



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

Informe: INF – PITRA – 009 – 2014

Evaluación de la Ruta Nacional 245, tramo entre los poblados de Rincón y Puerto Jiménez, Península de Osa, Costa Rica

Informe Corto

Preparado por:

**Unidad de Gestión y Evaluación
de la Red Vial Nacional
PITRA – LanammeUCR**

San José, Costa Rica
Enero, 2014



Documento generado con base en el Art. 6 incisos c) y d) de la Ley 8114 y lo señalado en el Capít.2, Art. 3 al 19 Reglamento al Art. 6 de la precitada ley, publicado mediante decreto DE-37016-MOPT.

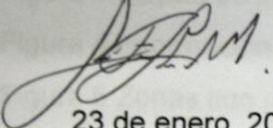
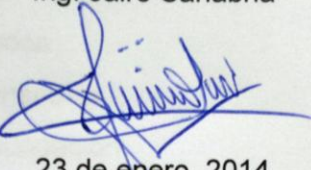
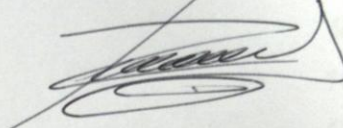

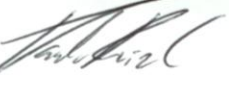
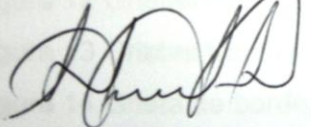
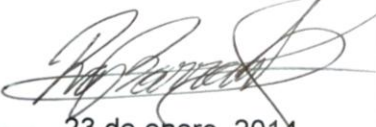

1. Informe INF – PITRA – 009 – 2014		2. Copia No. 1
3. Título Evaluación de la Ruta Nacional 245, tramo entre los poblados de Rincón y Puerto Jiménez, Península de Osa, Costa Rica		4. Fecha del Informe Enero, 2014
5. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
6. Notas complementarias		
7. Resumen <i>La Ruta Nacional 245, específicamente el tramo comprendido entre las poblaciones de Rincón y Puerto Jiménez, en la Península de Osa, ha recibido en los últimos años una inversión muy importante en infraestructura, a pesar del relativo poco tránsito que por dicho tramo circula. En cumplimiento de los mandatos de la Ley 8114, funcionarios de la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional del PITRA-LanammeUCR realizaron, a finales de setiembre del 2013, una visita al tramo para evaluar el estado actual de la ruta. Se detectaron problemas de agrietamientos transversales en la carpeta asfáltica, problemas de las estructuras de manejo de aguas, mal estado de la señalización horizontal, y guardavías utilizados de manera incorrecta. Este informe resume algunos hallazgos importantes, mostrando imágenes de lo visto en dicha gira.</i>		
8. Palabras clave Ruta 245, grietas, deterioros, guardavías, cunetas	9. Nivel de seguridad Ninguno	10. No. de páginas 37
11. Preparado por Ing. José Francisco Garro, M.Geog.  23 de enero, 2014	Ing. Jairo Sanabria  23 de enero, 2014	Ing. Ronald Naranjo  23 de enero, 2014
Ing. Christian Valverde  23 de enero, 2014	Geol. Pablo Ruiz, PhD  23 de enero, 2014	
12. Revisado por Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal LanammeUCR  23 de enero, 2014	Ing. Roy Barrantes Jiménez Coordinador, Unidad de Evaluación Red Vial Nacional  23 de enero, 2014	13. Aprobado por Ing. Guillermo Loría S., PhD. Coordinador General PITRA  23 de enero, 2014



TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción	5
2. Descripción geológica del proyecto	6
3. Susceptibilidad a amenazas naturales de la zona	8
4. Hallazgos detectados: deflexiones en la estructura del pavimento	12
5. Hallazgos detectados: regularidades superficiales del pavimento	14
6. Hallazgos detectados: resistencia contra el deslizamiento superficial	14
7. Notas de calidad con base en los indicadores de evaluación	15
8. Hallazgos detectados: deterioros superficiales de la carpeta asfáltica	17
9. Hallazgos detectados: estado de la señalización horizontal	20
10. Hallazgos detectados: estructuras de manejo de aguas	21
11. Hallazgos detectados: obras geotécnicas	30
12. Conclusiones y Recomendaciones	32
Anexo: Mapas obtenidos, parámetros de evaluación de la Red Vial Nacional	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del tramo en estudio	6
Figura 2 Mapa geológico de la zona	7
Figura 3 Mapas de sismos registrados	9
Figura 4 Información de lluvias mensuales	10
Figura 5 Zonas con potencial de inundación	11
Figura 6 Resultados obtenidos con el deflectómetro de impacto	13
Figura 7 Tramos homogéneos de la ruta	13
Figura 8 Resultados obtenidos con el perfilómetro láser	14
Figura 9 Resultados obtenidos de deslizamiento superficial	15
Figura 10 Muro de gaviones y agrietamiento, est. 42+600	18
Figura 11 Grietas transversales, est. 52+070	19
Figura 12 Grietas transversales y exudación, est. 55+200	19
Figura 13 Grietas transversales y longitudinal, est. 60+130	20
Figura 14 Grieta de borde, est. 68+760	20
Figura 15 Puente sobre el río Rincón	22



Figura 16 Alcantarilla, est. 44+640	22
Figura 17 Puente sobre el río Conte	23
Figura 18 Alcantarilla, est. 58+740	23
Figura 19 Puente sobre la quebrada Barrigones	24
Figura 20 Puente sobre el río Agujas	25
Figura 21 Puente sobre el río Torrejones	25
Figura 22 Alcantarilla, est. 67+240	26
Figura 23 Alcantarilla, est. 67+890	26
Figura 24 Alcantarilla, est. 68+770	27
Figura 25 Alcantarilla, est. 69+715	27
Figura 26 Alcantarilla, est. 70+690	28
Figura 27 Puente sobre el río Tigre	28
Figura 28 Falta de cunetas, est. 72+970	29
Figura 29 Estacionamiento 73+515	30
Figura 30 Puente sobre la quebrada Ignacia	30
Figura 31 Talud del est. 43+510	31
Figura 32 Talud del est. 43+600	31
Figura A1 Resultados obtenidos, deflectometría	35
Figura A2 Resultados obtenidos, regularidad superficial	36
Figura A3 Resultados obtenidos, deslizamiento superficial	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resumen de los indicadores obtenidos	15
Tabla 2 Notas de calidad Q con base en los resultados de los indicadores	16
Tabla 3 Recomendaciones de intervención	16
Tabla 4 Resultados obtenidos para el proyecto evaluado	17
Tabla 5 Sitios con reflexión de grietas en la carpeta asfáltica	19
Tabla 6 Resultados de retroreflectometría en los sitios evaluados	21



1. Introducción

El tramo evaluado, ubicado entre los poblados de Rincón y Puerto Jiménez, corresponde a 32,2 km de la Ruta Nacional 245. El mismo está ubicado en su totalidad en la Península de Osa, entre la línea de la costa (que se encuentra en promedio a 2 km de distancia) y el pie de monte del sistema montañoso de la zona, lo que condiciona parcialmente su trazado. Corresponde a una típica ruta de zona plana, con rectas relativamente largas, pocas curvas, buena visibilidad y cambios de pendientes casi ausentes. La Figura 1 muestra la ubicación del proyecto.

En los últimos años, se ha invertido gran cantidad de dinero en este tramo, colocándose una base estabilizada con cemento, y se asfaltó en su totalidad (2 carriles, uno por sentido), además de la construcción de cunetas en algunos puntos e instalación de guardavías en otros. El total de la inversión asciende a más de 14,6 mil millones de colones, y según datos del MOPT, el tramo cuenta con un TPD de aproximadamente 1800 vehículos.

Como parte de la función ordinaria de fiscalización y evaluación de la Red Vial Nacional que determina la Ley 8114, funcionarios de la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional del PITRA-LanammeUCR realizaron una gira de inspección los días 4 y 5 de setiembre del presente año. En el presente informe se resumen los hallazgos realizados en los temas de:

- Capacidad estructural mediante Deflectómetro de Impacto
- Capacidad funcional mediante Perfilómetro Láser
- Seguridad vial con el Medidor de Agarre Superficial y mediante evaluación de los guardavías construidos
- Estado de la señalización horizontal con el Retroreflectómetro Portátil
- Estado del pavimento mediante evaluación de deterioros superficiales
- Estado de obras hidráulicas mediante inspección de cunetas y alcantarillas

Este informe de seguimiento al desempeño del proyecto, complementa el informe de Auditoría Técnica del PITRA-LanammeUCR LM-AT-60-2009 de marzo del 2010. El esfuerzo de dar seguimiento expedito a proyectos viales de obra nueva, es un compromiso que el PITRA-LanammeUCR asume de forma rigurosa, con la mejor tecnología disponible y con el criterio técnico que brinda los más de 60.000 km de pavimentos de la red vial costarricense, evaluados en los últimos 10 años. Con base en lo anterior, este insumo para la Administración traza los derroteros que complementan el de brindar información acerca del comportamiento de una carretera, la cual debe mantener un alto estándar de servicio en toda la vida útil de diseño, y le recuerda a la Administración la necesidad de mantener un inventario y un monitoreo continuo de las obras viales. Es importante recalcar que este tipo de obras no puede ser abandonada al finalizar su construcción, sino que debe ser evaluada durante su vida útil, para constatar que se desempeña de acuerdo a su diseño y

para programar campañas de mantenimiento, basadas en las mejores técnicas de gestión vial.

