Informe Junio, 2017	
7. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
8. Notas complementarias N/A		
9. Resumen <p><i>El presente informe muestra una evaluación de seis proyectos de rehabilitación ejecutados bajo el marco de la licitación pública No. 2009LN-000003-CV, en términos de capacidad funcional y estructural, mediante ensayos de deflectometría (FWD) e índice de regularidad (IRI), realizados en los años 2013 y 2016.</i></p> <p><i>Se observó que la condición funcional de los proyectos analizados se mantuvo constante entre los años 2013 y 2016; sin embargo, las condiciones de regularidad observadas no son buenas, ya que el acabado de regularidad superficial que se le dio a estos proyectos fue deficiente desde un principio.</i></p> <p><i>Por otra parte, en cuanto a la capacidad estructural de los proyectos, se observó que estas obras presentaron un buen desempeño y esta condición se mantuvo constante entre los periodos de estudio.</i></p> <p><i>Se considera que el buen desempeño estructural asociado a estos proyectos de rehabilitación permitió que su capacidad funcional (IRI) se mantuviese constante, ya que la buena capacidad estructural es un aspecto que define la tasa con la cual un pavimento se deteriora en el tiempo.</i></p> <p><i>A partir del desempeño observado en términos de regularidad y capacidad estructural, se considera un aspecto positivo que la Administración haya implementado, en el cartel de licitación pública 2014LN-000018-0CV00, criterios IRI como una medida de aceptación y control de calidad de rehabilitaciones y sobrecapas asfálticas.</i></p> <p><i>Finalmente, se recomienda a la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, considerar la implementación de otros parámetros de desempeño como factor de pago. Por ejemplo, criterios que reflejen la capacidad estructural del pavimento, como un análisis de deflectometría de impacto, con el propósito de asegurar que la inversión en mantenimiento de la infraestructura vial de país sea efectiva.</i></p>		
10. Palabras clave: IRI – FWD – Desempeño – Conservación Vial	11. Nivel de seguridad: Ninguno	12. Núm. de páginas 42



INFORME EN VERSIÓN FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA

LM-PI-AT-029-17 "Evaluación parámetros de desempeño (IRI, FWD) en proyectos de rehabilitación de la Red Vial Nacional ejecutados mediante la Licitación Pública 2009LN-000003-CV".

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

Laboratorio de verificación de calidad: Vieto y Asociados, CACISA.

Empresas contratistas: Constructora Hernán Solís

Laboratorio de control de calidad: LGC Ingeniería de pavimentos

Proyectos: Rehabilitaciones: Zona 2-2: Ruta Nacional 6, "Río Tenorio - Cañas"; Zona 2-4: Ruta Nacional 21 "Nicoya - Pueblo Viejo", "Pueblo Viejo-Río Morote", Zona 2-3: Ruta Nacional 21 "Santa. Cruz-Veintisiete de Abril", Zona 4-2: Ruta Nacional 237 "Paso Real-San Vito", " San Vito -Agua Buena".

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

Ing. Luís Guillermo Loría Salazar, PhD.

Coordinadora de la Unidad de Auditoría Técnica PITRA-LanammeUCR:

Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc.

Audidores:

Auditor Técnico Líder: Ing. Luis Diego Herra Gómez

Audidores Adjuntos: Ing. Mauricio Salas Chaves

Ing. Sergio Guerrero Aguilera

Ing. Jose David Rodriguez Morera

Mauricio Picado Muñoz, Asistente

Asesor Legal :

Lic. Miguel Chacón Alvarado

Alcance del informe:

El alcance de este informe de auditoría comprende la evaluación del desempeño de seis proyectos de rehabilitación a cargo de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes del CONAVI, también llamados proyectos especiales, ejecutados mediante la licitación No.2009LN-000003-CV.

Para valorar la evolución en el desempeño de estos proyectos, se ejecutaron ensayos de índice de regularidad (IRI) y deflectometría de impacto (FWD) sobre la extensión de las obras estudiadas, en los años 2013 y 2016.



TABLA DE CONTENIDOS

1. FUNDAMENTACIÓN	7
2. OBJETIVO GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS	7
3. OBJETIVOS DEL INFORME.....	8
OBJETIVO GENERAL.....	8
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
4. ALCANCE DEL INFORME.....	8
5. MARCO TEÓRICO.....	9
5.1. EVALUACIÓN FUNCIONAL MEDIANTE EL ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL	9
5.2. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL MEDIANTE EL ENSAYO DE DEFLECTOMETRÍA DE IMPACTO	10
6. METODOLOGÍA	12
6.1. PROCEDIMIENTO EMPLEADO PARA EVALUAR LA CAPACIDAD FUNCIONAL	14
6.2. PROCEDIMIENTO EMPLEADO PARA EVALUAR LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL	15
7. DOCUMENTOS DE PREVALENCIA	16
8. ANTECEDENTES	17
9. DESCRIPCIÓN DE LOS PROYECTOS	20
10. AUDIENCIA DE LA PARTE AUDITADA PARA EL ANÁLISIS DEL INFORME EN SU VERSIÓN PRELIMINAR LM-PI-AT-029B-17	21
11. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA.....	22
OBSERVACIÓN 1. EL PARÁMETRO DE IRI ASOCIADO A LOS PROYECTOS DE REHABILITACIÓN ANALIZADOS SE MANTUVO CONSTANTE ENTRE LOS AÑOS 2013 Y 2016.....	22
OBSERVACIÓN 2. LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL ASOCIADA A LOS PROYECTOS DE REHABILITACIÓN ANALIZADOS SE MANTUVO CONSTANTE ENTRE LOS AÑOS 2013 Y 2016.....	29
12. CONCLUSIONES.....	38
13. RECOMENDACIONES	39
14. REFERENCIAS.....	40



ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. PERFILÓMETRO LASER DEL LANAMMEUCR	10
FIGURA 2. DEFLECTÓMETRO DE IMPACTO (FWD) LANAMMEUCR	11
FIGURA 3. ILUSTRACIÓN CURVA DE DEFLEXIONES GENERADA ENSAYO DEFLECTOMETRÍA (FWD) .	12
FIGURA 4. UBICACIÓN DE LOS PROYECTOS ESTUDIADOS EN EL INFORME	20
FIGURA 5. COMPARACIÓN DEL ESTADO DE REGULARIDAD SUPERFICIAL DEL TRAMO RÍO TENORIO – CAÑAS ENTRE LOS AÑOS 2013 Y 2016.....	23
FIGURA 6. COMPARACIÓN DEL ESTADO DE REGULARIDAD SUPERFICIAL DEL TRAMO SANTA CRUZ – VEINTISIETE DE ABRIL ENTRE LOS AÑOS 2013 Y 2016.....	23
FIGURA 7. COMPARACIÓN DEL ESTADO DE REGULARIDAD SUPERFICIAL DEL TRAMO PUEBLO VIEJO – RÍO MOROTE ENTRE LOS AÑOS 2013 Y 2016.....	24
FIGURA 8. COMPARACIÓN DEL ESTADO DE REGULARIDAD SUPERFICIAL DEL TRAMO NICOYA - PUEBLO VIEJO ENTRE LOS AÑOS 2013 Y 2016	24
FIGURA 9. COMPARACIÓN DEL ESTADO DE REGULARIDAD SUPERFICIAL DEL TRAMO PASO REAL – SAN VITO ENTRE LOS AÑOS 2013 Y 2016.....	25
FIGURA 10. COMPARACIÓN DEL ESTADO DE REGULARIDAD SUPERFICIAL DEL TRAMO SAN VITO – AGUA BUENA ENTRE LOS AÑOS 2013 Y 2016	25
FIGURA 11. GRÁFICO QUE MUESTRA LA VARIACIÓN EN LA CONDICIÓN FUNCIONAL DE LOS PROYECTOS ESPECIALES ENTRE LOS AÑOS 2013 Y 2016	26
FIGURA 12. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL CON FWD DEL TRAMO RÍO TENORIO – CAÑAS	30
FIGURA 13. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL CON FWD DEL TRAMO CAÑAS – RÍO TENORIO	30
FIGURA 14. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL CON FWD DEL TRAMO SANTA CRUZ – VEINTISIETE DE ABRIL	31
FIGURA 15. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL CON FWD DEL TRAMO VEINTISIETE DE ABRIL – SANTA CRUZ.....	31
FIGURA 16. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL CON FWD DEL TRAMO PUEBLO VIEJO – RÍO MOROTE ...	32
FIGURA 17. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL CON FWD DEL TRAMO RÍO MOROTE – PUEBLO VIEJO ...	32
FIGURA 18. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL CON FWD DEL TRAMO NICOYA – PUEBLO VIEJO	33
FIGURA 19. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL CON FWD DEL TRAMO PUEBLO VIEJO - NICOYA.....	33
FIGURA 20. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL CON FWD DEL TRAMO PASO REAL – SAN VITO.....	34
FIGURA 21. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL CON FWD DEL TRAMO SAN VITO – PASO REAL.....	34
FIGURA 22. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL CON FWD DEL TRAMO SAN VITO – AGUA BUENA	35
FIGURA 23. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL CON FWD DEL TRAMO AGUA BUENA – SAN VITO	35
FIGURA 24. GRÁFICO QUE MUESTRA LA VARIACIÓN EN LAS DEFLEXIONES DE LOS PROYECTOS EN LOS AÑOS 2013 Y 2016	36



ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES EN EL ENSAYO DE FWD (CM).....	11
TABLA 2. INFORMES DE ENSAYO REALIZADOS POR EL LANAMMEUCR PARA EL ANÁLISIS DE IRI ...	13
TABLA 3. INFORMES DE ENSAYO REALIZADOS POR EL LANAMMEUCR PARA EL ANÁLISIS DE FWD	13
TABLA 4. RANGOS DE CLASIFICACIÓN DE REGULARIDAD SUPERFICIAL PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES	14
TABLA 5. ESPECIFICACIÓN PARA LA VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO PARA PROMEDIOS CONSECUTIVOS DE DIEZ VALORES DE IRI	15
TABLA 6. RANGOS DE DEFLEXIÓN SEGÚN TPD, UTILIZADOS PARA CLASIFICAR RESULTADOS DE FWD	16
TABLA 7. INFORMES SOBRE EVALUACIONES DE PARÁMETROS DE DESEMPEÑOS REALIZADOS POR AUDITORÍA TÉCNICA EN EL PERIODO 2014-2016.	19
TABLA 8. PROYECTOS DE REHABILITACIÓN EVALUADOS EN EL PRESENTE INFORME	20
TABLA 9. VARIACIÓN DE LA CONDICIÓN FUNCIONAL DE PROYECTOS ESPECIALES EN LOS AÑOS 2013 Y 2016.....	26
TABLA 10. PORCENTAJE DE VALORES DE IRI SUPERIORES A 3 M/KM	27
TABLA 11. CUMPLIMIENTO DE LA ESPECIFICACIÓN ASOCIADA AL PROMEDIO DE DIEZ VALORES CONSECUTIVOS	28
TABLA 12. PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DEL IRI EN LOS PROYECTOS	28
TABLA 13. VARIACIÓN DE LAS DEFLEXIONES EN PROYECTOS ESPECIALES EN LOS AÑOS 2013 Y 2016	36



**INFORME EN VERSIÓN FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA.
LM-PI-AT-029-17 EVALUACIÓN PARÁMETROS DE DESEMPEÑO (IRI, FWD) EN
PROYECTOS DE REHABILITACIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL EJECUTADOS
MEDIANTE LA LICITACIÓN PÚBLICA 2009LN-000003-CV"**

1. FUNDAMENTACIÓN

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

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

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

2. OBJETIVO GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS

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



3. OBJETIVOS DEL INFORME

OBJETIVO GENERAL

Informar a la Administración sobre el desempeño de seis proyectos de rehabilitación a cargo de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes del CONAVI.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Dar seguimiento a informes anteriores de auditoría técnica que hacen referencia a la gestión de proyectos de rehabilitación ejecutados bajo contratos de conservación.
- Evaluar la condición funcional y estructural de seis proyectos de rehabilitación por medio de equipos especializados (IRI y FWD), para verificar su condición en términos de desempeño.
- Valorar la evolución en el desempeño de los proyectos de rehabilitación entre los años 2013 y 2016.

4. ALCANCE DEL INFORME

El alcance de este informe de auditoría comprende la evaluación del desempeño de seis proyectos de rehabilitación a cargo de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes del CONAVI, también llamados proyectos especiales, ejecutados mediante la licitación No.2009LN-000003-CV.

En el presente informe se analizaron los siguientes proyectos:

- Río Tenorio – Cañas en la Ruta Nacional 6
- Santa Cruz – Veintisiete de Abril en la Ruta Nacional 160
- Pueblo Viejo – Río Morote en la Ruta Nacional 21
- Nicoya – Pueblo Viejo en la Ruta Nacional 21
- Paso Real – San Vito en la Ruta Nacional 237
- San Vito – Agua Buena en la Ruta Nacional 237

La evaluación del desempeño consideró la realización de ensayos para obtener el índice de regularidad internacional (IRI) y deflectometría de impacto (FWD) en el año 2013, posterior a la construcción de los proyectos y una nueva evaluación en el año 2016 con el fin de determinar la evolución del desempeño de la estructura de pavimento desde el punto de vista funcional y estructural.