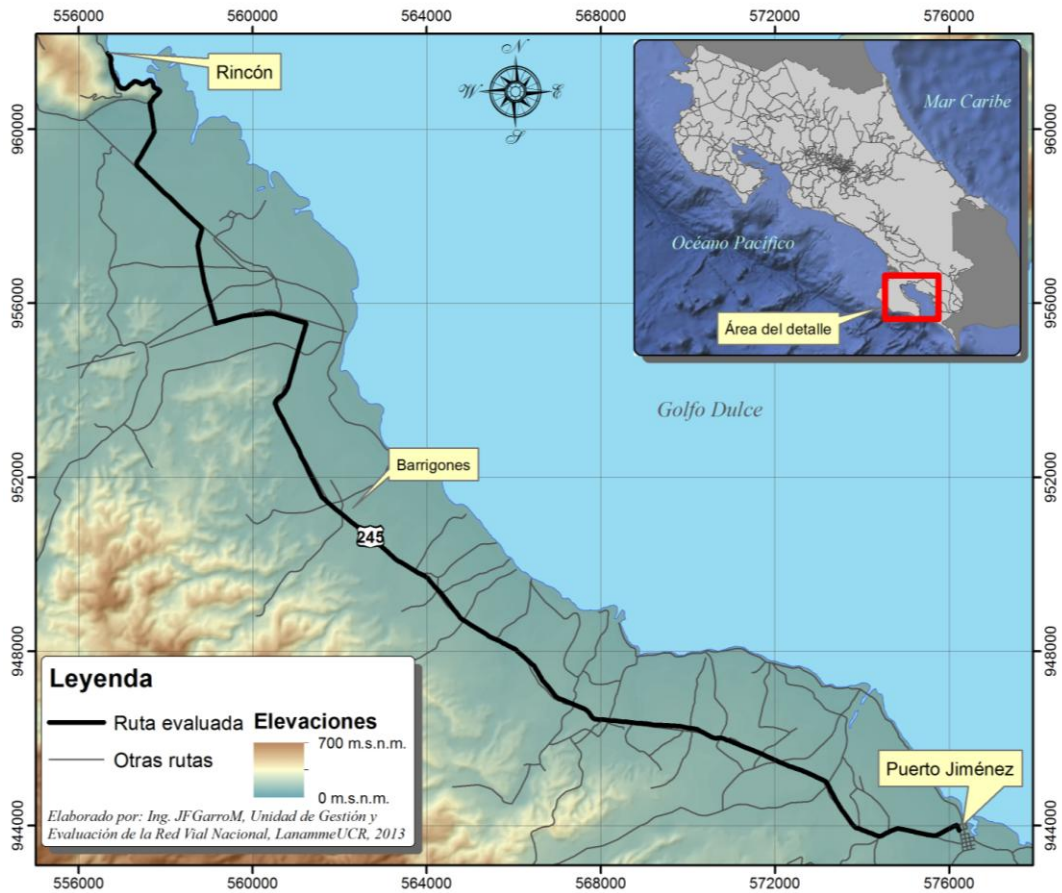


Figura 1: Ubicación del tramo en estudio

2. Descripción geológica general del sitio del proyecto

Según el mapa geológico de la Figura 2, que se basa en Denyer y Alvarado (2007) y Gardner et al (2013), la estratigrafía general de la zona se caracteriza por un basamento de fondo oceánico del Cretácico que está cubierto por *turbiditas* (sedimentos profundos) del *Neogeno* y finalmente por sedimentos marinos, de estuario y aluviones del cuaternario.

La ruta evaluada se encuentra específicamente sobre 2 unidades geológicas, estando una pequeña sección ubicada sobre el Complejo Ígneo de Osa, y la restante sobre el miembro Jiménez. Las rocas del Complejo Osa son de origen ígneo, y corresponden con basaltos fragmentados y muy alterados, presentando en algunos casos meteorización esferoidal y mala consistencia. Por su parte, las rocas del miembro Jiménez están formadas por sedimentos marinos, poco consolidados y litificados, generados en zonas intramareas y de alta energía. Existen también zonas

donde se localizan aluviones recientes, que presentan cantos rodados de tamaños centimétricos, arenas finas y medias, y limos. Esta unidad tiene un espesor considerable, y una edad menor a los 10.000 años.

Hacia la zona norte del tramo, cerca del poblado de Rincón, se ubican varios estuarios, que comprenden suelos arenosos limosos, y arcillas.

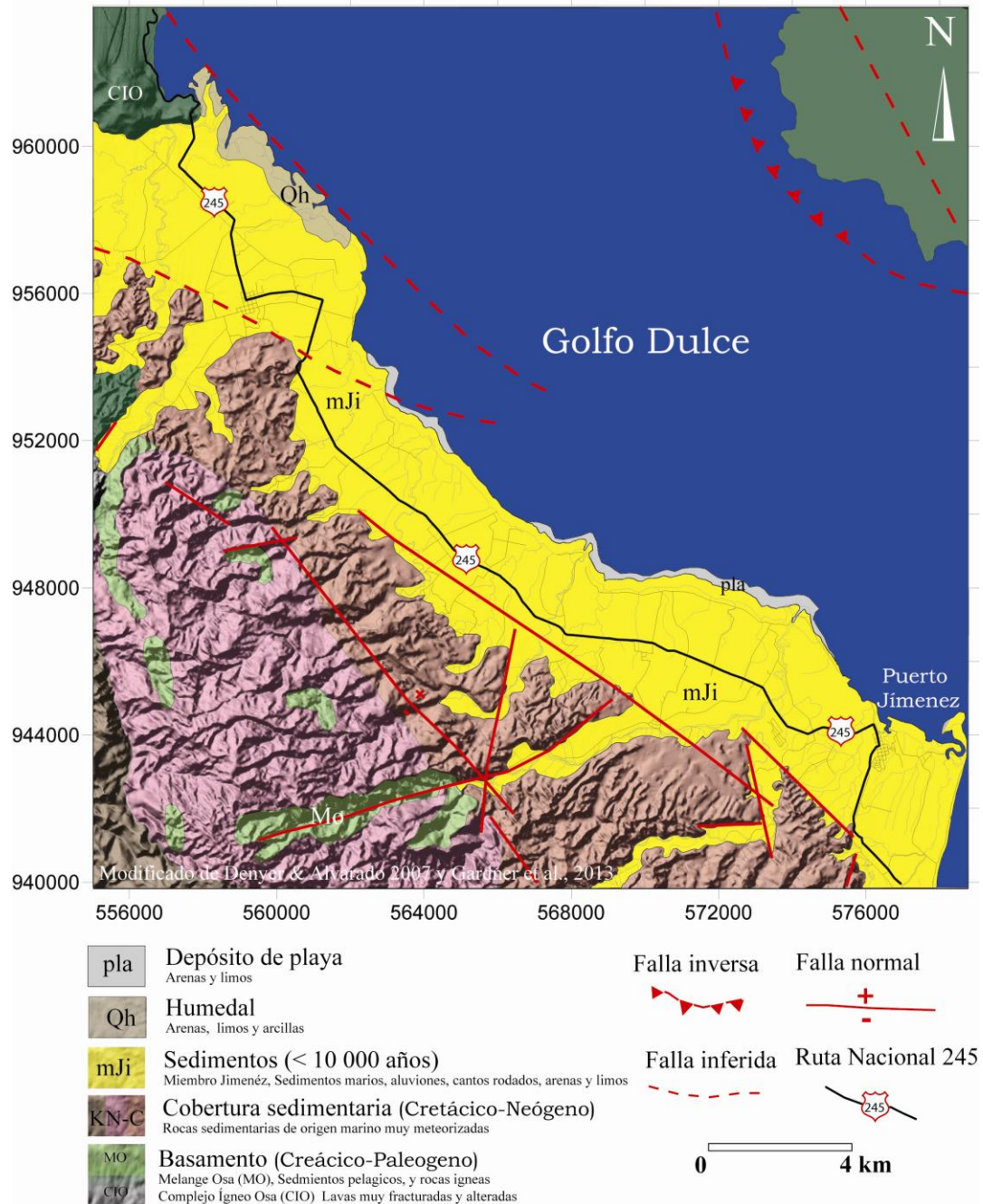


Figura 2: Mapa geológico de la zona (según Denyer, 2007 y Gardner, 2013)



3. Susceptibilidad a amenazas naturales en la zona

Desde el punto de vista sísmico, la zona sur del país es una de las más activas del país. A la fecha, se han identificado 3 fuentes sísmicas principales, a saber:

- La zona de subducción del Coco bajo la placa Caribe: se le asocian sismos fuertes y terremotos, entre los que destacan los de 1579, 1854, 1945, 1979 y 1983, teniendo este último una magnitud de 7.3 momento, según los registros de la Red Sismológica Nacional *RSN*.
- La zona de fractura de Panamá: corresponde a una serie de grandes fallas del fondo oceánico orientadas en sentido norte – sur, teniendo en algunos casos hasta 700 km de longitud. Sismos históricos asociados a esta zona son los de 1933, 1934, 1957, 1974, 1982 y 2003, todos ellos con magnitudes entre 6 y 6,9 (*RSN*).
- Fallamiento local dentro de la placa del Caribe: excepto por un sismo de magnitud 6,7 en la escala Richter ocurrido en 1934, los eventos generados por esta fuente tienden a ser de poca magnitud.

En la Figura 3 se ilustra un registro histórico de sismos para Costa Rica. La ruta evaluada se encuentra cerca de varias fallas locales con potencial de generar sismos, varias de ellas paralelas a la dirección del tramo, y una falla inferida lo cruza en sentido perpendicular.

Por el tipo de litologías del sitio, la ocurrencia de un sismo de magnitud importante puede generar los siguientes problemas:

- Deslizamientos: las zonas más vulnerables para verse afectadas por este tipo de amenaza se ubican en el sector norte de la zona de estudio donde la ruta corta rocas de Complejo Ígneo Osa. En esta zona hay cerros que presentan pendientes considerables y la meteorización de las rocas presentes podrían propiciar el disparo de deslizamientos o hundimientos en la vía. Deslizamientos en las zonas montañosas ubicadas al suroeste del proyecto, podrían generar flujos de detritos que bajen por los ríos de la zona y afectar los puentes y alcantarillas de la ruta.
- Licuación: las zonas más vulnerables para verse afectadas por este tipo de amenaza se ubican en toda la parte del proyecto que esté construido sobre las rocas del Miembro Jiménez, ya que esta amenaza se relaciona con suelos que presentan características similares a los de esta unidad. Ya ha ocurrido licuación en la zona sur del país por eventos sísmicos anteriores, entre los que destacan el Terremoto de Golfito de 1983 y el Terremoto de Puerto Armuelles del 2003.

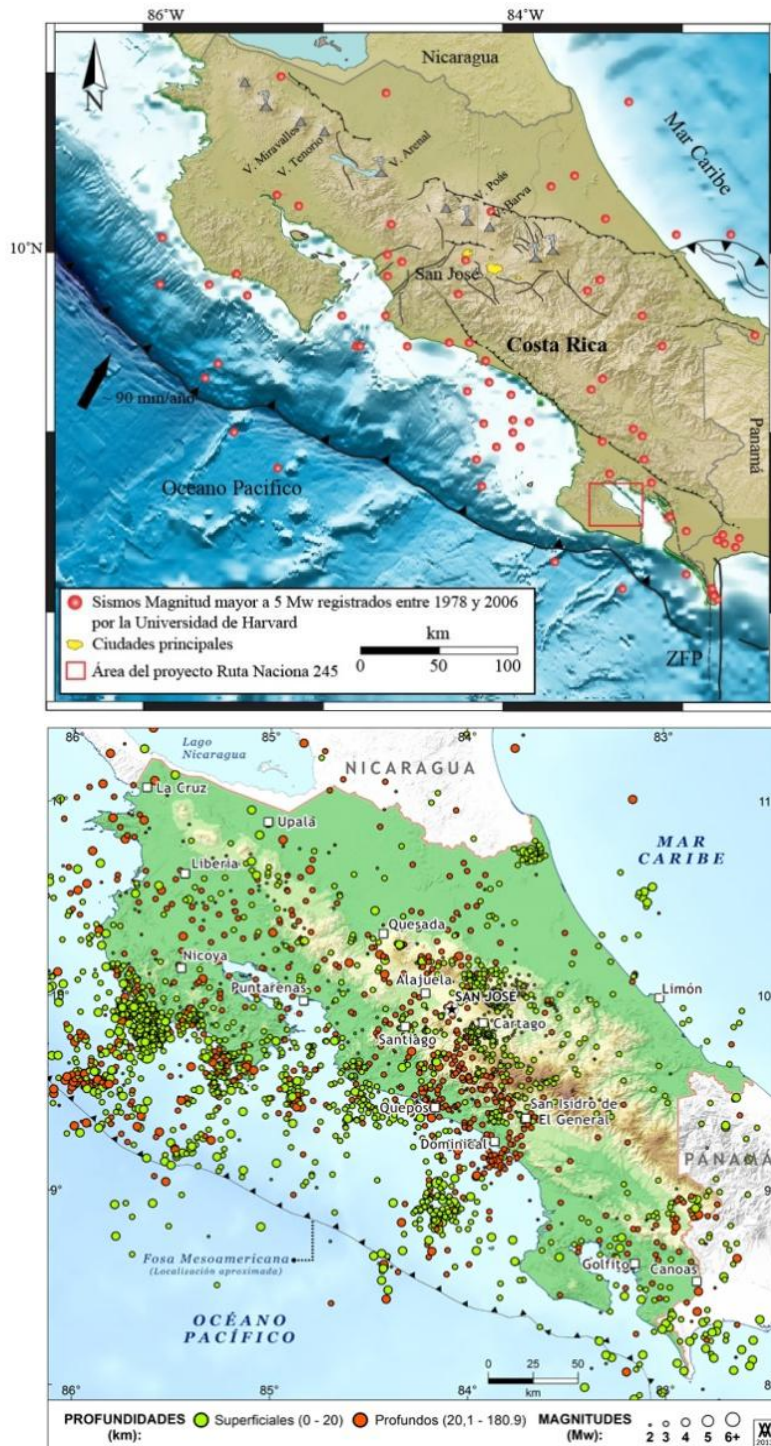


Figura 3: El mapa superior presenta los sismos registrados por la Universidad de Harvard entre 1978 y 2006 con magnitud superior a 5Mw, en el recuadro de color rojo se ubica la zona de estudio. El mapa inferior presenta todos los sismos registrados en el 2012 por la Red Sismológica Nacional con magnitud mayor a 2 Mw, se observa como en ambos mapas la Zona Sur del país ha presentado actividad sísmica importante.

Con respecto a la vulnerabilidad de la ruta a inundaciones, según los datos del IMN en la zona cae un promedio de 3.500 – 4.500 mm anuales, con 2 estaciones climáticas bien marcadas (estación seca marcada entre enero a marzo, y lluviosa entre los meses de abril – noviembre, siendo diciembre un mes de transición). Con base en los datos de los últimos 9 años, el período más lluvioso se concentra entre los meses de agosto a octubre, alcanzando en algunos casos los 900 mm mensuales (Figura 4).

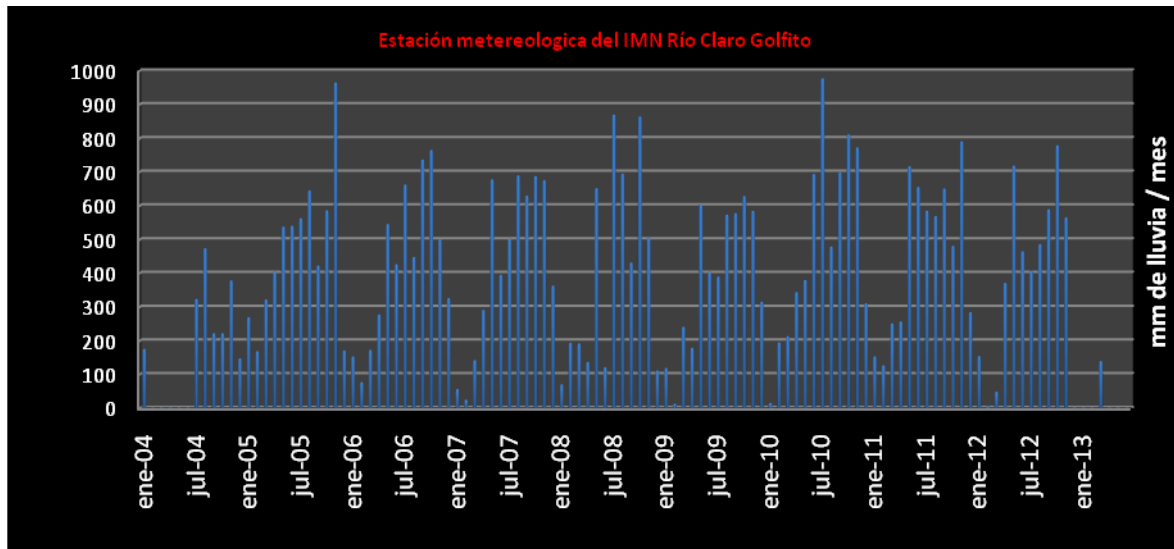


Figura 4: Información de lluvias mensuales de los años 2004 a mayo del 2013 en la estación meteorológica Río Claro Golfito del IMN ubicada a 40 km del sitio del proyecto.

De acuerdo al mapa de amenazas de la Comisión Nacional de Emergencias CNE del cantón de Golfito, entre Rincón y Puerto Jiménez, existen al menos 14 ríos o quebradas que tienen potencial de generar inundación, de los cuales 10 tienen relación directa con la Ruta Nacional 245. Al estar esta ruta cerca del Golfo Dulce, se puede producir el problema de inundación al coincidir lluvias fuertes, con mareas altas, que impiden a los ríos que atraviesan la ruta descargar de la mejor manera sus aguas.

Según personas consultadas en la zona, los ríos Agujas, Barrigones y Tigre son los que históricamente han presentado inundaciones en la zona (Figura 5).

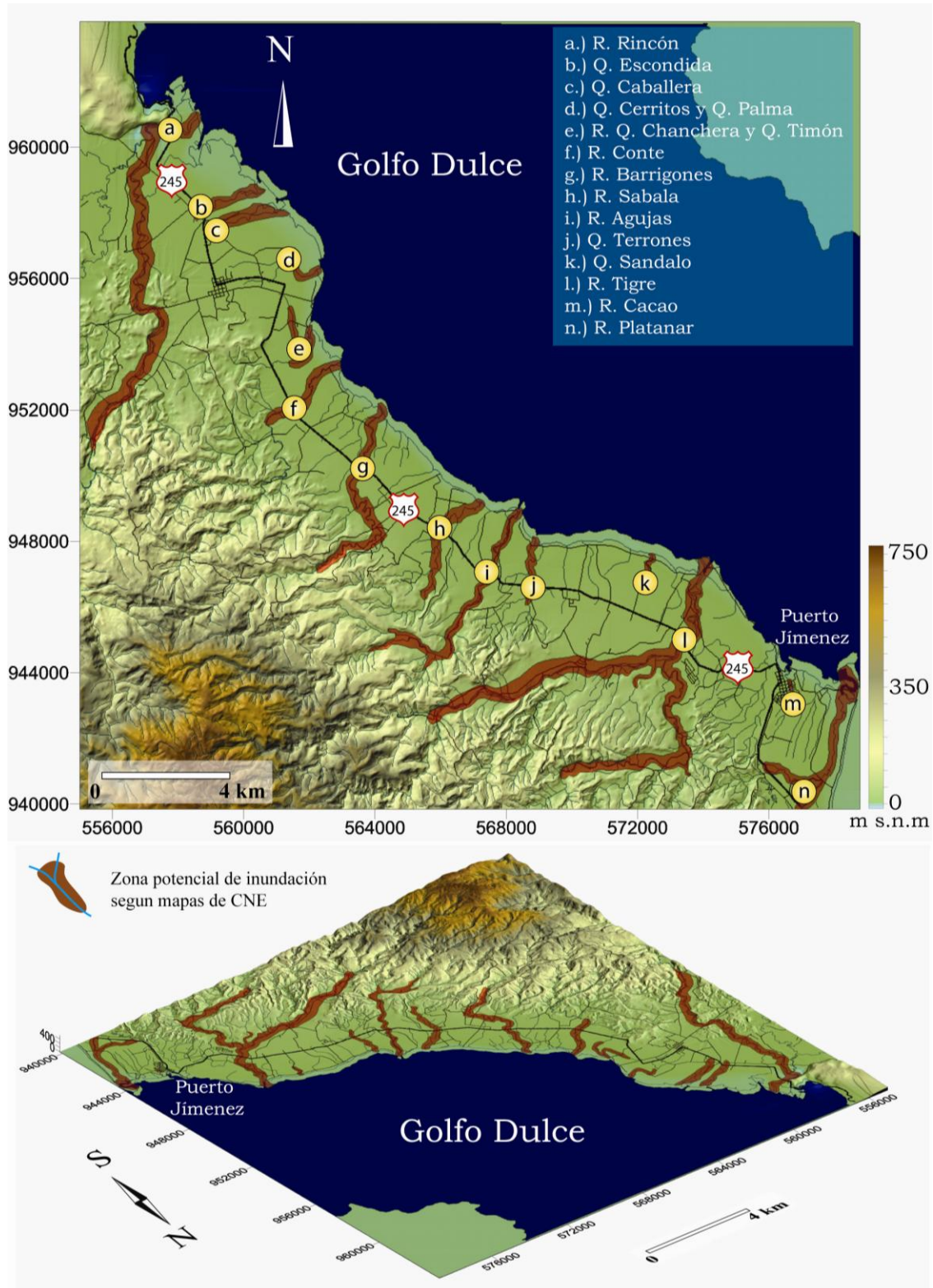


Figura 5: Mapa de zonas de potencial inundación según información de la CNE.