5. MARCO TEÓRICO

La caracterización de la condición de una carretera se puede realizar a través de distintos parámetros. Algunos de estos parámetros son medidos de manera subjetiva, 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 la evolución en el desempeño de seis proyectos de rehabilitación ejecutados mediante contratos de conservación, se empleó el perfilómetro láser para medir la regularidad superficial de la vía y así estimar el índice de regularidad internacional (IRI) y el deflectómetro de impacto (FWD), estos ensayos permiten evaluar la condición funcional y estructural de una carretera, respectivamente, y sus características se describen a continuación:

5.1. Evaluación funcional mediante el Índice de Regularidad Internacional

El IRI (*Internacional Roughness Index*, por sus siglas en inglés) es uno de los indicadores más importantes de la calidad de una carretera, ya que se relaciona directamente con los costos de operación del vehículo y el confort del usuario. Este parámetro se define como la suma de aceleraciones verticales no deseadas que sufre el usuario de una carretera al circular sobre ella y se puede interpretar como la regularidad de una vía, es decir qué tanta desviación tiene la superficie de un camino a partir de un plano perfecto. De esta forma, una carretera perfectamente plana tiene un valor de IRI de 0, hasta llegar a valores que representan carreteras sumamente irregulares con valores superiores a 3. (LanammeUCR, 2015).

La irregularidad en una carretera es un factor que afecta adversamente la calidad del rodado y las condiciones de seguridad para los usuarios de la vía. Por ejemplo, una ruta con gran cantidad de deformaciones y/o baches (IRI alto), tiene un efecto directo en la velocidad de operación de los vehículos, lo cual afecta a su vez el consumo de combustible; así mismo, el sistema de suspensión de cada automóvil y camión debe trabajar más para compensar estas irregularidades, lo cual acelera su deterioro y el de los neumáticos, todo esto repercute también en la carrocería del vehículo provocando así mayores costos de operación para el usuario.

Por otra parte, los efectos dinámicos producidos por las irregularidades presentes en una carretera pueden propiciar modificaciones en el estado de esfuerzos y deformaciones en la estructura de pavimentos, lo cual puede incrementar los costos en las actividades de conservación y rehabilitación.

El equipo empleado por el LanammeUCR, para medir el IRI, es el perfilómetro láser. Los perfilómetros son equipos de alto rendimiento, ya que producen medidas automáticas y de alta calidad del perfil de una carretera. Este equipo consta de 3 sensores láser ubicados en la defensa delantera del vehículo, uno sobre cada huella de rodamiento y el tercero central.



Estos sensores están conectados a un computador con GPS, el cual calcula en tiempo real el valor de IRI para segmentos de 10 metros de longitud.

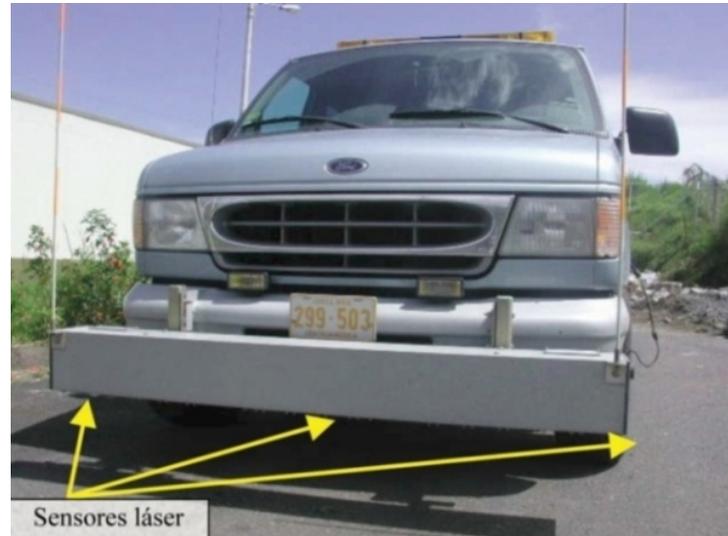


Figura 1. Perfilómetro laser del LanammeUCR
Fuente: LanammeUCR, 2008

5.2. 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 2).



Figura 2. Deflectómetro de impacto (FWD) LanammeUCR
Fuente: LanammeUCR, 2008

El deflectómetro de impacto es un equipo de alta tecnología que mide el hundimiento o deflexión instantánea que experimenta el pavimento en un punto, debido al golpe de un peso definido (en este caso de 40 KN o 566 MPa) lanzado desde un mecanismo diseñado específicamente con ese propósito. Esta carga cae sobre un plato circular cuya área de contacto es similar a la de una llanta de vehículo; las deflexiones obtenidas son registradas por 9 sensores, el primero directamente bajo en el plato de carga, y los demás dispuestos en un arreglo lineal con una distancia máxima de 180 cm, como se muestra en la Tabla 1. Con esta disposición es posible relacionar el tamaño de las deflexiones con las características de los materiales que componen el pavimento (LanammeUCR, 2015).

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

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

Actualmente existen diversas técnicas para relacionar estas deflexiones con la capacidad estructural de la carretera, las cuales se basan en la teoría del pavimento como una estructura multicapa, cuyo comportamiento sigue la teoría de elasticidad y muestra un patrón semejante al mostrado en la Figura 3.

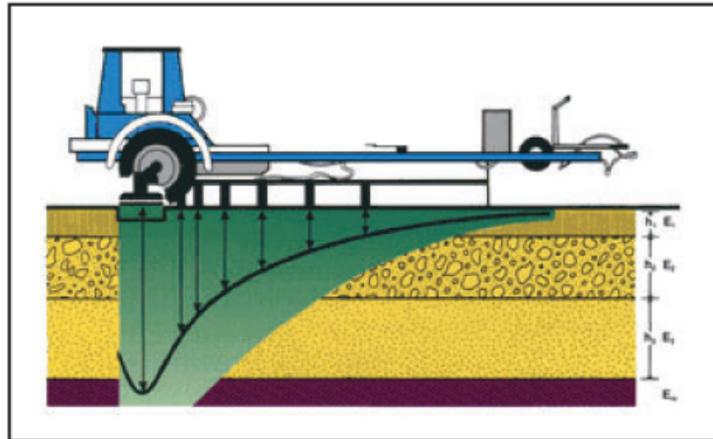


Figura 3. Ilustración curva de deflexiones generada ensayo deflectometría (FWD)
Fuente: LanammeUCR, 2008

Por último, 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.

6. METODOLOGÍA

La labor que se efectúa en un proceso de auditoría técnica 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.

Es importante recalcar que la labor de fiscalización, por su naturaleza, es un proceso que se basa en la aplicación de técnicas aleatorias para seleccionar y definir una muestra representativa del objeto de estudio, en la cual se basan las conclusiones y recomendaciones incluidas en los informes de auditoría. Lo anterior fundamentándose en los documentos contractuales, así como en las buenas prácticas de gestión e ingeniería y otros análisis técnicos que puedan enriquecer el contenido de este informe.



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 y FWD realizados en los años 2013 y 2016 (ver Tabla 2 y Tabla 3).

Tabla 2. Informes de Ensayo realizados por el LanammeUCR para el análisis de IRI

Ruta	Proyecto	Longitud (km)	Año	Informe
RN6	Río Tenorio - Cañas	23,6	2013	I-0487-13
			2016	I-0098-16
RN160	Santa Cruz - Veintisiete de Abril	15,8	2013	I-0561-13
			2016	I-0098-16
RN21	Pueblo Viejo - Río Morote	14,9	2013	I-0561-13
			2016	I-0098-16
RN21	Nicoya - Pueblo Viejo	12	2013	I-0487-13
			2016	I-0098-16
RN237	Paso Real - San Vito	37,2	2013	I-0299-13
			2016	I-0098-16
RN237	San Vito - Agua Buena	12,5	2013	I-0299-13
			2016	I-0098-16

Nota: A partir de estos informes se obtienen datos de IRI @10 m y en ambos sentidos de la carretera

Tabla 3. Informes de Ensayo realizados por el LanammeUCR para el análisis de FWD

Ruta	Proyecto	Longitud (km)	Año	Informe
RN6	Río Tenorio - Cañas	23,6	2013	I-0768-13
			2016	I-0757-16
RN160	Santa Cruz - Veintisiete de Abril	15,8	2013	I-0706-13
			2016	I-0775-16
RN21	Pueblo Viejo - Río Morote	14,9	2013	I-0709-13
			2016	I-0776-16
RN21	Nicoya - Pueblo Viejo	12	2013	I-0745-13
			2016	I-0776-16
RN237	Paso Real - San Vito	37,2	2013	I-0913-13
			2016	I-1089-16
RN237	San Vito - Agua Buena	12,5	2013	I-0858-13
			2016	I-1089-16

Nota: A partir de estos informes se obtuvieron datos de deflectometría @50 m y en ambos sentidos de la carretera.



Además, se utilizó el software *ArcGIS v.10.3.1* para georreferenciar estos ensayos, con el propósito de tener la certeza de estar comparando las mismas secciones de carretera entre los años 2013 y 2016.

Por otra parte, se empleó la metodología de tramos homogéneos para dividir los proyectos en secciones cuyas mediciones presentaron un desempeño similar. Lo anterior permitió elaborar mapas comparativos que ilustran la condición de los proyectos en los años 2013 y 2016.

A continuación se describe la metodología empleada para realizar los análisis de capacidad funcional y estructural de los proyectos de rehabilitación ejecutados mediante contratos de conservación vial:

6.1. Procedimiento empleado para evaluar la capacidad funcional

Para analizar la capacidad funcional se utilizó el parámetro del IRI. Inicialmente, se dividió la superficie en tramos cuyas mediciones de regularidad fueron similares entre sí (tramos homogéneos), los cuales fueron categorizados de acuerdo con la clasificación funcional establecida en el informe de evaluación de la Red Vial Nacional, publicado por el LanammeUCR en el año 2015 (ver Tabla 4). Finalmente, estos tramos se identificaron en mapas comparativos que muestran el estado de las carreteras en los años 2013 y 2016.

Tabla 4. 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: LanammeUCR, 2015

Por otra parte, se evaluó la condición de IRI de los proyectos de rehabilitación estudiados mediante los criterios establecidos en la sección 401.16 del Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes (CR-2010) que en este caso no es contractual pero se realiza el análisis de manera referencial. En este manual se indica que debe verificarse el cumplimiento de los siguientes tres aspectos:

- a) Verificación de cumplimiento para valores individuales: *Se entenderá que la superficie del pavimento tiene una regularidad aceptable, si ninguno de los valores individuales¹ supera 3,0 m / km.*

¹ Se entiende como valor individual el promedio de diez datos consecutivos (@ 10 m)



- b) Verificación del cumplimiento para promedios consecutivos de diez valores de IRI: Se entenderá que la superficie del pavimento tiene una regularidad aceptable, si todos los promedios consecutivos de diez valores de IRI (media móvil) tienen un valor igual o inferior al indicado en la siguiente tabla...²

Tabla 5. Especificación para la verificación de cumplimiento para promedios consecutivos de diez valores de IRI

Porcentaje de m/km	Rodadura e Intermedia	
	Tipo de vía	
	Autopistas y Vías concesionadas	Resto de Vías
50	<1.5	<1.5
80	<1.8	<2.0
100	<2.0	<2.5

Fuente: CR-2010, 2010

- c) Verificación de promedio y de desviación estándar: Si se asume una distribución normal para la serie de valores de IRI, los percentiles que se muestran anteriormente permiten definir un valor promedio de 1,85 m/km y una desviación (σ) de 0,39 m/km, que será la máxima aceptable

6.2. Procedimiento empleado para evaluar la capacidad estructural

En relación con la evaluación de la capacidad estructural se realizó una categorización a partir de la medición de deflexiones. Para ello, el informe de evaluación de la Red Vial Nacional del LanammeUCR publicado en el año 2015, considera las deflexiones en el sensor 1 (obtenidas con el FWD) y el tránsito promedio diario (TPD) del proyecto y establece los criterios de clasificación mostrados en la Tabla 6.

En el presente documento, para caracterizar estructuralmente los proyectos estudiados, inicialmente se corrigieron las deflexiones registradas por el sensor 1 por carga y por temperatura, con el propósito de garantizar que las deflexiones estudiadas responden a una misma condición.

Posteriormente, se utilizaron los anuarios de tránsito publicados por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) en los años 2013 y 2015, para determinar el TPD asociado a cada proyecto en los años 2013 y 2016. Finalmente, con base en las deflexiones halladas y el TPD proyectado, se caracterizaron los proyectos de acuerdo con los parámetros mostrados en la Tabla 6.

² Para el presente análisis se utilizó la especificación asociada a la columna "Resto de Vías".