Debido a la cercanía de la ruta a la costa (en promedio se encuentra a 2 km), es de esperarse un nivel freático cercano a la superficie. Esto tiene consecuencias en el comportamiento mecánico de los suelos que brindan soporte tanto a la estructura de pavimento como a las obras de estabilización.

En la inspección de campo realizada se identificaron dos sitios en los cuales esta condición de saturación, en combinación con el tipo de suelos, puede estar afectando la estabilidad de dos muros de contención. Las estructuras como los muros de gavión o del sistema TerraMesh® construidos en el proyecto deben ser diseñados para disminuir los efectos negativos de la saturación de los suelos que los soportan. Se debe tener especial atención en que los sistemas de drenaje permitan, dentro de las posibilidades, evacuar el agua ante los cambios en el nivel freático o el ingreso del agua de mar en los suelos utilizados para cimentar estas obras.

Es recomendable que los drenajes de estas estructuras sean redundantes, ya que los cambios frecuentes del nivel del agua aumentan la demanda de la capacidad de evacuación a largo plazo. Los materiales empleados en la construcción de los muros deben estar libres de material orgánico y tener una plasticidad muy baja, como una forma de contrarrestar los efectos de la saturación.

4. Hallazgos detectados: deflexiones de la estructura de pavimento

Los detalles del Deflectómetro de Impacto utilizado, y la metodología seguida de evaluación aparecen en la Ficha Técnica FT-UGERVN-02-13, disponible en el sitio de Internet del LanammeUCR (www.lanamme.ucr.ac.cr). Al contar con base estabilizada, el tramo evaluado presenta deflexiones muy bajas en prácticamente la totalidad de su longitud, lo cual garantiza su capacidad estructural a medio y largo plazo (Figura 6). Sin embargo, y como se verá más adelante, se detectaron grietas longitudinales que pueden deberse a una falla del terraplén donde se construyó la estructura, y esto no puede ser detectado mediante el equipo utilizado. En el Anexo 1 se muestra el mapa de los resultados obtenidos con este parámetro de evaluación.

A partir de los resultados obtenidos en este parámetro, y conforme la metodología AASTHO de 1993, se calcularon los tramos homogéneos con la finalidad de detectar los distintos comportamientos del paquete estructural construido en el proyecto. Los resultados se muestran en la Figura 7, e indican 6 tramos homogéneos, a saber:

- Tramo 1: est. 42+840 (inicio del proyecto en Rincón) a est. 46+240
- Tramo 2: est. 46+240 a est. 50+390
- Tramo 3: est. 50+390 a est. 56+290
- Tramo 4: est. 56+290 a est. 59+330
- Tramo 5: est. 59+330 a est. 67+630
- Tramo 6: est. 67+630 a est. 74+650 (final del proyecto en Puerto Jiménez)

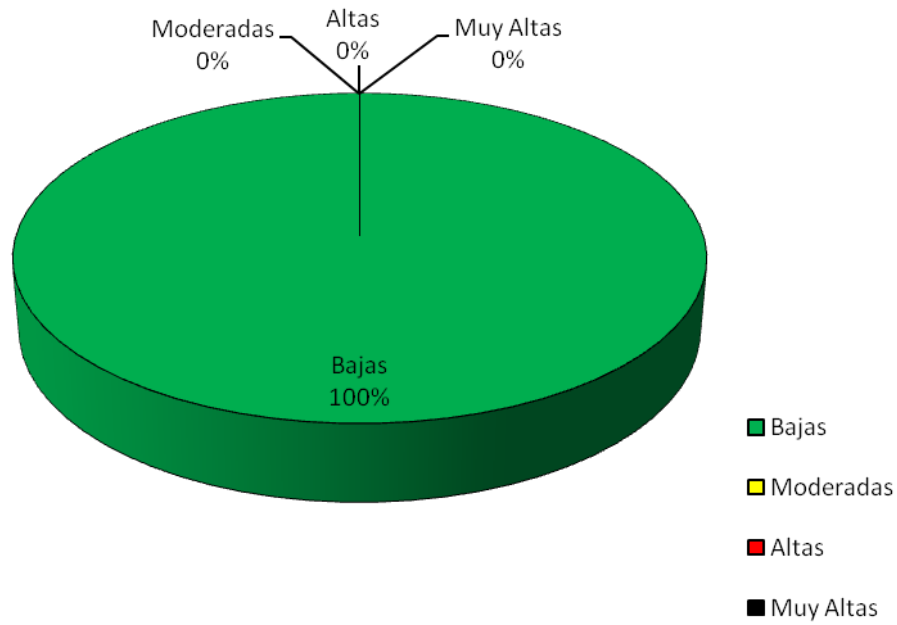


Figura 6: Resultados obtenidos con el Deflectómetro de Impacto

Tramificación Homogénea para FWD
Método de Diferencias Acumuladas

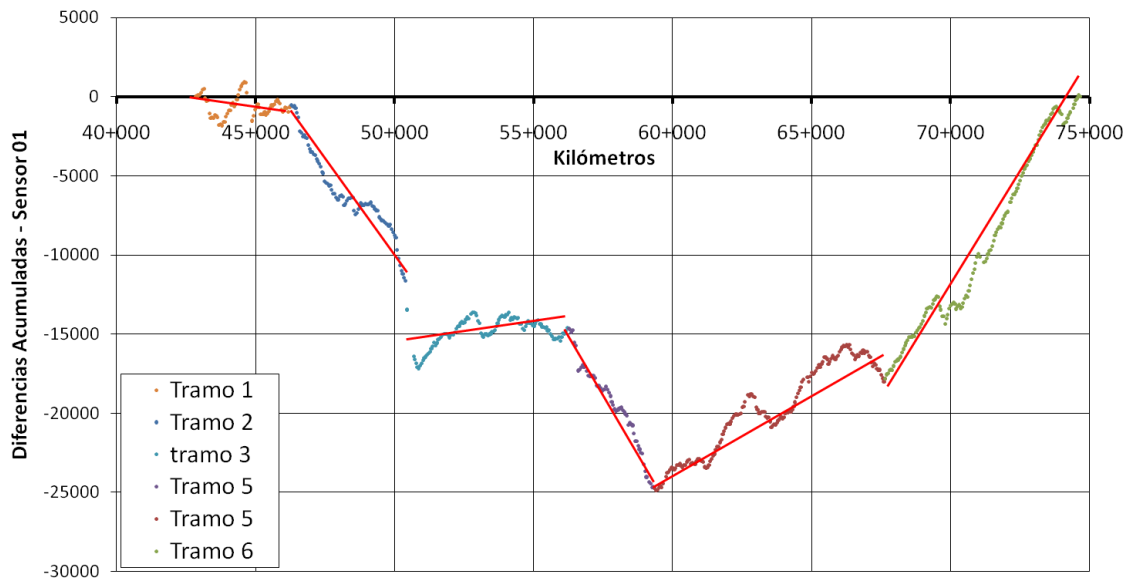


Figura 7: Tramos homogéneos obtenidos

5. Hallazgos detectados: regularidades superficiales del pavimento

Los detalles del Perfilómetro Láser utilizado, y la metodología seguida de evaluación aparecen en la Ficha Técnica FT-UGERVN-02-13, disponible en el sitio de Internet del LanammeUCR. Los resultados obtenidos, mostrados en la Figura 8, indican que el proyecto presenta un nivel de IRI regular en poco menos de tres cuartas partes de su longitud, y sólo una cuarta parte presenta un nivel bueno en este parámetro. En el Anexo 1 se muestra el mapa de los resultados obtenidos con este parámetro de evaluación.

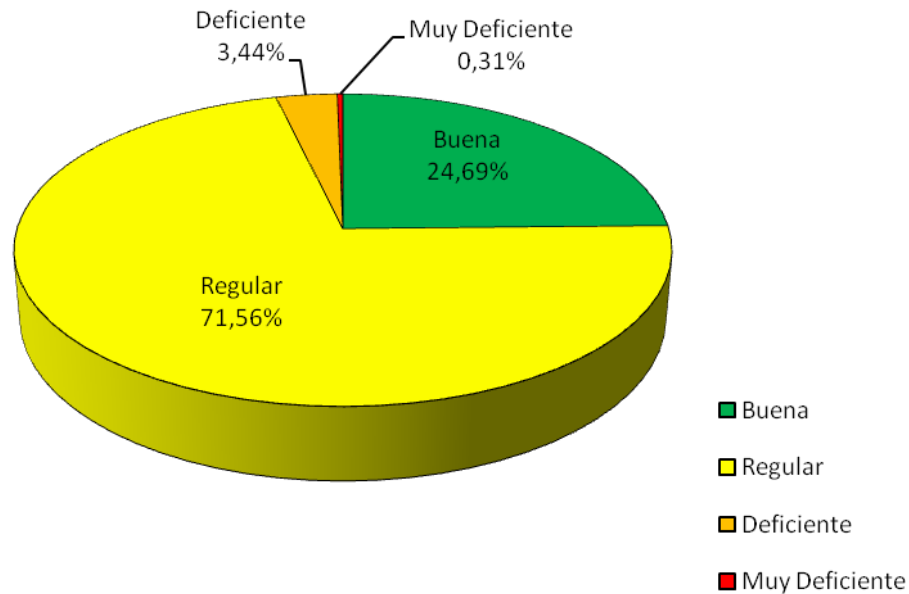


Figura 8: Resultados obtenidos con el Perfilómetro Láser

6. Hallazgos detectados: capacidad de agarre superficial

Los detalles del equipo de Medición de Rozamiento Superficial, y la metodología seguida de evaluación aparecen en la Ficha Técnica FT-UGERVN-02-13, disponible en el sitio de Internet del LanammeUCR. Los resultados obtenidos muestran que el 83% del tramo presenta un nivel de agarre en la categoría de “poco deslizante”, mientras que un 12% está en la categoría de “deslizante”. Esto indica que en condiciones de lluvia o temperaturas bajas, la carpeta asfáltica presenta niveles de deslizamiento que pueden generar problemas para los usuarios, ocasionando incluso accidentes en caso de que las velocidades señaladas no se respeten (especialmente en curvas), o el usuario deba realizar una maniobra brusca (frenada inesperada, un cambio de dirección, o una combinación de ambas). En el Anexo 1 se muestra el mapa de los resultados obtenidos con este parámetro de evaluación.

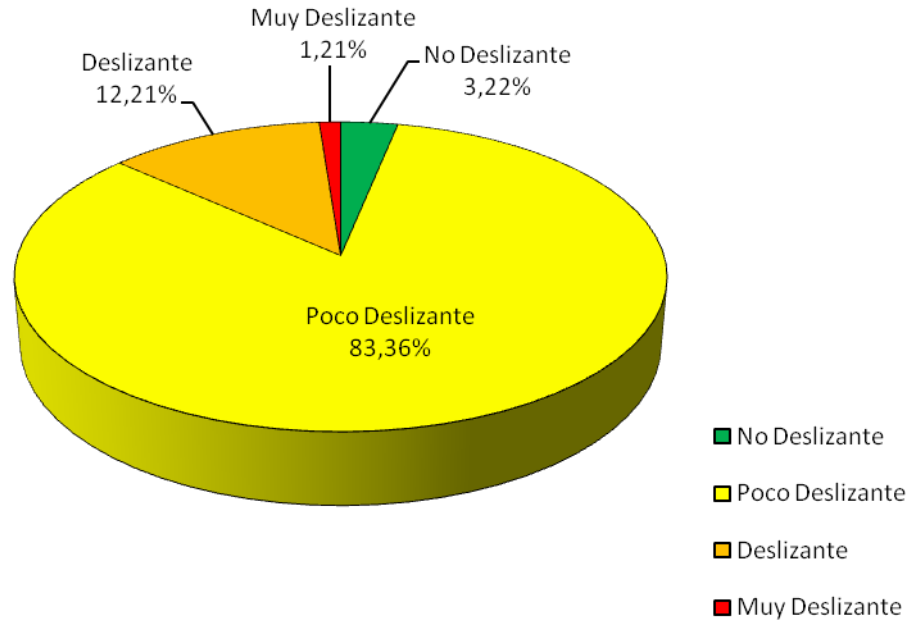


Figura 9: Resultados obtenidos con el Medidor de Agarre Superficial

7. Notas de calidad con base en los indicadores de evaluación

Para determinar la condición del proyecto se emplean las Notas Q, las cuales combinan todos los indicadores presentados anteriormente, para cada tramo homogéneo ubicado en el proyecto. Los resultados se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1: Resumen de los indicadores obtenidos en el proyecto

Tramos Homogéneos	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	Tramo 6
Est. Inicial	42+840	46+240	50+390	56+290	59+330	67+630
Est. Final	46+240	50+390	56+290	59+330	67+630	74+650
FWD _{promedio} (10 ⁻² mm)	11,75	14,55	12,32	14,97	11,17	9,31
Categoría FWD	Bajas	Bajas	Bajas	Bajas	Bajas	Bajas
IRI _{promedio} (m/km)	2,84	1,93	2,09	2,02	2,36	2,46
Categoría IRI	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
GripN _{promedio}	0,64	0,61	0,61	0,71	0,71	0,69
Categoría GN	Poco Deslizante	Poco Deslizante	Poco Deslizante	Poco Deslizante	Poco Deslizante	Poco Deslizante

Con base en el Tránsito Promedio Diario de la sección, el cual es de 1768 vehículos (MOPT, 2013), se utiliza las Tablas 2 y 3 para establecer su respectiva nota de calidad y las posibles actividades de intervención.

Tabla 2: Notas de Calidad Q con base en los resultados de FWD e IRI

Rangos de TPD		Límites de los valores de deflexión (10^{-2} mm)				
0 – 5000		← 76,5	88,5	115,7	→	
		Bajas	Moderadas	Altas	Muy Altas	
Indicador Estructural		Categorías de FWD				
		Bajas	Moderadas	Altas	Muy Altas	
Indicador Funcional		▼	▼	▼	▼	
Rangos de IRI (m/Km)	< 1,9 (Buena)	▶	Q1	Q3	Q6	R-1
	1,9 – 3,6 (Regular)	▶	Q2	Q5	Q8	R-2
	3,6 – 6,4 (Deficiente)	▶	Q4	Q7	Q9	R-3
	> 6,4 (Muy Deficiente)	▶	M-RF	RH-RF	R-3	NP

Tabla 3: Recomendaciones de intervención según el nivel de deslizamiento del tramo

Grip Number	Posibilidades de Intervención en función de la Nota Q		
	Q1	Q2	Q3
Menor de 0,78 (No deslizante)	N.I.	N.I.	SS ChS1 (TS1)
0,6 - 0,78 (Poco deslizante)	N.I.	SS ChS1 (TS1)	ChS2 (TS2) ChS3 (TS3)
0,5 - 0,6 (Deslizante)	SS ChS1 (TS1)	ChS2 (TS2) ChS3 (TS3)	ChS2 (TS2) ChS3 (TS3) Slurry
Mayor a 0,5 (Muy Deslizante)	ChS2 (TS2) ChS3 (TS3) Slurry	ChS2 (TS2) ChS3 (TS3) Slurry	ChS2 (TS2) ChS3 (TS3) Slurry Micropavimentos

Con base en lo anterior, los resultados obtenidos para el tramo evaluado se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4: Resultados obtenidos para el proyecto evaluado

Tramos Homogéneos	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	Tramo 6
Estacion Inicial	42+840	46+240	50+390	56+290	59+330	67+630
Estacion Final	46+240	50+390	56+290	59+330	67+630	74+650
Nota Q	Q2					
Estrategia General de Intervención	Mantenimiento de Preservación					
Recomendación basada en el Grip Number	SS, ChS1 (TS1)					

El proyecto en general clasifica con una Nota Q2 para los 6 tramos homogéneos detectados, con lo que la estrategia general de intervención recomendada es la de *Mantenimiento de Preservación*. Dado que por los rangos obtenidos de deslizamiento superficial (*grip number*) la mayor parte de tramos califican como *Poco Deslizantes*, se recomiendan tratamientos superficiales para mantener y mejorar las condiciones de agarre superficial.

8. Hallazgos detectados: deterioros superficiales de la carpeta asfáltica

Utilizando el Equipo de Auscultación con Imágenes Georeferenciadas, se realizó una evaluación de la ubicación, tipo y extensión de los deterioros presentes en la ruta, resultados que fueron verificados en la gira realizada. Estos deterioros son posteriormente comparados con la evaluación con el Deflectómetro de Impacto, para establecer las características de respuesta reales de la estructura.

Es necesario resaltar que el proyecto construido presenta la siguiente conformación de capas:

- 6 cm de pavimento asfáltico
- 20 cm de base estabilizada con cemento (BE-25)
- 20 cm de sub base granular

Se tiene entonces una estructura muy rígida, que al estar construida en su mayor parte sobre sedimentos (ver Sección 2 *Geología del Proyecto*), se pueden presentar problemas de asentamientos y/o agrietamientos en la carpeta asfáltica.

De la gira realizada y la evaluación de las imágenes digitales obtenidas con el equipo, se observaron grietas de gravedad alta en los primeros 2 kilómetros del proyecto (partiendo desde el poblado de Rincón), provocado por un posible desplazamiento de los muros de gaviones construidos como refuerzo al terraplén, al encontrarse la ruta prácticamente a la orilla del Golfo Dulce (Figura 10).



Figura 10: Muro de gaviones y agrietamiento severo en la carpeta asfáltica, est. 42+600

Se detectaron además entre los estacionamientos 51+000 al 66+000 sitios donde se da la presencia de reflexión de grietas en la superficie de ruedo, producto de fracturas en la base estabilizada, probablemente por expansión y contracción térmicas. Al ser esta capa muy rígida, y la asfáltica muy delgada, y estar sobre suelos poco consolidados, la estructura como tal es muy susceptible a este fenómeno. Se debe mencionar que al momento de la gira (inicios de setiembre del 2013), la mayor parte de grietas se encontraban selladas, lo que impide que el agua de escorrentía penetre y dañe las capas inferiores.

La Tabla 5 muestra los sitios donde dicho fenómeno fue detectado, y que además coincide con las zonas que presentaron las deformaciones más bajas en la prueba con el deflectómetro de impacto, lo cual confirma que las capas inferiores son muy rígidas en comparación con el suelo soportante.

Tabla 5: Sitios con reflexión de grietas en el proyecto evaluado

Tramo	Est. Inicial	Est. Final	Longitud (m)
1	51+293	51+765	472
2	52+082	52+432	350
3	54+663	55+646	983
3	55+854	56+403	549
4	59+739	60+048	309
5	60+227	62+604	2,4
6	64+939	66+121	1,2
7	66+269	74+315	8,0
TOTAL			14.268 m

En las Figuras 11 a 14 se ilustran los problemas antes comentados. Además de este fenómeno, se detectó la presencia de exudación entre los estacionamientos 55+130 al 55+650, de una severidad media, pero que puede contribuir de manera significativa a reducir el nivel de agarre de la superficie, lo cual como se vio puede redundar en problemas desde el punto de vista de seguridad vial.