Tabla 6. Rangos de deflexión según TPD, utilizados para clasificar resultados de FWD

TPD (Tránsito Promedio Diario)	menor a 5 000 vpd**	5 000 – 15 000 vpd	15 000 – 40 000 vpd	Casos Especiales*
Categoría	TPD Bajo	TPD Moderado	TPD Alto	Especiales
Categorías deflexión	Rangos (en mm x 10 ⁻²)			
Bajas	menor a 76,5	menor a 70,8	menor a 59,2	menor a 48,5
Moderadas	76,5 – 88,5	70,8 – 83,3	59,2 – 69,4	48,5 – 57,6
Altas	88,5 – 115,7	83,3 – 112,9	69,4 – 95,2	57,6 – 80,8
Muy Altas	mayor a 115,7	mayor a 112,9	mayor a 95,2	mayor a 80,8

*Corresponden a rutas con alto TPD y porcentaje alto de vehículos pesados, los cuales son la ruta 1 Carretera General Cañas, tramo La Uruca – entrada a Naranjo, y la ruta 32, tramo Puente sobre el Río Virilla – Limón.

**vpd: Vehículos por día. Fuente: LanammeUCR, 2015

Las actividades descritas anteriormente permitieron la detección de las observaciones que se exponen en el presente informe.

7. DOCUMENTOS DE PREVALENCIA

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

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

- El Cartel de Licitación, sus modificaciones y aclaraciones.
- La oferta del adjudicatario y cualquier manifestación que este realizare con posterioridad a la apertura de las ofertas y que fuere aceptada por la Administración.
- El acto de adjudicación de la Licitación.
- Disposiciones para la Construcción y Conservación Vial aprobadas por el MOPT, vigentes al momento de la presentación de la oferta.
- Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Carreteras y Puentes (CR-77) o versión vigente.
- Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito (SIECA).
- Manual de Especificaciones Técnicas para Señalamiento Horizontal y Vertical en las Carreteras (IT-91).
- Código de Cimentaciones de Costa Rica (CCR).



- Manual de Construcción de Caminos, Carreteras y Puentes (MC-83) o versión vigente.
- Memorándum de Normas y Procedimientos MNP-Comunicado 12-1-70 de fecha treinta de junio de mil novecientos noventa y cuatro.
- Normas para la Colocación de Dispositivos de Seguridad para Protección de Obras.
- Planos o esquemas (de existir).

8. ANTECEDENTES

La Gerencia de Conservación de Vías y Puentes del CONAVI, mediante la licitación pública No. 2009LN-000003-CV, ha estado a cargo de rutas que por su condición ameritan una intervención mayor en relación con el alcance de lo que se entiende como un proyecto de conservación vial. Esta situación fue señalada en el informe No. DFOE-OP-14-2007 de la Contraloría General de la República (CGR), elaborado en conjunto con la Unidad de Auditoría Técnica del PITRA-LanammeUCR.

Es por esto que el LanammeUCR, a través de la Unidad de Auditoría Técnica, realizó una evaluación de la gestión realizada para la formulación de las actividades de rehabilitación vial en la Ruta Nacional N°1, Carretera Bernardo Soto, sección de control 20010, en relación con el objeto y alcance del contrato, así como las disposiciones y regulaciones contractuales (LM-PI-AT-040-12).

A partir de este informe se realizaron las siguientes observaciones:

- No fue posible determinar el mecanismo que utilizó la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes para evaluar y priorizar las intervenciones realizadas.
- Los estudios preliminares realizados para definir la intervención de la ruta mediante rehabilitación, resultaron deficientes e insuficientes en relación con la normativa contractual.
- La propuesta no integró la intervención de todos los elementos viales que comprenden la ruta.
- Se evidenció la existencia de debilidades en los procesos de revisión y aprobación de las modificaciones de obra y las estimaciones de pago.

Para dar seguimiento a este informe, la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR presentó un estudio de la planificación de los proyectos de rehabilitación a cargo de la licitación pública No.2009LN-000003-CV dentro del marco de planificación estratégica del CONAVI (LM-PI-AT-012-13). A partir de este estudio se presentaron los siguientes hallazgos:

- Se observaron debilidades en planificación que hacen que aumente el riesgo de duplicación de labores. Por ejemplo, los proyectos de rehabilitación San Vito- Paso Real y Chacarita-Rincón habían sido considerados para mejoramientos y

Informe LM-PI-AT-029-2017	Junio , 2017	Página 17 de 42
---------------------------	--------------	-----------------



posteriormente se ejecutaron mediante la licitación de conservación vial vigente en su momento.

- Se encontró que la planificación anual operativa no concuerda con la planificación definida a nivel quinquenal.
- Los indicadores utilizados en los planes, como herramienta de medida de avance en la consecución de las metas y objetivos, no reflejan la calidad resultante luego de las intervenciones. El parámetro “Kilómetro intervenido” no indica la calidad de los trabajos ni su nivel de contribución a la mejora de la condición de los pavimentos de la Red Vial Nacional.

En relación con evaluaciones de parámetros de condición, el LanammeUCR según se establece en el artículo 6 de la Ley No. 8114 sobre la Simplificación y Eficiencia Tributaria, “para garantizar la máxima eficiencia de la inversión pública de reconstrucción y conservación óptima de la red vial costarricense...”, realiza una evaluación bienal del estado de la red vial nacional pavimentada a través de un informe técnico cada dos años. El estado de deterioro de los pavimentos está relacionado directamente con la gestión vial implementada, y por tanto con el programa de inversiones e intervenciones que se ejecuta en la Red Vial Nacional en un periodo dado. Así, la evaluación bienal del estado de la red vial se convierte en una herramienta eficaz para la rendición de cuentas de la gestión de dicha infraestructura y brinda a los ingenieros de caminos y planificadores viales una base técnica que facilita la toma de decisiones en relación con dicha gestión.

La primera campaña de evaluación de la red vial con equipos de alta tecnología se realizó en el año 2002. La totalidad de la red vial fue evaluada por primera vez en el año 2004, donde fueron evaluados aproximadamente 4.000 kilómetros empleando tanto el perfilómetro láser como el deflectómetro de impacto. Posteriormente, en el año 2006, se realizó la segunda campaña de evaluación, que con los datos adquiridos sobre la extensión de la Red Vial Nacional, así como con la programación de las giras de evaluación y solicitud de permisos, permitió evaluar cerca de 4.400 km de rutas nacionales, también con los parámetros de deflexión ante impacto y regularidad superficial. Las campañas del año 2006, 2008, 2010-2011, 2012-2013 y 2014-2015 se instrumentaron con el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), con el objeto de mejorar la información relacionada con la ubicación de las mediciones.

Adicionalmente, el LanammeUCR mediante la figura de Auditoría Técnica ha realizado evaluaciones a diferentes proyectos de conservación vial de la red vial Nacional y proyectos de obra nueva considerando parámetros de condición estructural (FWD), regularidad (IRI) y fricción (GRIP). Tales proyectos se enlistan en la Tabla 7.



Tabla 7. Informes sobre evaluaciones de parámetros de desempeños realizados por Auditoría Técnica en el periodo 2014-2016.

Número de informe	Nombre de informe	Parámetros
LM-PI-AT-061-14	Análisis general del procesos constructivos y calidad de los materiales proyecto: Mejoramiento de la Ruta Nacional No 152, Sección: Veintisiete de Abril - Villareal. Cartel de licitación pública No. 2011LN-000019-DI.	IRI
LM-IC-D-0420-14	Inadecuado coeficiente de fricción en Ruta Nacional 1 Sección de Control 20010 Tramo Aeropuerto-Coyol.	GRIP
LM-PI-AT-014-15	Evaluación de los parámetros desempeño (IRI, FWD,GRIP, APA Y FATIGA) Proyecto: Ruta Nacional No.35 Sección: "Sifón -La Abundancia".	IRI, FWD,GRIP, APA ³ Y FATIGA ⁴
LM-PI-AT-021-15	evaluación de los parámetros desempeño (IRI, FWD Y GRIP) Proyecto: Ruta Nacional No.4 Sección: "Bajos de Chilamate – Vuelta de Kooper".	IRI, FWD Y GRIP
LM-PI-AT-015B-15	Evaluación de la calidad de los materiales, la capacidad estructural y funcional de la losa de rodamiento y aspectos constructivos. Proyecto "Ampliación y Rehabilitación de la Ruta Nacional No. 1, Carretera Interamericana Norte, Sección Cañas -Liberia.", LPI No. 2011LI-000004-0DI00. Periodo de análisis de muestreos año 2015.	IRI,FWD,GRIP
LM-IC-D-0546-15	Condición de coeficiente de fricción en Ruta Nacional 1, Sección de Control 20010, Tramo Aeropuerto-Coyol y Ruta Nacional 3, Sección de control 20100, Tramo Atenas-Límite cantonal Atenas-San Mateo.	GRIP
LM-IC-D-0766-16	Evaluación Regularidad Rehabilitación Ruta Nacional 118.	IRI
LM-AT-124-2016	Observaciones sobre proyecto de rehabilitación Ruta Nacional 118	GRIP

³ Ensayo empleado para medir el potencial de deformación permanente en mezclas asfálticas en laboratorio.

⁴ Este ensayo también se realiza a nivel de laboratorio.



9. DESCRIPCIÓN DE LOS PROYECTOS

Los proyectos seleccionados para la evaluación de parámetros de desempeño consistieron en rehabilitaciones mayores ejecutadas por la Administración entre los años 2012 y 2013, en rutas de la Red Vial Nacional, bajo el marco de la licitación pública licitación No.2009LN-000003-CV. Estos proyectos se mencionan en la Tabla 8.

Tabla 8. Proyectos de rehabilitación evaluados en el presente informe

Proyecto		Ruta	Zona
1	Río Tenorio - Cañas	6	2-2
2	Sta. Cruz-Veintisiete de abril	160	2-3
3	Pueblo Viejo-Río Morote	21	2-4
4	Nicoya - Pueblo Viejo	21	2-4
5	San Vito -Agua Buena	237	4-2
6	Paso Real-San Vito ⁵	237	4-2

En la Figura 4, se muestra la ubicación geográfica de los proyectos evaluados en el presente informe.

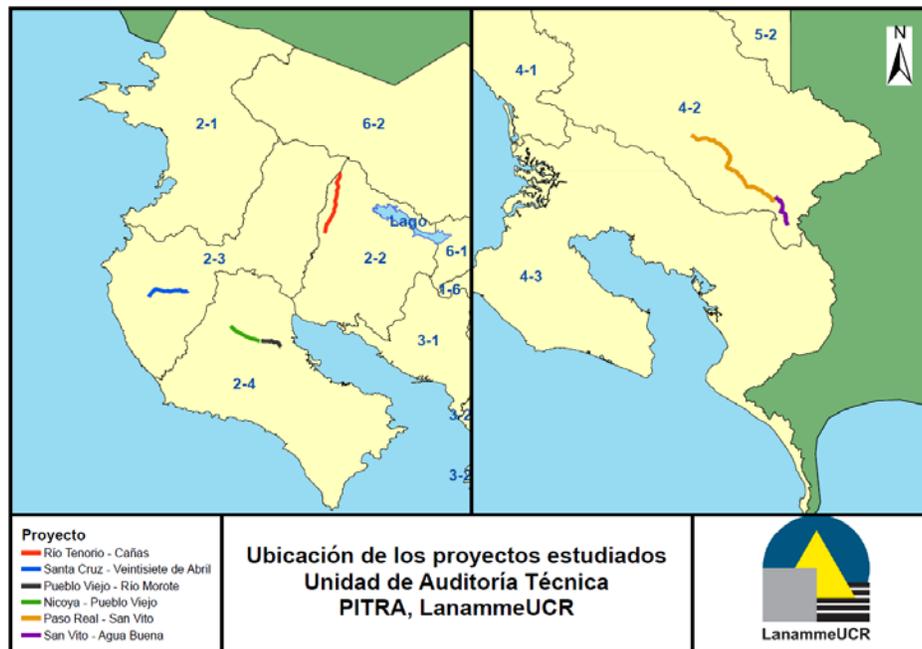


Figura 4. Ubicación de los proyectos estudiados en el informe
Fuente: UAT-LanammeUC

⁵ En este proyecto se analizó el tramo que comprendido entre Las Vueltas y San Vito.



10. AUDIENCIA DE LA PARTE AUDITADA PARA EL ANÁLISIS DEL INFORME EN SU VERSIÓN PRELIMINAR LM-PI-AT-029B-17

De acuerdo con los procedimientos de esta auditoría técnica del PITRA – LanammeUCR, este informe en su versión preliminar LM-PI-AT-029B-17 fue remitido a la administración el día 21 de abril de 2017, mediante el oficio LM-AT-060-17, para que fuese analizado por parte de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes. A partir de esta fecha se le otorgó un plazo de 15 días hábiles a la Administración para que se refiriera al informe preliminar de forma escrita; sin embargo, a pesar de que la Administración solicitó ampliar este plazo, no se recibieron observaciones en relación al informe en versión preliminar.

Posterior al envío del informe preliminar se realizó la presentación oral del informe el día 9 de mayo de 2017 en las instalaciones del LanammeUCR, dirigida a la parte auditada con el fin de que se conozca con mayor claridad y que se expongan puntos que se requieran ampliar según el contenido del informe.