Figura 11: Grietas transversales, est. 52+070

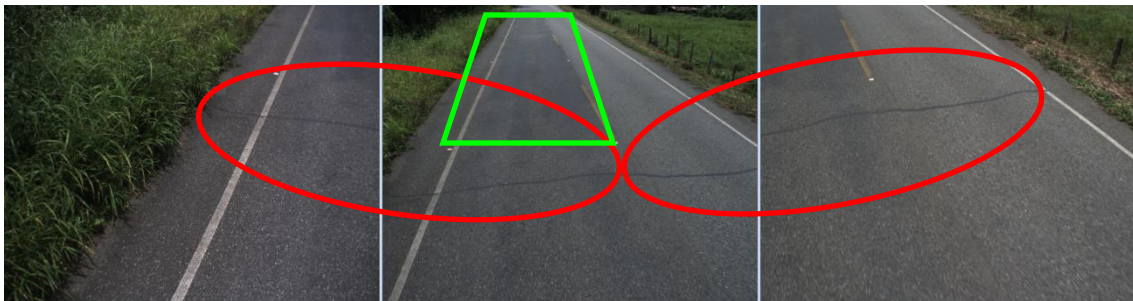


Figura 12: Grietas transversales y exudación, est. 55+200



Figura 13: Grietas transversales y longitudinal, est. 60+130



Figura 14: Grieta de borde, est. 68+760

9. Hallazgos detectados: estado de la señalización horizontal

La pintura utilizada en la señalización horizontal debe cumplir con especificaciones de retroreflectividad que garanticen la seguridad vial de los usuarios que transitan por dicha vía, especialmente en condiciones adversas como lluvia, neblina o de noche. Para medir dicha condición, se utilizó un Retroreflectómetro Láser portátil, con el cual se midió la condición de la pintura, tanto la de borde (blanca) como la central (amarilla) en segmentos de 120 metros de longitud, para 9 sitios escogidos a lo largo de la ruta. Los mismos fueron:

- Km 46: cerca del poblado de Rincón; línea de borde blanca y línea de centro amarilla simple discontinua.
- Km 49: línea de borde blanca y línea de centro amarilla simple discontinua.
- Km 52: línea de borde blanca y línea de centro amarilla doble continua.
- Km 56: línea de borde blanca y línea de centro amarilla simple discontinua.
- Km 60: línea de borde blanca y línea de centro amarilla doble mixta (continua más discontinua, posibilidad de rayar para únicamente un sentido).

- Km 64: línea de borde blanca y línea de centro amarilla doble mixta (continua más discontinua, posibilidad de rayar para únicamente un sentido).
- Km 67: línea de borde blanca y línea de centro amarilla simple discontinua.
- Km 70,6: línea de borde blanca y línea de centro amarilla doble continua.
- Km 73,5: cerca del final del tramo, entrada a Puerto Jiménez; línea de borde blanca y línea de centro amarilla doble continua.

Los resultados obtenidos se compararon con estándares internacionales para establecer su condición, tal y como se muestra en la Tabla 6. Es importante mencionar que la demarcación del proyecto evaluado, el cual consta de pintura con base acuosa, tiene más de 6 meses de haber sido colocada.

Tabla 6: Resultados de retroreflectometría obtenidos para el proyecto evaluado

Km	Línea de borde blanca*	Condición de retroreflectividad	Línea de borde amarilla*	Condición de retroreflectividad
46	198	<i>Buena</i>	119	<i>Regular</i>
49	160	<i>Buena</i>	41	<i>Mala</i>
52	65	<i>Mala</i>	49	<i>Mala</i>
56	138	<i>Regular</i>	47	<i>Mala</i>
60	184	<i>Buena</i>	55	<i>Mala</i>
64	113	<i>Regular</i>	32	<i>Mala</i>
67	174	<i>Buena</i>	29	<i>Mala</i>
70,6	73	<i>Mala</i>	25	<i>Mala</i>
73,5	178	<i>Buena</i>	39	<i>Mala</i>

* Resultados en mcd/lx/m²

Como se deriva, la señalización horizontal para el proyecto evaluado se encuentra en un estado mejorable, dados los resultados obtenidos con el retroreflectómetro portátil. Esto es especialmente cierto con la línea amarilla central, la cual debido al paso de vehículos es la más susceptible a sufrir desgaste de una manera más rápida, en comparación con la línea de borde. Se debe mencionar que a lo largo de todo el proyecto, existen captaluces (*ojos de gato*) tanto en los bordes como en el centro, lo cual ayuda enormemente en el aspecto de seguridad vial bajo condiciones adversas de tránsito.

10. Hallazgos detectados: estructuras de manejo de aguas

A pesar de ser una zona con un promedio anual de precipitación de 3500 a 4500 mm y una estación lluviosa bien marcada, la ruta evaluada carece en un gran porcentaje

de su longitud de estructuras de manejo de aguas de escorrentía. Sólo en pocos sitios existen cunetas, y la mayor parte no se encuentran revestidas. Al no existir sistemas eficientes de drenaje, aumenta la probabilidad del debilitamiento global de la estructura, con lo cual también aumenta la cantidad de deterioros prematuros en la carpeta asfáltica.

Además, se visitaron 20 sitios de interés con respecto a estructuras de manejo de aguas. Un resumen de los hallazgos, se muestra a continuación:

- Estacionamiento 44+330: puente sobre el río Rincón. Se trata de un puente de unos 100 metros de largo, sin iluminación. Los bastiones y los taludes de aproximación del puente están recubiertos por concreto. Hay acumulación de sedimentos en la superficie de ruedo y en los orificios de los drenajes (Figura 15).



Figura 15: Puente sobre el río Rincón.

- Estacionamiento 44+640: quebrada sin nombre, cerca de la estación de policía. Se trata de una alcantarilla tipo cajón, los componentes estructurales (cabezal, aletones) se encuentra en buenas condiciones. Tal como se observa en la Figura 16, la alcantarilla presenta sedimentación en una de las bóvedas.



Figura 16: Alcantarilla en el estacionamiento 44+640.

- Estacionamiento 56+665: puente sobre el río Conte, de 50 metros de largo. Cuenta con iluminación, taludes de aproximación y bastiones recubiertos en concreto. Hay acumulación de sedimentos entre los orificios de drenaje sobre la superficie de rodamiento, lo que favorece el crecimiento de vegetación y taponamiento de los orificios (Figura 17).



Figura 17: Puente sobre el río Conte.

- Estacionamiento 58+740: quebrada sin nombre. Alcantarilla de concreto de 1 metro de diámetro, con delantales, aletones y taludes sobre el cabezal recubiertos en concreto. Sin embargo los taludes laterales (terraplenes cercanos a la alcantarilla) están erosionados y con cubrimiento parcial de vegetación. Se observó taponamiento en la salida de la alcantarilla. Solamente hay baranda de uno de los lados de la ruta (Figura 18).



Figura 18: Alcantarilla en el estacionamiento 58+740.

- Estacionamiento 59+090: quebrada sin nombre. Alcantarilla de concreto con aletones y talud sobre el cabezal en concreto. La entrada está cubierta con vegetación, la salida está libre de obstrucciones.
- Estacionamiento 59+770: puente sobre la quebrada Barrigones, de 40 m de largo, con iluminación (Figura 19). Los bastiones y los taludes de aproximación del puente están recubiertos en concreto. En los drenajes de la superficie de ruedo del puente hay acumulación de sedimentos.



Figura 19: Puente sobre la quebrada Barrigones.

- Estacionamiento 61+825: quebrada sin nombre. Alcantarilla de 1 metro de diámetro en concreto, material que además forma los cabezales y delantal, que se encuentran en condiciones aceptables. No se vio obstrucción ni sedimentación importante en este paso.
- Estacionamiento 62+700: puente sobre la quebrada Sabala, de 25 metros de largo, con iluminación. Los terraplenes de aproximación están recubiertos por concreto. Hay colmatación de los drenajes en la superficie de ruedo del puente.
- Estacionamiento 64+830: puente sobre el río Agujas, de 60 metros de longitud (Figura 20), con iluminación; solamente uno de los taludes bajo el puente está recubierto con concreto. En una de las laderas del cauce antes del puente se construyó un talud tipo dique con los mismos materiales del río (arena y piedras). En la superficie de ruedo del puente hay acumulación de sedimentos entre los orificios que sirven como drenajes.



Figura 20: Puente sobre el río Agujas.

- Estacionamiento 66+240: quebrada Torrejones. Alcantarilla tipo cajón, dividida en 2 secciones, y de 4 metros de altura. En la división se observaron materiales acumulados que podrían generar obstrucciones importantes. Los taludes del terraplén están cubiertos por concreto y se encuentran en buen estado (Figura 21).



Figura 21: Puente sobre la quebrada Torrejones.

- Estacionamiento 67+240: quebrada sin nombre. Alcantarilla de 1 metro de diámetro, con cabezal pero sin aletones ni delantales, y los taludes sin protección (Figura 22).



Figura 22: Alcantarilla en el estacionamiento 67+240.

- Estacionamiento 67+890: quebrada sin nombre. Alcantarilla de concreto de 90 centímetros de diámetro, con cabezal, aletones y delantales también en concreto. Los taludes no presentan protección (Figura 23).



Figura 23: Alcantarilla en el estacionamiento 67+890.

- Estacionamiento 68+770: quebrada sin nombre. Alcantarilla de concreto de 90 centímetros de diámetro, con cabezal pero sin aletones; y taludes sin protección. Debido a la poca pendiente, el agua a la salida tiende a empozarse (Figura 24).



Figura 24: Alcantarilla en el estacionamiento 68+770.

- Estacionamiento 69+715: quebrada sin nombre. Alcantarilla de 1 metro de diámetro, con cabezales en la entrada y la salida. Los taludes no presentan protección, y al igual que en el Punto 13, la poca pendiente ocasiona que el agua se empoce a la salida (Figura 25).



Figura 25: Alcantarilla en el estacionamiento 69+715.

- Estacionamiento 70+690: quebrada sin nombre. Se trata de una alcantarilla de concreto que sirve como drenaje para movilizar aguas en caso de crecidas. Los taludes, cabezales y aletones se encuentran en buenas condiciones. La alcantarilla no presenta obstrucciones. Hay un poco de vegetación cubriendo los taludes, pero en general se observa en buen estado (Figura 26).



Figura 26: Alcantarilla en el estacionamiento 70+690.

- Estacionamiento 71+200: puente sobre el río Tigre. El sistema de drenaje para evacuar el agua de la superficie de ruedo del puente consiste de orificios en los costados del pavimento, los cuales tienen un diámetro aproximado de 15 centímetros y están ubicados a cada 2 m. Alrededor de estos tragantes se acumulan sedimentos sobre los cuales crece vegetación obstruyendo el paso de agua, esto puede generar acumulación de agua sobre la superficie del puente. Los bastiones y los taludes de aproximación se encuentran en buen estado y cuentan con recubrimiento de concreto (Figura 27).