En la presentación participaron los ingenieros Luis Fernando Artavia Sánchez, Diego Vásquez Sánchez, Sarita Monge Conejo y Jennifer Agüero Araya por parte de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes. Además, los ingenieros Jeifer Martínez Blanco y Reynaldo Vargas Soto por parte del Departamento de Auditoría Interna de CONAVI, así como los auditores encargados del informe Ing. Luis Diego Herra Gómez, Ing. Sergio Guerrero Aguilera y el asistente Mauricio Picado Muñoz. Además, participaron la coordinadora de la Unidad de Auditoría Técnica-PITRA LanammeUCR, Ing. Wendy Sequeira Rojas, el Ing. Mauricio Salas Chaves y el Ing. José David Rodríguez Morera, auditores técnicos.

En cumplimiento de los procedimientos de auditoría técnica sin haberse recibido comentarios u observaciones por escrito al respecto de su contenido, se procedió a emitir el presente informe LM-PI-AT-029-17 en su versión final, para ser enviado a las instituciones que indica la ley.



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.

OBSERVACIÓN 1. EL PARÁMETRO DE IRI ASOCIADO A LOS PROYECTOS DE REHABILITACIÓN ANALIZADOS SE MANTUVO CONSTANTE ENTRE LOS AÑOS 2013 Y 2016.

En la presente observación se analiza la condición de regularidad superficial asociada a seis proyectos de rehabilitación que en su momento fueron ejecutados a partir de contratos de conservación vial entre los años 2012 y 2013. Para esto se realizaron mediciones del perfil longitudinal de los proyectos en los años 2013 y 2016, lo que permitió valorar la evolución del parámetro IRI de estas obras durante una parte de su periodo de vida útil. Además, el análisis realizado permite evaluar si la magnitud de los valores de IRI asociados a estos proyectos es apropiada y garantiza una inversión eficiente de los recursos por parte de la Administración.

Para comparar la condición de regularidad de los proyectos de rehabilitación estudiados en este informe entre los años 2013 y 2016 se dividió cada proyecto en tramos estadísticamente semejantes (homogéneos). Estos tramos fueron valorados de acuerdo con la clasificación funcional establecida en los informes de evaluación de la red vial nacional pavimentada que se muestra en la Tabla 4.

A partir de esta clasificación, se observó que el IRI asociado a estos proyectos de rehabilitación no experimentó variaciones significativas entre los años 2013 y 2016. En la Figura 5, Figura 6, Figura 7 y Figura 8; se muestran mapas asociados a los proyectos: Río Tenorio – Cañas, Santa Cruz – Veintisiete de Abril, Pueblo Viejo – Río Morote y Nicoya –



Pueblo Viejo respectivamente. De acuerdo con la clasificación funcional detallada en la Tabla 4, la condición de estos proyectos se mantuvo igual entre los periodos de estudio.

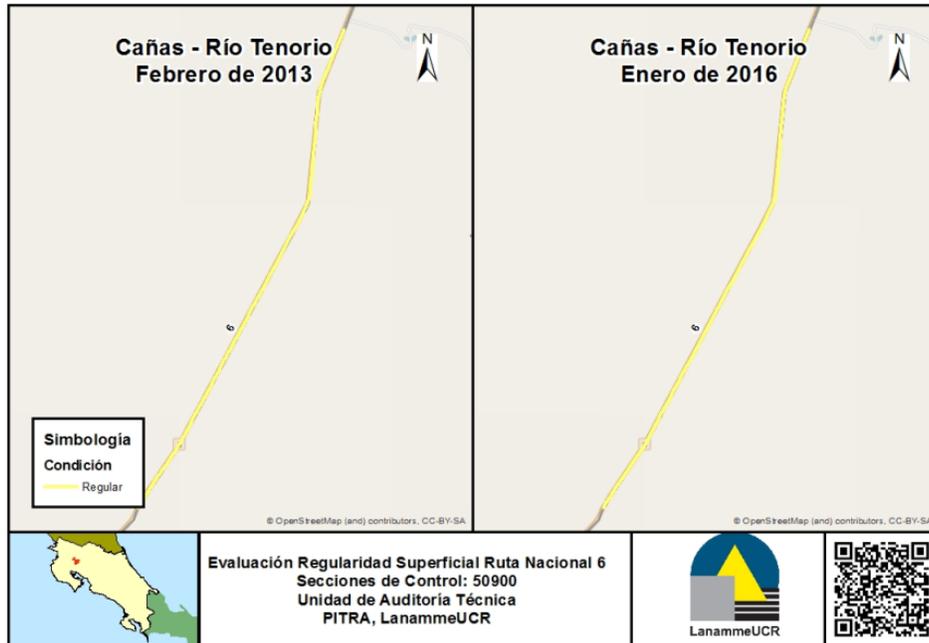


Figura 5. Comparación del estado de Regularidad Superficial del tramo Río Tenorio – Cañas entre los años 2013 y 2016

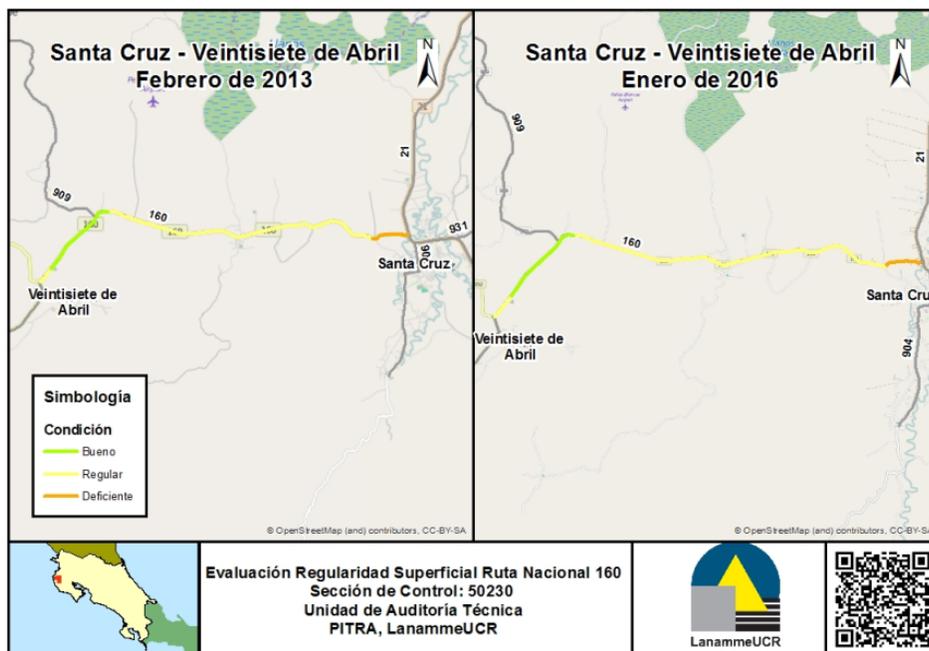


Figura 6. Comparación del estado de Regularidad Superficial del tramo Santa Cruz – Veintisiete de Abril entre los años 2013 y 2016

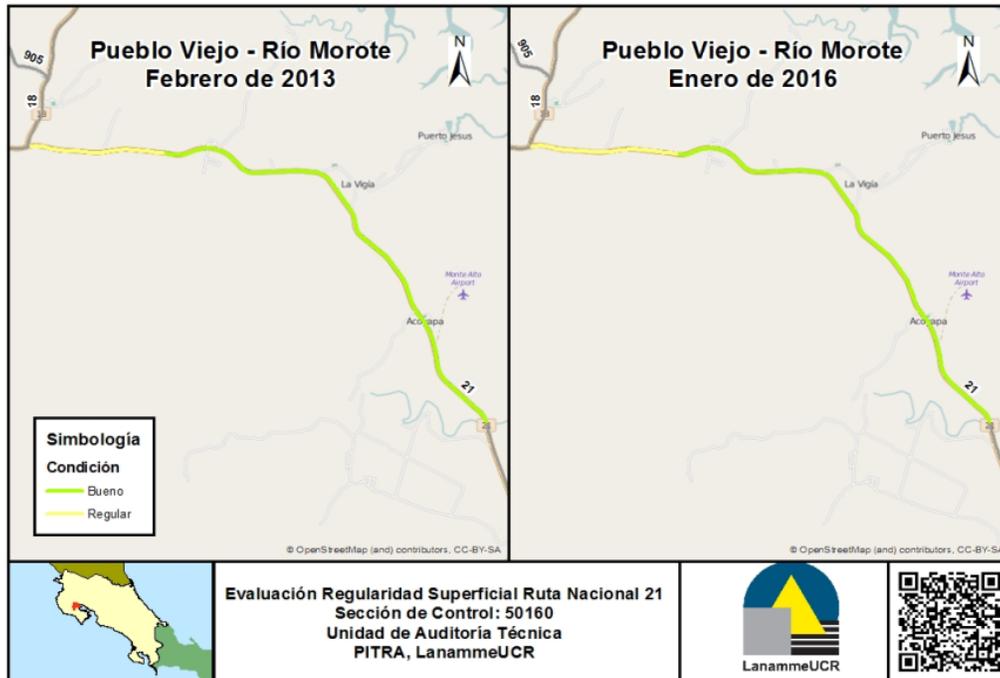


Figura 7. Comparación del estado de Regularidad Superficial del tramo Pueblo Viejo – Río Morote entre los años 2013 y 2016

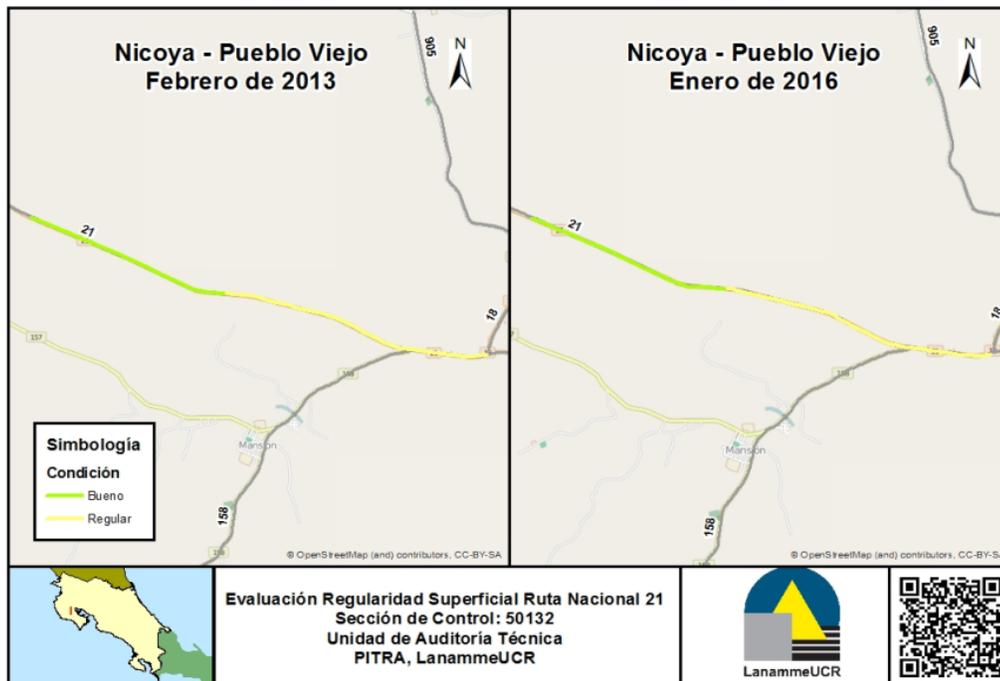


Figura 8. Comparación del estado de Regularidad Superficial del tramo Nicoya - Pueblo Viejo entre los años 2013 y 2016



Por otra parte, en la Figura 9, que ilustra la condición de regularidad del proyecto Paso Real – San Vito, se muestra que este proyecto en uno de sus tramos pasó de una condición buena a una regular, situación que puede asociarse a un deterioro producto de las condiciones de tránsito y clima que afectan a esta carretera.



Figura 9. Comparación del estado de Regularidad Superficial del tramo Paso Real – San Vito entre los años 2013 y 2016



Figura 10. Comparación del estado de Regularidad Superficial del tramo San Vito – Agua Buena entre los años 2013 y 2016



Finalmente, como se muestra en la Figura 10, se observó que el IRI asociado al Proyecto San Vito – Agua Buena, en algunos tramos empeoró y en otros mejoró. La mejora observada en este proyecto ocurrió debido a la construcción de una sobrecapa en la vía, posterior a la medición inicial de IRI en 2013.

En la Tabla 9 y Figura 11 se muestra un resumen que detalla la condición funcional de los proyectos de rehabilitación en los años 2013 y 2016.

Tabla 9. Variación de la condición funcional de proyectos especiales en los años 2013 y 2016

Proyecto	Longitud (km)	2013			2016		
		Bueno	Regular	Deficiente	Bueno	Regular	Deficiente
Río Tenorio – Cañas (RN 6)	23,6	0%	100%	0%	0%	100%	0%
Santa Cruz – Veintisiete de Abril (RN 160)	15,8	19%	73%	8%	19%	73%	8%
Pueblo Viejo – Río Morote (RN 21)	14,9	78%	22%	0%	78%	22%	0%
Nicoya – Pueblo Viejo (RN 21)	12	43%	57%	0%	43%	57%	0%
Paso Real – San Vito (RN 237)	37,2	11%	89%	0%	0%	100%	0%
San Vito – Agua Buena (RN 237)	12,5	0%	71%	29%	0%	55%	45%

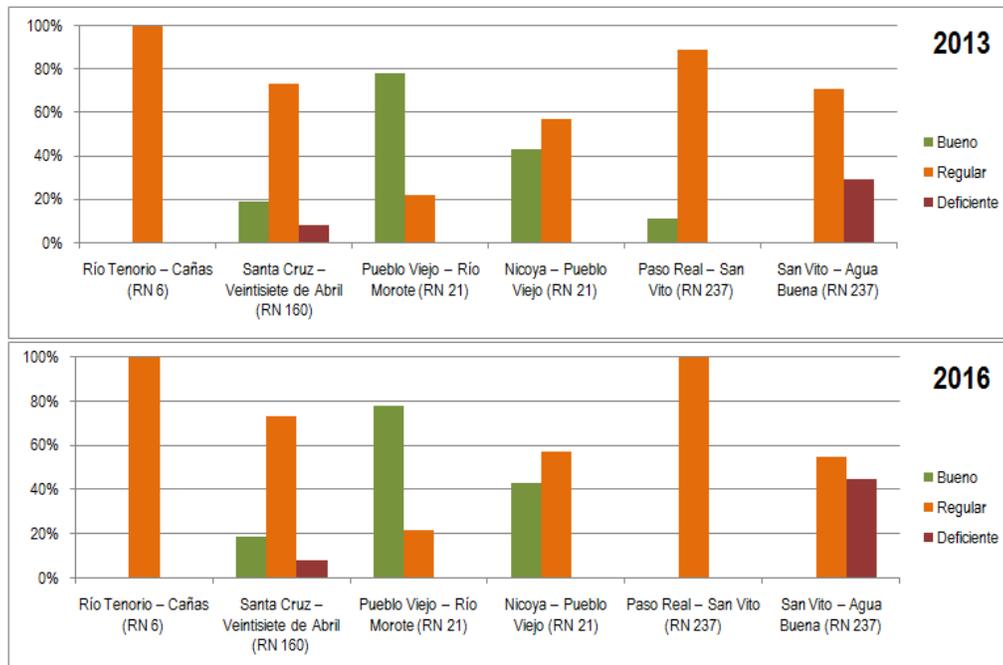


Figura 11. Gráfico que muestra la variación en la condición funcional de los proyectos especiales entre los años 2013 y 2016



Se considera un aspecto positivo que la condición de regularidad de los proyectos se haya mantenido constante entre los años 2013 y 2016. Sin embargo, llama la atención del equipo auditor que pese a que los proyectos responden a rehabilitaciones mayores, se evidenció en el análisis un alto porcentaje de tramos en condición regular. Por lo tanto, con el fin de verificar la condición registrada, se realizó una evaluación de la regularidad de los proyectos de rehabilitación según lo establecido en la sección 401.16 del CR-2010.

Cabe destacar que para estos proyectos de rehabilitación, el cartel de licitación vigente, en su momento, no establecía una especificación para el IRI, de manera que con este análisis lo que se busca es reafirmar la importancia que representó la inclusión de este parámetro de desempeño, en el cartel de licitación pública No. 2014LN-000018-0CV00, como una medida de primer orden en la aceptación y control de calidad de rehabilitaciones y sobrecapas asfálticas.

A continuación se muestra la evaluación de la condición de regularidad asociada a los proyectos especiales, según lo establecido en la sección 401.16 del CR-2010:

a) Verificación de cumplimiento para valores individuales:

Se observó que solo el proyecto Nicoya – Pueblo Viejo presentó valores de IRI, en su totalidad, menores a 3 m/km para los dos periodos de estudio. Por otra parte, el proyecto Río Tenorio – Cañas cumplió con la especificación de valores individuales solo en el año 2013. El resto de los proyectos presentaron valores de IRI superiores a 3 m/km y llama la atención de esta auditoría la condición de regularidad con la cual se recibieron los proyectos de rehabilitación Paso Real – San Vito y San Vito – Agua Buena, ya que estos proyectos desde un principio presentaron un porcentaje considerable de tramos con valores de regularidad superiores al mínimo recomendado por el CR – 2010 (ver Tabla 10).

Tabla 10. Porcentaje de valores de IRI superiores a 3 m/km

Proyecto	2013	2016
Río Tenorio – Cañas (RN 6)	0,00%	7,00%
Santa Cruz – Veintisiete de Abril (RN 160)	13,00%	12,00%
Pueblo Viejo – Río Morote (RN 21)	5,50%	7,00%
Nicoya – Pueblo Viejo (RN 21)	0,00%	0,00%
Paso Real – San Vito (RN 237)	46,00%	45,00%
San Vito – Agua Buena (RN 237)	78,00%	82,00%

b) Verificación del cumplimiento para promedios consecutivos de diez valores de IRI:

Se observó que ninguno de los proyectos analizados cumplió en su totalidad (al considerar las frecuencias acumuladas de 50, 80 y 100 %) con la especificación relacionada con el promedio de diez valores consecutivos de IRI. Como se muestra en la Tabla 11, el proyecto



Nicoya – Pueblo Viejo es el que presentó las mejores condiciones de regularidad, según esta especificación.

Tabla 11. Cumplimiento de la especificación asociada al promedio de diez valores consecutivos

Proyecto	2013			2016		
	50%	80%	100%	50%	80%	100%
Río Tenorio – Cañas (RN 6)	2,13	2,21	2,33	2,42	2,48	2,76
Santa Cruz – Veintisiete de Abril (RN 160)	2,05	2,50	3,91	2,10	2,49	3,84
Pueblo Viejo – Río Morote (RN 21)	1,74	1,99	2,81	1,70	2,27	2,79
Nicoya – Pueblo Viejo (RN 21)	1,83	1,93	2,01	1,84	1,94	2,05
Paso Real – San Vito (RN 237)	3,02	3,18	3,62	3,03	3,20	3,61
San Vito – Agua Buena (RN 237)	3,31	3,76	4,13	3,39	3,57	3,83
Especificación CR- 2010	<1,50	<2,00	<2,50	<1,50	<2,00	<2,50

c) Verificación de promedio y de desviación estándar:

Se observó que en ninguno de los proyectos analizados se cumplió con el promedio de IRI especificado; además, solo los proyectos Río Tenorio – Cañas y Nicoya – Pueblo Viejo presentaron una desviación estándar adecuada. Lo anterior, según lo establecido en el CR-2010 (ver Tabla 12).

Tabla 12. Promedio y desviación estándar del IRI en los proyectos

Proyecto	2013		2016	
	Promedio	Desv. estándar	Promedio	Desv. estándar
Río Tenorio – Cañas (RN 6)	2,30	0,26	2,56	0,34
Santa Cruz – Veintisiete de Abril (RN 160)	2,50	0,70	2,58	0,76
Pueblo Viejo – Río Morote (RN 21)	2,20	0,52	2,19	0,50
Nicoya – Pueblo Viejo (RN 21)	2,00	0,27	1,99	0,25
Paso Real – San Vito (RN 237)	2,90	0,57	3,12	0,56
San Vito – Agua Buena (RN 237)	3,45	0,65	3,46	0,50
Especificación CR- 2010	1,85	0,39	1,85	0,39

Se considera que lo mostrado anteriormente, referente al acabado inicial de regularidad de los proyectos de rehabilitación mencionados en este informe, pudo haber sido una consecuencia directa del proceso constructivo empleado. Actividades como el uso de traba, excesos de mezcla asfáltica en la tolva o la colocación de excedentes de mezcla en la superficie previo a su compactación pueden incidir en el acabado superficial del pavimento.



Otro aspecto que pudo afectar la condición inicial de regularidad superficial en los proyectos analizados es el acabado de la base, pues si la base cuenta con muchas irregularidades estas tienden a reflejarse, en menor magnitud, sobre la superficie de la carpeta asfáltica de rodado.

A partir de lo observado en este informe, y considerando que en los nuevos contratos de mantenimiento se contemplan las condiciones de regularidad iniciales y finales del pavimento como factor de pago; resulta positivo el hecho de que los pavimentos presentaron una regularidad poco variable en un periodo de tres años. Esto quiere decir que si se elaboran pavimentos a partir de diseños adecuados y con apego a las buenas prácticas constructivas, se puede conservar la red vial con índices de regularidad aceptables. Lo anterior requiere de un esfuerzo por parte de la Administración, para monitorear el desempeño de estas estructuras de pavimento a lo largo su vida útil de diseño y así tomar decisiones acertadas para establecer un adecuado plan de mantenimiento en estos proyectos que demandan una inversión cuantiosa.

OBSERVACIÓN 2. LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL ASOCIADA A LOS PROYECTOS DE REHABILITACIÓN ANALIZADOS SE MANTUVO CONSTANTE ENTRE LOS AÑOS 2013 Y 2016.

En esta observación se analiza la capacidad estructural de los seis proyectos de rehabilitación en los años 2013 y 2016 en términos de deflexiones y TPD. Se determinó que estructuralmente estos proyectos mantuvieron una condición similar entre periodos de estudio lo cual se considera positivo.

Para evaluar y clasificar la magnitud de las deflexiones obtenidas se utilizaron los criterios establecidos en el informe de evaluación de la red vial pavimentada mostrados en la Tabla 6. Es importante destacar que las deflexiones referidas en el presente análisis son solo un indicador para inferir la capacidad estructural de los pavimentos; sin embargo, se requieren análisis adicionales y un conocimiento más exhaustivo de la estructura de pavimento para determinar la verdadera capacidad estructural y en conjunto un análisis de los datos de tránsito asociados a cada proyecto, para establecer la vida remanente de las estructuras.

En el proyecto Río Tenorio – Cañas, inicialmente, cuando se realizaron los ensayos de FWD en 2013, la estructura no había sido rehabilitada por completo. Es por esta razón que se observó que en algunos tramos de la vía la condición estructural mejoró entre un año y otro (estos tramos se encerraron en un círculo en la Figura 12 y Figura 13), debido a que en este periodo de tiempo la estructura fue intervenida mejorando así su capacidad estructural.

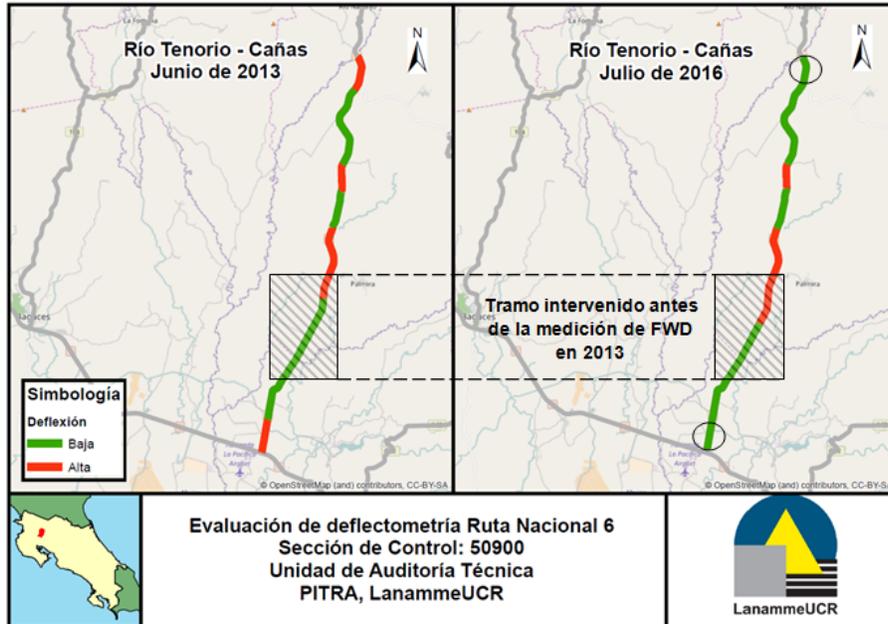


Figura 12. Evaluación estructural con FWD del tramo Río Tenorio – Cañas

Por otra parte, también se muestra en la Figura 12 y Figura 13, el tramo que había sido rehabilitado antes de medir inicialmente el FWD en 2013. Como se muestra en estas figuras, tanto en el sentido Río Tenorio - Cañas como viceversa, la capacidad estructural del pavimento disminuye, al evidenciarse un aumento en el porcentaje de deflexiones altas entre un año y otro.