Figura 27: Puente sobre el río Tigre.

- Estacionamiento 72+070: quebrada sin nombre. La alcantarilla se encuentra parcialmente obstruida por maleza y sedimentos. Los taludes del terraplén están protegidos con concreto.

- Estacionamiento 72+970: En este sitio no existen drenajes a los lados de la carretera en una zona plana, lo cual puede generar problemas por acumulación de aguas superficiales (Figura 28).



Figura 28: Estacionamiento 72+970.

- Estacionamiento 73+515: Zona plana del proyecto, que no cuenta con drenajes adecuados a los lados que permitan evacuar el agua (Figura 29). Mediante unos orificios en el cordón lateral se pretende evacuar el agua hacia la acera. Sin embargo, tal como se observa en la fotografía “B” de la misma figura resulta evidente que esto no funciona, dado que el agua se acumula al costado de la carretera y estos encharcamientos afectan de forma directa la seguridad de los usuarios al disminuir la capacidad de frenado, además de mantener la humedad del asfalto lo cual acelera su envejecimiento. Esta misma situación se presenta en el tramo comprendido entre los estacionamientos 49+923 y 53+150, del lado izquierdo en el sentido Rincón – Puerto Jiménez. En este tramo tampoco se previó la construcción de ningún tipo de obra hidráulica para la recolección, conducción o evacuación del agua de lluvia, consecuentemente el agua se acumula sobre el pavimento, una parte se traslada hacia la acera y en muchos casos cae a las propiedades ubicadas a lo largo de la carretera.

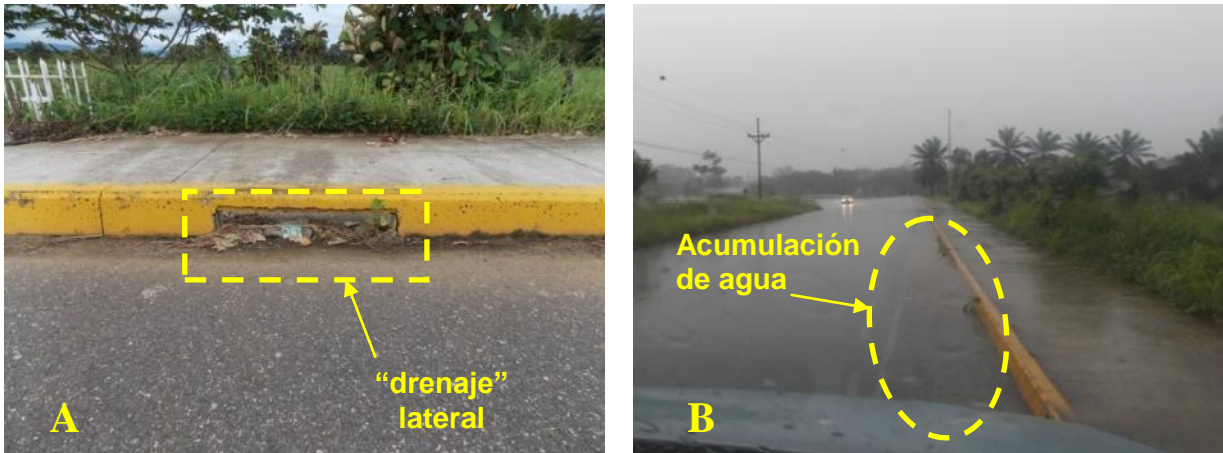


Figura 29: Estacionamiento 73+515.

- Estacionamiento 74+375: puente sobre la quebrada Ignacia, de 25 metros de longitud, con iluminación, bastiones de concreto en buen estado y drenajes laterales limpios. Estos drenajes conducen el agua de la carretera hacia los bastiones pero luego no se observó obra que encause el agua hacia el río. Entre la carretera y la ciclovia se acumulan sedimentos que generan encharcamiento del agua (Figura 30).



Figura 30: Puente sobre la quebrada Ignacia.

11. Hallazgos detectados: obras geotécnicas

- Estacionamiento 43+510: talud rocoso, de aproximadamente 15 metros de altura y 50 de longitud, de 60° de inclinación. Presenta una protección de geosintético para el control de la erosión, que además ha favorecido el crecimiento de vegetación en 60% del área cubierta (Figura 31). Entre este talud y el siguiente (est. 43+600), es donde se localizan los agrietamientos en la carpeta asfáltica mostrados en la Figura 10.



Figura 31: Talud del estacionamiento 43+510.

- Estacionamiento 43+600: talud rocoso, de aproximadamente 10 metros de altura, 30 de longitud y una pendiente de 60° . Al igual que el talud anterior, las rocas que lo componen están alteradas, y presentan óxidos de hierro y manganeso. Actualmente, está protegido por un geosintético sobre el cual está creciendo la vegetación (Figura 32).



Figura 32: Talud del estacionamiento 43+600.



12. Conclusiones y Recomendaciones

12.1 Conclusiones

El proyecto evaluado en general presenta una buena condición, tanto estructural como funcional. Sin embargo, la presencia de deterioros tipo grietas en la carpeta asfáltica en un proyecto con las características estructurales (base y subbase estabilizada) y de tránsito (menor de 2000 vehículos diarios) que este tramo presenta, indica problemas de diseño que deben ser estudiados y corregidos a la brevedad, de tal manera que la gran inversión realizada no se pierda o se deteriore de manera acelerada. Se debe recordar que los suelos en la zona son susceptibles a inestabilidad, asentamientos y licuación en caso de presentarse las condiciones adecuadas de saturación y sismicidad.

Además, la ausencia casi total de cunetas revestidas, y el uso inapropiado y mal estado de las estructuras encargadas del manejo de aguas de escorrentía, es un hecho común en proyectos de este tipo en el país y que ponen en evidencia errores conceptuales y constructivos, así como de inspección y diseño; por lo que estas prácticas deben ser erradicadas, construyendo obras apropiadas que vayan acorde con el manejo de aguas y la seguridad vial según corresponda.

En cuanto a la señalización horizontal, se deben realizar campañas regulares para devolver la retroreflectividad debida a la pintura, la cual es normal que sufra desgaste con el paso de los vehículos, y la exposición a los elementos climáticos.

12.2 Recomendaciones para la Administración

Como resultado de este informe, se recomienda a la Administración valorar la implementación de las siguientes recomendaciones:

- Realizar estudios técnicos, un diseño adecuado y planes de mantenimiento para todas las obras que se realicen tendientes a mantener y mejorar la condición de la obra vial evaluada. En estos estudios es necesario tomar en cuenta las condiciones geológicas e hidrológicas particulares de la zona, así como las fallas tectónicas identificadas.
- Revisar la necesidad de construir más obras para el manejo del agua de escorrentía, tales como cunetas y alcantarillas, ya que se observaron muchos tramos que aún no cuentan con estas obras.
- Dar mantenimiento adecuado a todas las obras construidas para la captación, conducción y descarga del agua de lluvia a lo largo del proyecto.
- Realizar campañas periódicas de mantenimiento de la señalización horizontal, reponiendo además aquellos captaluces que se hayan perdido.
- Incorporar inspección especializada o con capacitación suficiente en temas de seguridad vial, con el fin de evaluar este tema previo a la recepción final del



proyecto. Asimismo, ejecutar de forma temprana las mejoras necesarias para garantizar la seguridad de los usuarios que utilizan esta ruta.

- Realizar una revisión detallada de los taludes entre los kilómetros 42 a 44, con el fin de verificar si existen condiciones que favorezcan deslizamientos o desprendimiento de rocas, considerando la posibilidad de que ocurra un sismo de magnitud importante (mayor que 5 Mw). Junto con esto, una revisión de las estructuras de los puentes bajo las mismas condiciones es también recomendable.
- Se recomienda monitorear el talud que fue conformado con el mismo material del sitio en una de las márgenes del Río Agujas (Punto 9), debido a que por tratarse de material suelto (rocas y arena) podría erosionarse muy fácilmente por acción del agua y dejar de cumplir su función de protección.
- Realizar estudios geotécnicos específicos en los estacionamientos 43+600 y 42+700, ya que en estos puntos se han presentado agrietamientos longitudinales muy importantes en el pavimento. Se recomienda valorar la relación de estas grietas con el movimiento o asentamiento de los muros de contención (gaviones o TerraMesh®) localizados en estos mismos sitios.
- Realizar un diseño y construcción de obras para mejorar la condición de los taludes sobre los cabezales de alcantarillas que así lo requieran. La intervención puede incluir el colocar concreto en los taludes, la construcción de aletones y/o delantales en el mismo material, entre otros.



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

Anexo

Mapas obtenidos, Campaña de Evaluación de la Red Vial Nacional Parámetros de deflectometría, regularidad y agarre superficial

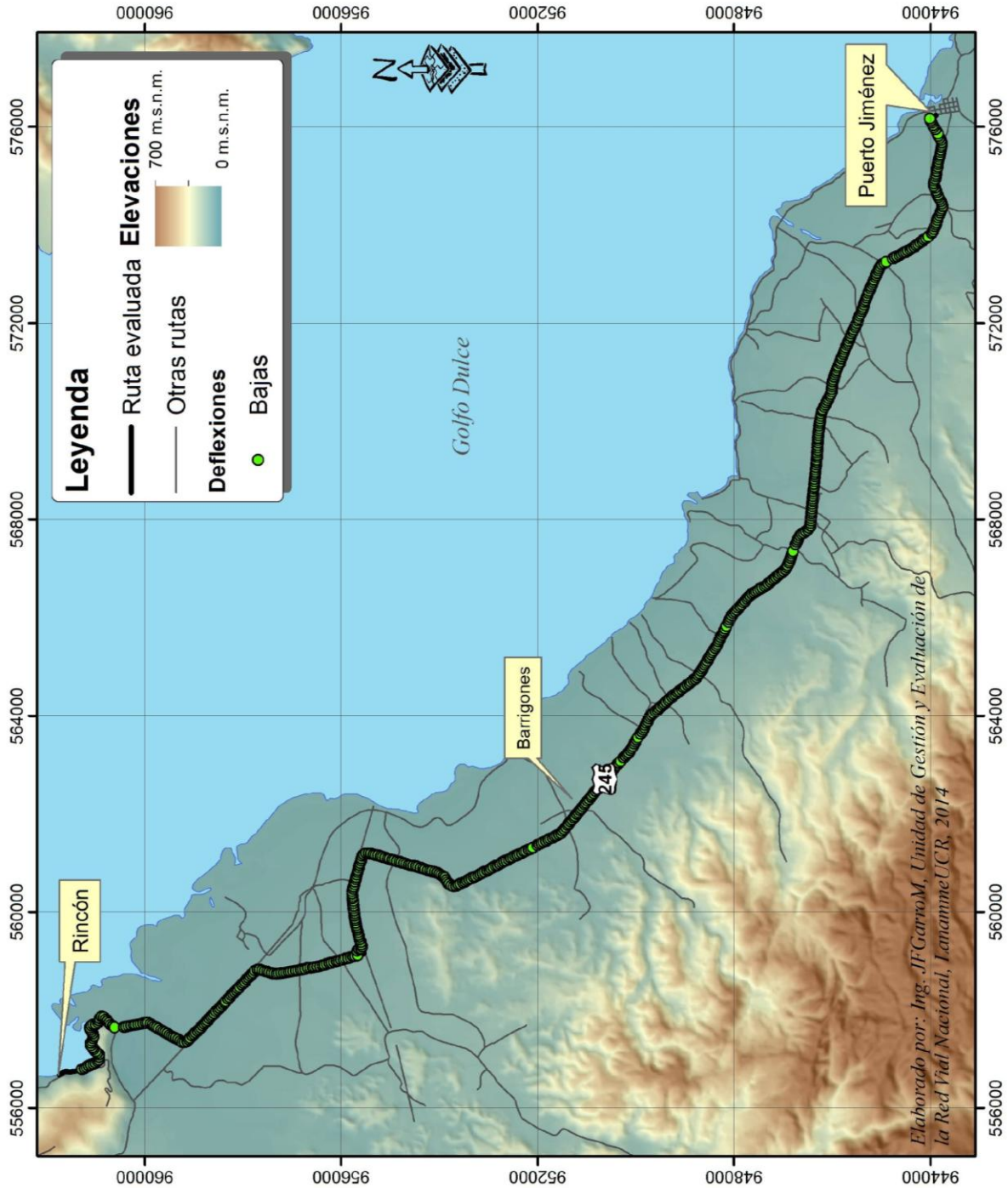


Figura A1: FWD obtenido, Ruta 245, Tramo Rincón – Puerto Jiménez

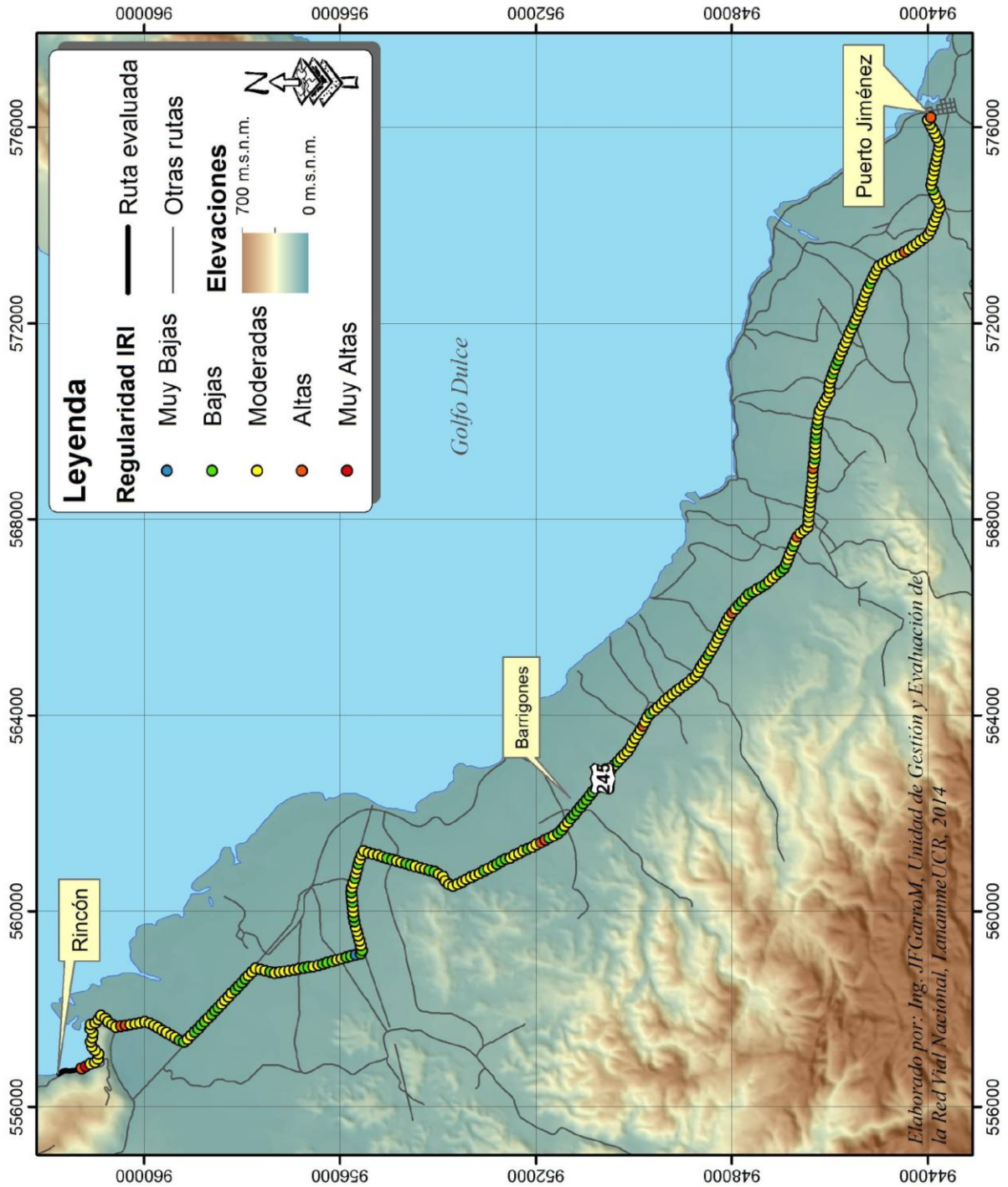


Figura A2: IRI obtenido, Ruta 245, Tramo Rincón – Puerto Jiménez

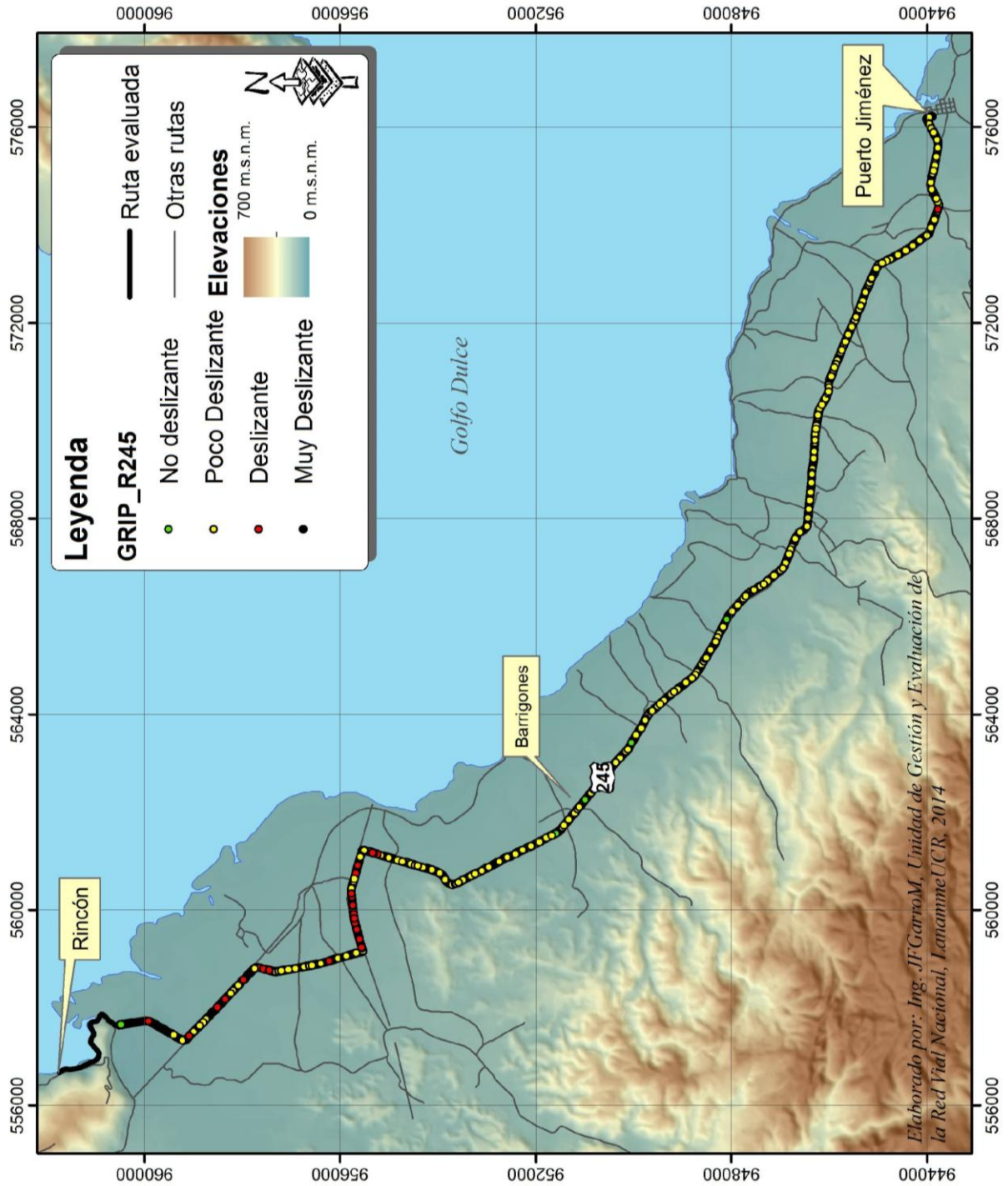


Figura A3: Grip obtenido, Ruta 245, Tramo Rincón – Puerto Jiménez