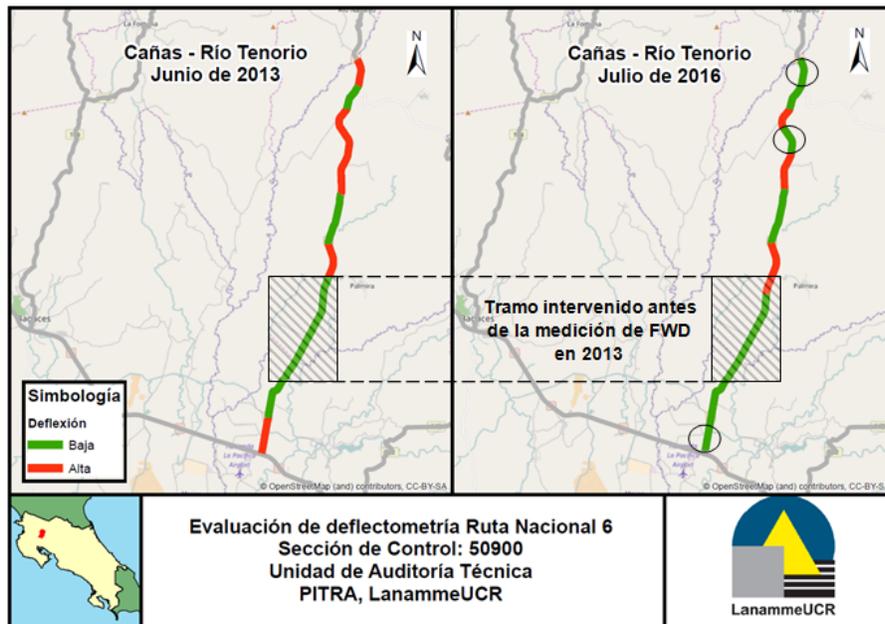


Figura 13. Evaluación estructural con FWD del tramo Cañas – Río Tenorio



En las siguientes figuras (desde la 14 hasta la 21), se muestra la condición estructural de los proyectos de rehabilitación: Santa Cruz – Veintisiete de Abril, Pueblo Viejo – Río Morote, Nicoya – Pueblo Viejo y Paso Real – San Vito. De acuerdo con los criterios establecidos en el informe de evaluación de la red vial nacional, estos proyectos mantuvieron su condición estructural entre los años 2013 y 2016.

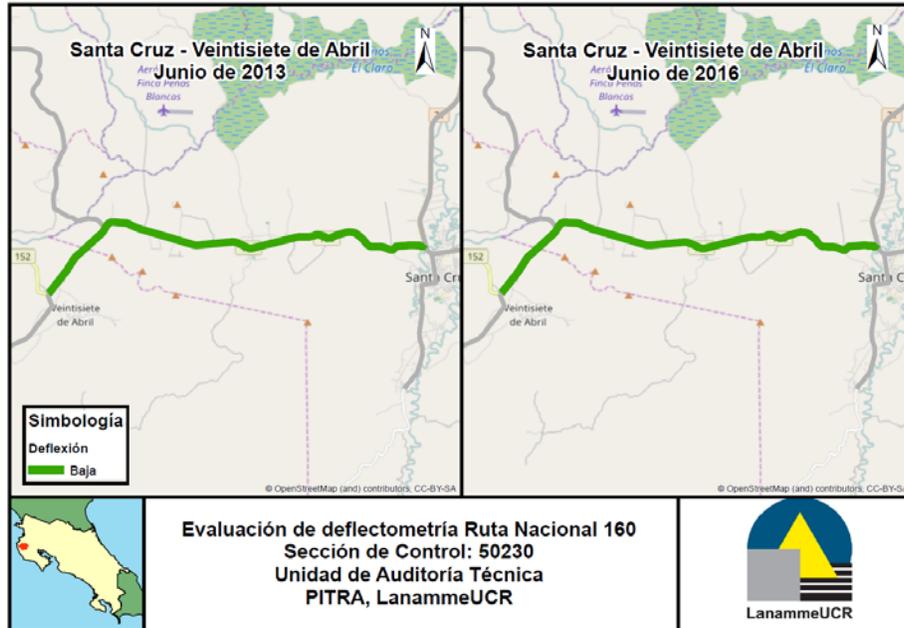


Figura 14. Evaluación estructural con FWD del tramo Santa Cruz – Veintisiete de Abril

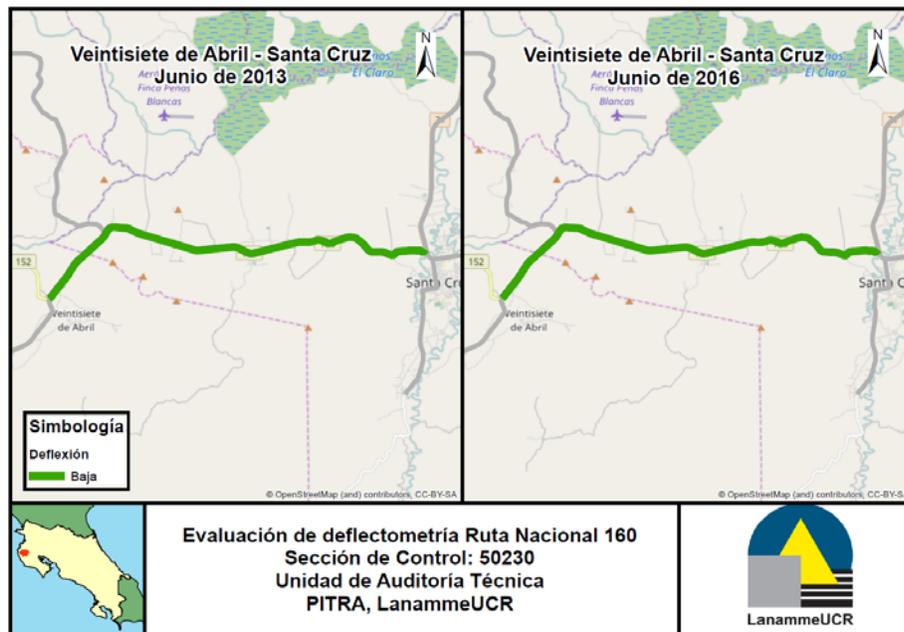


Figura 15. Evaluación estructural con FWD del tramo Veintisiete de Abril – Santa Cruz

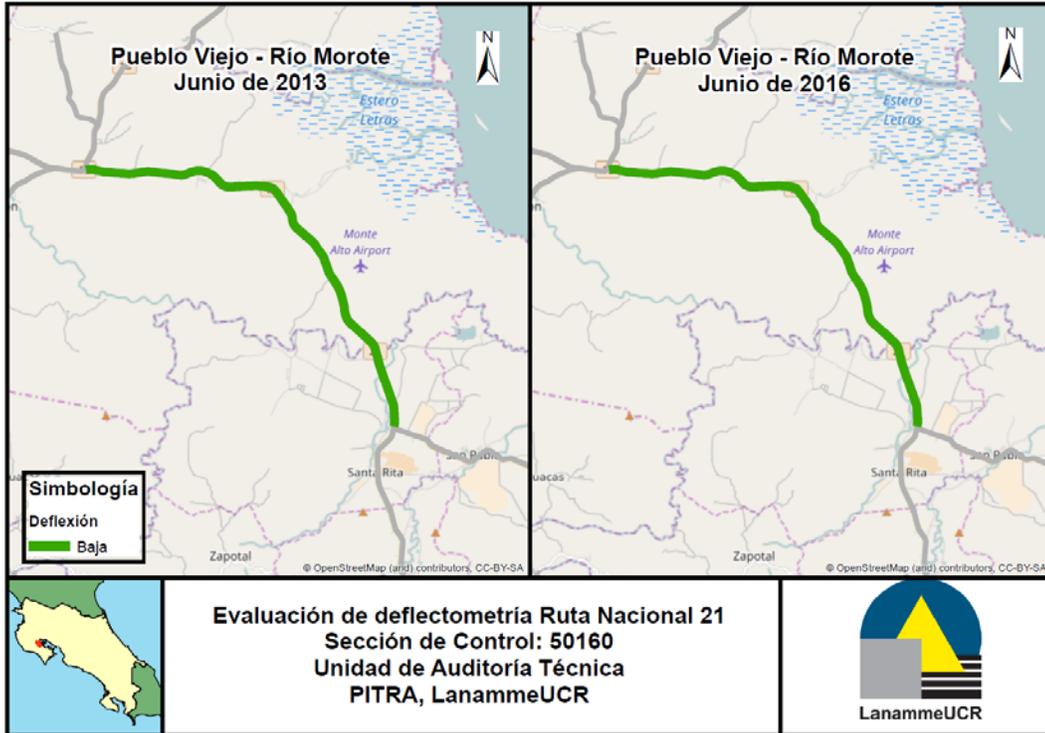


Figura 16. Evaluación estructural con FWD del tramo Pueblo Viejo – Río Morote

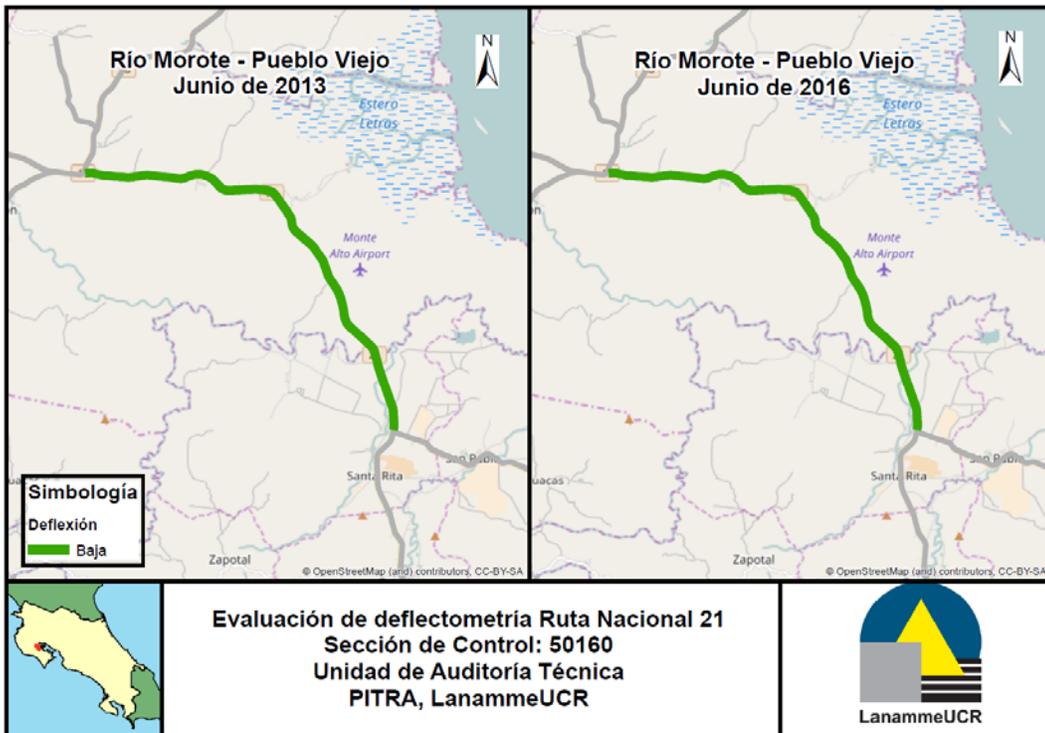


Figura 17. Evaluación estructural con FWD del tramo Río Morote – Pueblo Viejo

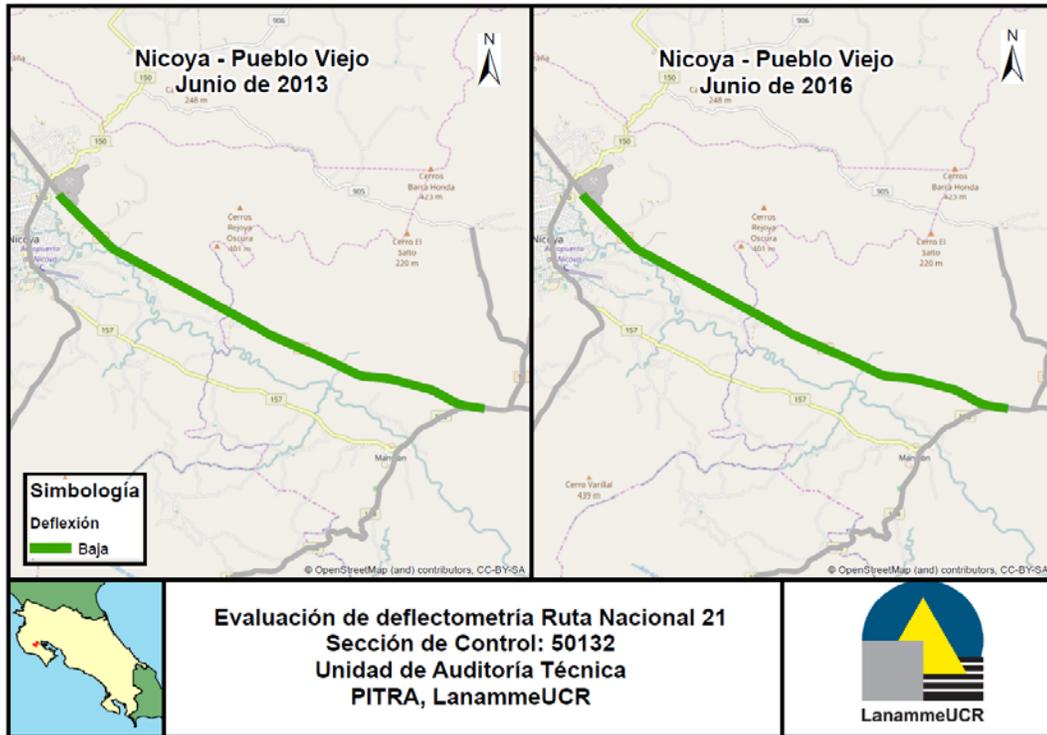


Figura 18. Evaluación estructural con FWD del tramo Nicoya – Pueblo Viejo

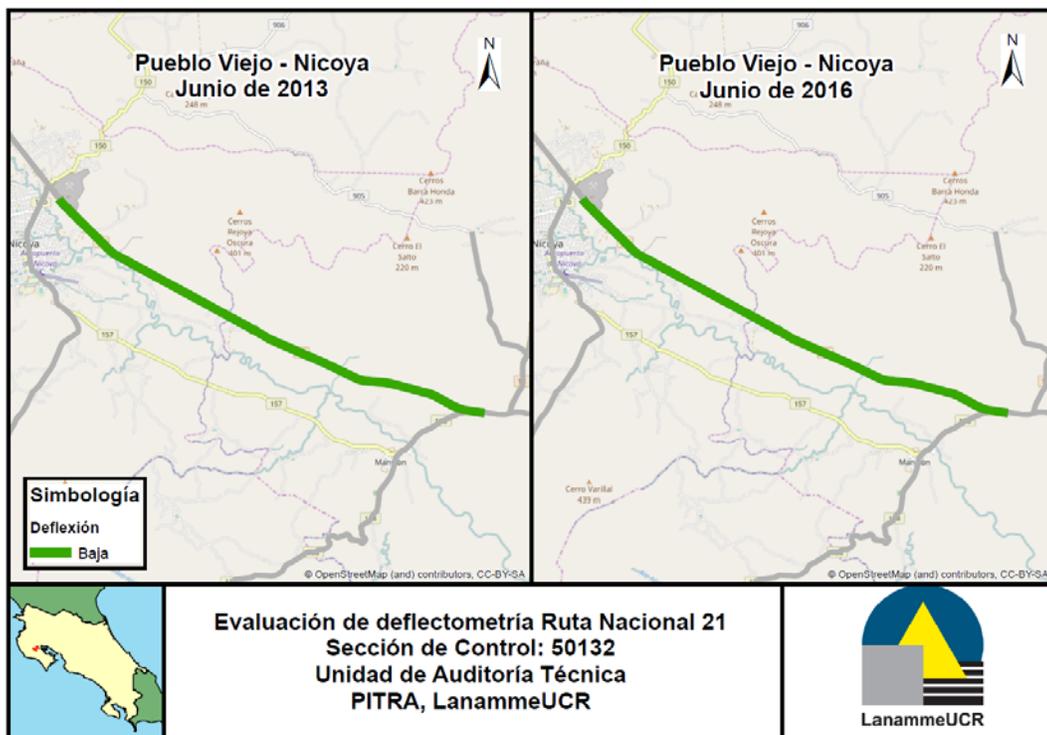


Figura 19. Evaluación estructural con FWD del tramo Pueblo Viejo - Nicoya

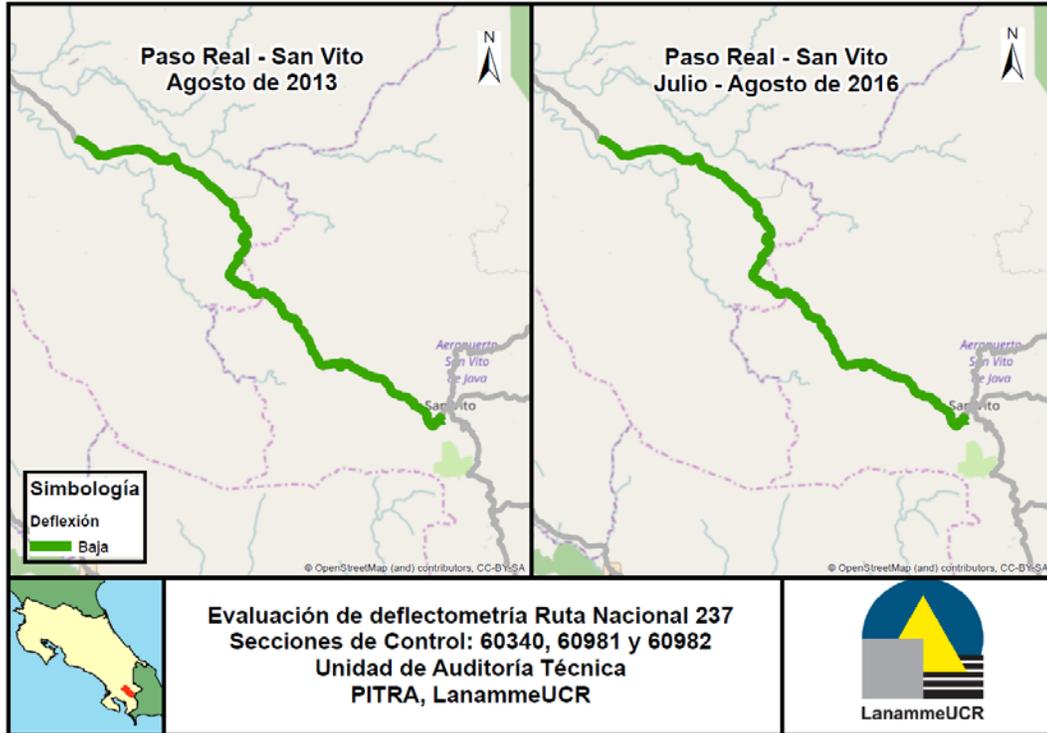


Figura 20. Evaluación estructural con FWD del tramo Paso Real – San Vito

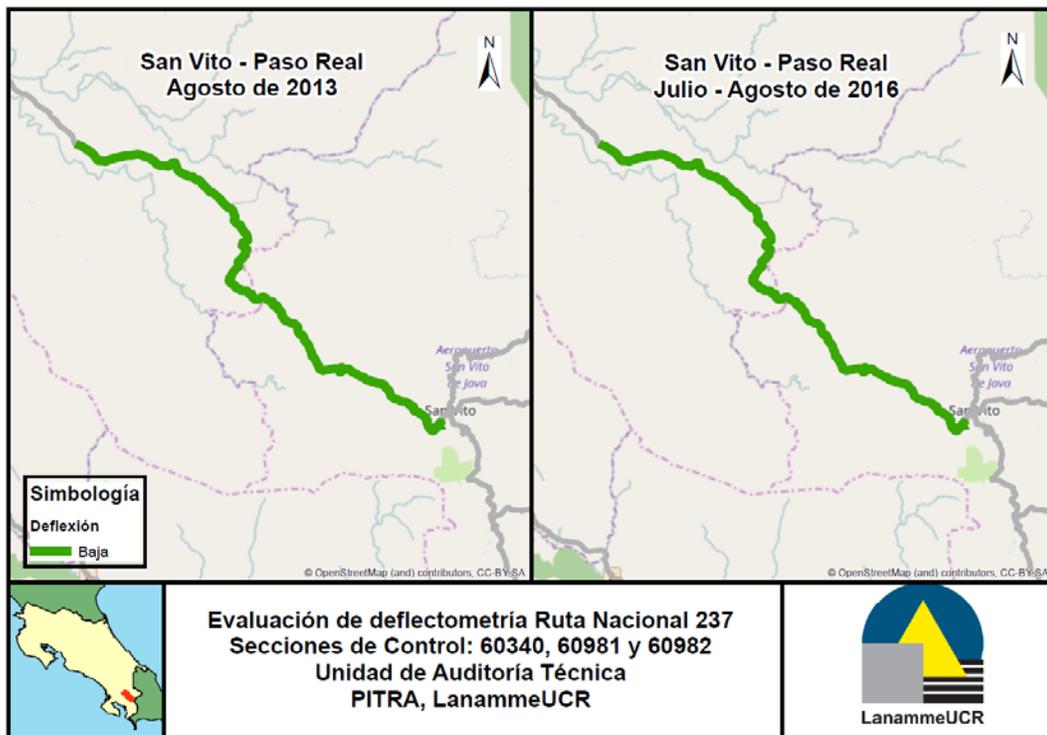


Figura 21. Evaluación estructural con FWD del tramo San Vito – Paso Real



Por otra parte, como se muestra en la Figura 22 y Figura 23, la condición estructural del proyecto San Vito – Agua Buena mejora entre los años 2013 y 2016. Nuevamente este comportamiento se debe a que al momento de realizar la medición inicial de FWD en 2013, la carretera no se había intervenido en su totalidad, de modo que en 2016 la condición estructural registrada mejoró.

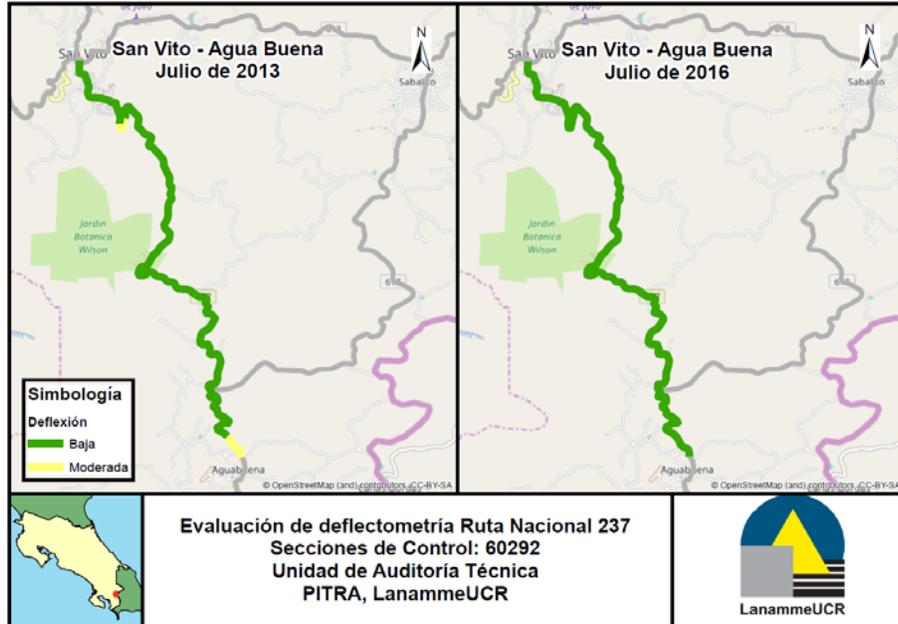


Figura 22. Evaluación estructural con FWD del tramo San Vito – Agua Buena

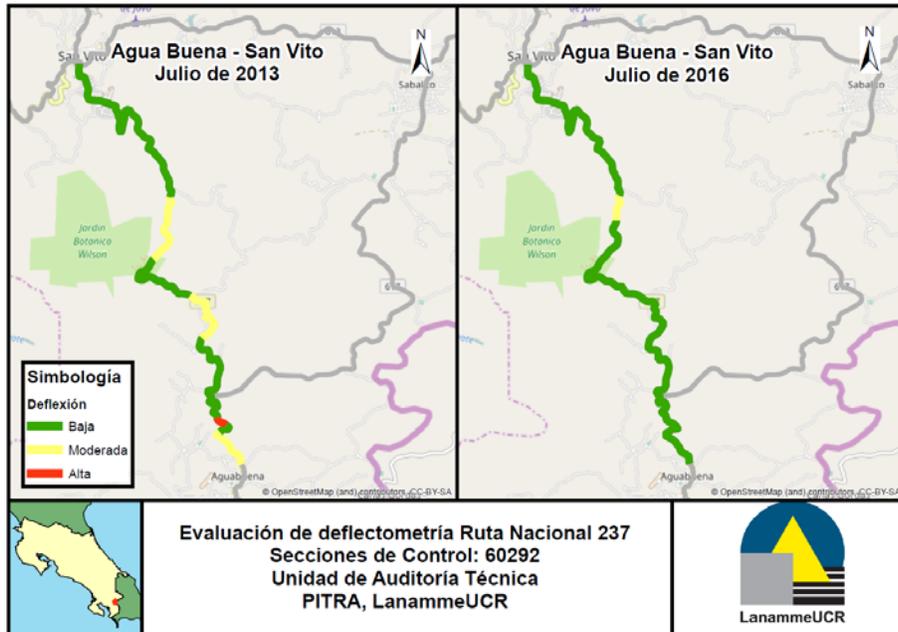


Figura 23. Evaluación estructural con FWD del tramo Agua Buena – San Vito



En la Tabla 13 y en la Figura 24 se muestra una síntesis de la condición estructural de los proyectos de rehabilitación en los años 2013 y 2016, de acuerdo con los parámetros establecidos en el informe de evaluación de la red vial nacional pavimentada.

Tabla 13. Variación de las deflexiones en proyectos especiales en los años 2013 y 2016

Proyecto	Longitud (km)	Sentido	2013			2016		
			Baja	Moderada	Alta	Baja	Moderada	Alta
Río Tenorio – Cañas (RN 6)	23,6	(a)	60%	0%	40%	71%	0%	29%
		(b)	55%	0%	45%	74%	0%	26%
Santa Cruz – Veintisiete de Abril (RN 160)	15,8	(a)	100%	0%	0%	100%	0%	0%
		(b)	100%	0%	0%	100%	0%	0%
Pueblo Viejo – Río Morote (RN 21)	14,9	(a)	100%	0%	0%	100%	0%	0%
		(b)	100%	0%	0%	100%	0%	0%
Nicoya – Pueblo Viejo (RN 21)	12	(a)	100%	0%	0%	100%	0%	0%
		(b)	100%	0%	0%	100%	0%	0%
Paso Real – San Vito (RN 237)	37,2	(a)	100%	0%	0%	100%	0%	0%
		(b)	100%	0%	0%	100%	0%	0%
San Vito – Agua Buena (RN 237)	12,5	(a)	93%	7%	0%	100%	0%	0%
		(b)	70%	28%	2%	96%	4%	0%

Nota: El sentido (a) coincide con el mencionado en la columna "Proyecto".

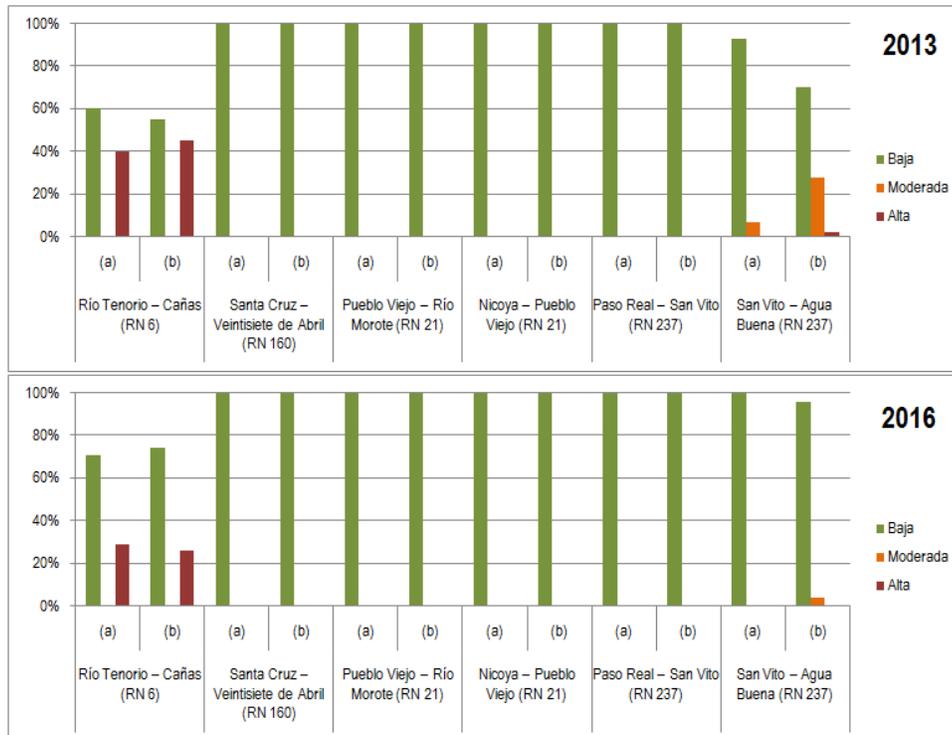


Figura 24. Gráfico que muestra la variación en las deflexiones de los proyectos en los años 2013 y 2016



Una deflexión baja, registrada a partir del ensayo de FWD, se relaciona con una buena capacidad estructural del pavimento. Por lo tanto, a partir de la información mostrada en Tabla 13, se puede afirmar que el desempeño de los proyectos de rehabilitación estudiados refleja una buena capacidad estructural tres años después de haberse construido.

Se considera que una de las razones por las cuales la condición estructural de los proyectos estudiados fue buena y se mantuvo constante entre los periodos de estudio es que gran parte de estas obras contó con el aporte de una base estabilizada con cemento. Una de las principales ventajas del uso de bases estabilizadas, en comparación con las bases sin estabilizar, es que permite impermeabilizar en mayor grado la estructura evitando afectaciones críticas en el módulo producto de las variaciones estacionales. Además, la estabilización de bases granulares es una técnica que corrige las deficiencias de un material que, por sí solo, no cumple con especificaciones, por su dureza y capacidad de soporte, características que se pierden a través de los años con el paso de las cargas, la penetración del agua o la contaminación del material, generando problemas cada vez mayores en la estabilidad de la estructura, considerando además que el incremento en las cargas crece con el tiempo.

Por último, es criterio del equipo auditor, que el buen desempeño estructural asociado a estos proyectos de rehabilitación permitió que su capacidad funcional (IRI) se mantuviese constante, ya que la buena capacidad estructural es un aspecto que define la tasa con la cual un pavimento se deteriora en el tiempo, de modo que, pavimentos con buena capacidad estructural tienden a deteriorarse a una menor tasa, siempre y cuando tengan eficientes sistemas de drenaje. Esto lleva consigo, una menor inversión en mantenimiento en el tiempo, logrando conservar una condición buena con un mantenimiento preventivo.



12. CONCLUSIONES

A pesar de que la condición funcional de los proyectos de rehabilitación estudiados no fue buena desde un principio, de acuerdo con los criterios establecidos en el CR-2010, se considera un aspecto positivo que la regularidad de estos proyectos se haya mantenido constante entre los años 2013 y 2016. Lo mencionado anteriormente, permite resaltar la importancia que representa para el país la inclusión del ensayo de IRI como factor de pago en los nuevos contratos de conservación vial.

De acuerdo con lo observado en este informe, se podría esperar que los nuevos proyectos evaluados mediante criterios funcionales de desempeño, mantengan una condición de regularidad constante, al igual que los proyectos de rehabilitación analizados en este informe, pero en estos casos se estaría asegurando que la regularidad superficial de estas obras sea buena desde un inicio.

Se desconoce los motivos por los cuales la condición de regularidad superficial en los proyectos estudiados fue deficiente; sin embargo, esta situación puede ocurrir a raíz de malas prácticas constructivas. Por ejemplo, el uso de “traba”, excesos de mezcla asfáltica en la tolva, discontinuidad en el proceso de colocación, colocación de excedentes de mezcla en la superficie del pavimento previo a su compactación, entre otras. También se debe considerar que el acabado final de una carretera no depende solo del proceso constructivo de la capa asfáltica de rodadura, siendo importante considerar que debe procurarse que el acabado superficial de la base sea lo más regular posible, con tal de evitar que las irregularidades superficiales se vean reflejadas en la carpeta asfáltica de rodadura, afectando las condiciones de regularidad finales del proyecto.

Se observó que los proyectos de rehabilitación analizados presentaron una buena capacidad estructural tanto en el año 2013 como en el año 2016. Es criterio del equipo auditor, que esta condición se atribuye en gran medida al hecho de que estos proyectos se construyeron, en su mayoría, sobre bases estabilizadas, que por sus propiedades mecánicas representan un aporte estructural considerable al pavimento.

La capacidad estructural es un aspecto que define la tasa con la cual un pavimento se deteriora en el tiempo, de este modo, se considera que la buena capacidad estructural observada en los proyectos especiales es uno de los principales factores que benefició la poca variación observada en los proyectos con respecto a su capacidad funcional.

Es criterio del equipo auditor, que los proyectos analizados en el presente informe aún están en una etapa inicial, donde la tasa de deterioro no es marcada. Sin embargo, se considera que esta tendencia puede cambiar en un periodo corto de tiempo, ya que un deterioro sin atender, por ejemplo: un bache o una grieta, puede provocar una disminución acelerada en el nivel de servicio de la carretera.



13. RECOMENDACIONES

A la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes:

Al considerar lo mencionado anteriormente, con respecto a la importancia que representa una buena capacidad estructural del pavimento en la disminución de la tasa con la cual se deteriora una carretera, se recomienda considerar la implementación de otros parámetros de desempeño como factores de aceptación. Por ejemplo, criterios que reflejen la capacidad estructural del pavimento, como un análisis de deflectometría de impacto. Lo anterior, con el propósito de asegurar que la inversión en mantenimiento de la infraestructura vial de país sea efectiva, además de trasladarle al contratista el riesgo de un trabajo deficiente.

En aras de mejorar la regularidad superficial de los trabajos de conservación, se recomienda prestar mayor atención al proceso constructivo asociado a los trabajos de conservación vial, evitando el uso de “traba”, excesos de mezcla asfáltica en la tolva, colocación de excedentes de mezcla en la superficie del pavimento previo a su compactación, entre otras. Además, se recomienda verificar que la superficie anterior a la capa asfáltica de rodadura tenga un acabado uniforme, pues como se ha mencionado, las irregularidades en la base tienden a reflejarse en la capa asfáltica de rodadura, provocando una condición de regularidad final deficiente. Esta medida es particularmente importante en aquellos trabajos, que de acuerdo con el nuevo cartel de licitación (2014LN-000018-0CV00), la condición de regularidad superficial no es un factor de pago. Por ejemplo: Bacheo a profundidad parcial con mezcla asfáltica en caliente.

El uso de bases estabilizadas representa un gran aporte estructural al pavimento. Sin embargo, cuando se utiliza cemento para estabilizar estas bases, se deben tener algunos cuidados para disminuir el agrietamiento por contracción y evitar que las grietas en la base se vean reflejadas en la superficie de la carretera, permitiendo que el agua ingrese a las capas subyacentes, y consecuentemente provocando un deterioro acelerado del pavimento. Para evitar esto, se recuerda a prestar atención a los siguientes aspectos, Arce (2011):

- Una vez construida la base se debe sellar de inmediato para garantizar un buen curado. No se debe curar haciendo riegos con agua.
- Se debe garantizar un proceso constructivo de calidad informe. Para esto se requiere el mezclado en planta y la colocación con máquina extendedora.
- Cuando se aumenta la energía de compactación y se controla la dosificación del agua alrededor del punto de máxima resistencia, el potencial de agrietamiento disminuye.

Por último, se recuerda que estos proyectos, a pesar de que presentan una baja tasa de deterioro, no están exentos de mantenimiento y se resalta la importancia de brindarles una atención oportuna. Lo anterior, con el propósito de evitar un deterioro acelerado del pavimento y que consecuentemente sea necesario realizar una inversión mayor de rehabilitación o reconstrucción de la carretera.



14. REFERENCIAS

1. *American Society for Testing and Materials (ASTM)*. Standard Guide for General Pavement Deflection Measurements ASTM D4695-03. Estados Unidos: ASTM.
2. Arce, M. (2011). *Bases estabilizadas con cemento: Algunos comentarios sobre sus ventajas e inconvenientes*. San Pedro, Montes de Oca: LanammeUCR.
3. Consejo Nacional de Vialidad (2015). Licitación Pública No. 2009LN-000003-CV "Proyectos de conservación vial de la Red Vial Nacional Pavimentada (CV) por precios unitarios". CONAVI, San José, Costa Rica.
4. 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.
5. Contraloría General de la República. (2007). *Informe sobre los resultados del estudio de la calidad de la información, de los procedimientos, de la metodología y del análisis que sustentan la priorización de las rutas que son intervenidas mediante la conservación vial, con cargo en la licitación pública N. 1-2005*. San José, Costa Rica: División de Fiscalización Operativa y Evaluativa.
6. LanammeUCR. (2008). *Desarrollo de herramientas de gestión con base en la determinación de índices Red Vial Nacional*. San Pedro, Montes de Oca: Unidad de Investigación.
7. LanammeUCR. (2012). *Evaluación de la gestión de las actividades de rehabilitación vial en la Ruta Nacional N°1, carretera Bernardo Soto, Sección de control 20010, tramo Intercambio Aeropuerto – Intercambio Manolo's (LM-PI-AT-040-12)*. San Pedro, Montes de Oca: Unidad de Auditoría Técnica.
8. LanammeUCR. (2013). *Análisis de la calidad del material de préstamo, sub-base y base estabilizada: Proyecto: Ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional No. 1 Carretera Interamericana Norte, Sección Cañas – Liberia. LPI No. 2011LI-000004-0DI00 (LM-PI-AT-047-13)*. San Pedro, Montes de Oca: Unidad de Auditoría Técnica.
9. LanammeUCR. (2014). *Estudio de la planificación de los proyectos de rehabilitación a cargo de la licitación pública No. 2009LN-000003-CV dentro del marco de la planificación estratégica del Consejo Nacional de Vialidad (LM-PI-AT-012-13)*. San Pedro, Montes de Oca: Unidad de Auditoría Técnica.



10. LanammeUCR. (2015). *Informe de evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica años 2014 - 2015*. San Pedro, Montes de Oca: Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional.
11. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (1977). *Especificaciones Generales para la construcción de Caminos, Carreteras y Puentes*. San José.
12. 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.
13. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2013). *Anuario de información de tránsito*. San José, Costa Rica: Dirección de Planificación Sectorial, Unidad de Estudios de Tráfico e Investigación.
14. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2015). *Anuario de información de tránsito*. San José, Costa Rica: Dirección de Planificación Sectorial, Unidad de Estudios de Tráfico e Investigación.
15. Orozco, E. (2007). Zonificación Climática de Costa Rica para la Gestión de Infraestructura Vial. Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.



EQUIPO AUDITOR		
Preparado por: Ing. Luis Diego Herra Gómez Auditor Técnico	Preparado por: Ing. Sergio Guerrero Aguilera Auditor Técnico	Revisado por: Ing. Mauricio Salas Chaves Auditor Técnico
Revisado por: Ing. Jose David Rodriguez Morera Auditor Técnico	Aprobado por: Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc. Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica - PITRA	Aprobado por: Ing. Guillermo Loría Salazar, Ph.D. Coordinador General PITRA
	Visto bueno de legalidad: Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal Externo LanammeUCR	