



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Informe: LM – PI – UGERVN – 8 – 2020

Evaluación de la Ruta Nacional 1 Carretera Interamericana Norte, tramo Cañas - Liberia, Guanacaste, Costa Rica

Informe Corto

Preparado por:

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

San José, Costa Rica
Enero, 2020



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.

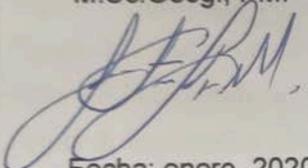
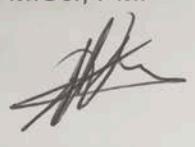
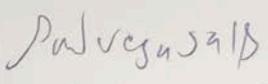
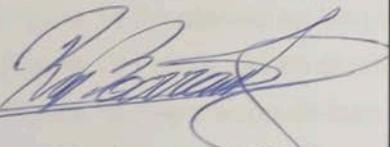
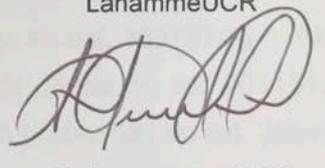
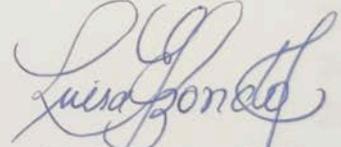
1. Informe LM – PI – UGERVN – 8 – 2020		2. Copia No. 1
3. Título Evaluación de la Ruta Nacional 1 Carretera Interamericana Norte, tramo Cañas - Liberia, Guanacaste, Costa Rica		4. Fecha del Informe Enero, 2020
5. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad 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 Carretera Interamericana Norte, específicamente el tramo comprendido entre los poblados de Cañas y Liberia en la provincia de Guanacaste, fue sujeto de actividades de mejoramiento entre los años 2012 a 2014, con una inversión total de aproximadamente 219 millones de dólares. Comprende la ampliación a 2 carriles por sentido para la totalidad del tramo, con una superficie de ruedo en concreto hidráulico, así como la construcción de 3 pasos a desnivel principales, 18 puentes sobre diversos ríos y quebradas, y 9 puentes peatonales. En cumplimiento de los mandatos de la Ley 8114, este representa el primer informe de estado para obra nueva de dicho tramo, donde se aplicará la metodología de evaluación específica para pavimentos rígidos, recién desarrollada en el LanammeUCR. Con esto, se darán además recomendaciones en el tipo de actividades de intervención a ejecutar, así como deterioros presentes en dicha ruta.</i>		
8. Palabras clave Ruta 1, Cañas, Liberia, concreto, evaluación	9. Nivel de seguridad Ninguno	10. No. de páginas 42
11. Ejecución del proyecto Ing. José Francisco Garro, M.Sc.Geog., PMP®  Fecha: enero, 2020	12. Colaboradores Ing. Cristian Valverde C., M.Sc., PMP®  Fecha: enero, 2020	Geog. Paul Vega S. M. Sc. Geog., PMP®  Fecha: enero, 2020
13. Diseño del proyecto Ing. Roy Barrantes Jiménez, M.Sc., PMP® Coordinador, Unidad de Evaluación Red Vial Nacional  Fecha: enero, 2020	14. Revisado por Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal LanammeUCR  Fecha: enero, 2020	15. Aprobado por Ing. Ana Luisa Elizondo Salas, MSc. Coordinadora General PITRA  Fecha: enero, 2020



TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción	5
2. Metodología	8
3. Resultados Regularidad Superficial	13
4. Resultados Escalonamiento Juntas Transversales	14
5. Tramificación homogénea	14
6. Calificación técnica general del tramo	17
7. Resultados Agarre Superficial	17
8. Resultados Transferencia de Carga	19
9. Observaciones de la gira	21
10. Inversión realizada en mantenimiento	28
11. Conclusiones y Recomendaciones	30
Anexo I	33
Anexo II	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del tramo evaluado	5
Figura 2 Inundación en acceso a Cañas, julio 2016	8
Figura 3 Aplicación del método de diferencias acumuladas	9
Figura 4 Resultados obtenidos de <i>IRI</i>	13
Figura 5 Resultados obtenidos de <i>FLT</i>	14
Figura 6 Ubicación de los tramos homogéneos	16
Figura 7 Resultados obtenidos de <i>GRIP</i>	18
Figura 8 Macrotextura de la superficie	19
Figura 9 Resultados obtenidos de <i>LTE</i>	20
Figura 10 Agrietamiento transversal en la est. 166+315	21
Figura 11 Agrietamientos longitudinales en la est. 186+580	22
Figura 12 Losas divididas en la est. 181+200	22
Figura 13 Estado de la junta y sello en la est. 166+400	23
Figura 14 Problemas en las juntas en est. 208+970 y 175+520	23
Figura 15 Problemas en el sello de grietas en est. 205+510	24
Figura 16 Reparación de losa con problemas en est. 205+510	25
Figura 17 Crecimiento de vegetación en derecho de vía	25



Figura 18	Agujeros en superficie de losa en est. 170+080	26
Figura 19	Porcentaje de pérdida de captaluces	27
Figura 20	Perfilado de losas en est. 180+250	27
Figura 21	Pulimento y desprendimiento de agregados en est. 175+500	28
Figura 22	Ejemplo de demarcación vial con base contrastante	32
Figura A1	Resultados <i>IRI</i> sentido de ida	33
Figura A2	Resultados <i>IRI</i> sentido de venida	34
Figura A3	Resultados <i>FLT</i> sentido de ida	35
Figura A4	Resultados <i>FLT</i> sentido de venida	36
Figura A5	Resultados <i>GRIP</i> sentido de ida	37
Figura A6	Resultados <i>GRIP</i> sentido de venida	38
Figura A7	Resultados <i>LTE</i> sentido de ida	39
Figura A8	Resultados <i>LTE</i> sentido de venida	40
Figura A9	Gráfico diferencias acumuladas obtenido para <i>FLT</i> , sentido de ida	41
Figura A10	Gráfico diferencias acumuladas obtenido para <i>FLT</i> , sentido de venida	41
Figura A11	Gráfico diferencias acumuladas obtenido para <i>IRI</i> , sentido de ida	42
Figura A12	Gráfico diferencias acumuladas obtenido para <i>IRI</i> , sentido de venida	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Relación de componentes estructural y funcional con nota de calificación	10
Tabla 2	Actividades de conservación recomendadas	10
Tabla 3	Criterios clasificación para LTE y PVD	11
Tabla 4	Rangos de clasificación para el agarre superficial	12
Tabla 5	Criterios de clasificación según PCI	12
Tabla 6	Ubicación de las singularidades principales	15
Tabla 7	Tramos homogéneos obtenidos	16
Tabla 8	Notas de Calidad QR para los tramos homogéneos	17
Tabla 9	Inversión en mantenimiento, año 2017	29
Tabla 10	Inversión en mantenimiento, año 2018	29
Tabla 11	Inversión en mantenimiento, año 2019	30

1. Introducción

El tramo evaluado, ubicado entre los poblados de Cañas y Liberia sobre la Ruta Nacional 1, cuenta con una longitud total de 50,6 km. Ubicado enteramente en la provincia de Guanacaste, comprende una ruta en zona plana, con pocos cambios de pendiente, rectas largas y curvas de amplio radio y buena visibilidad en general. La Figura 1 muestra la ubicación del proyecto.

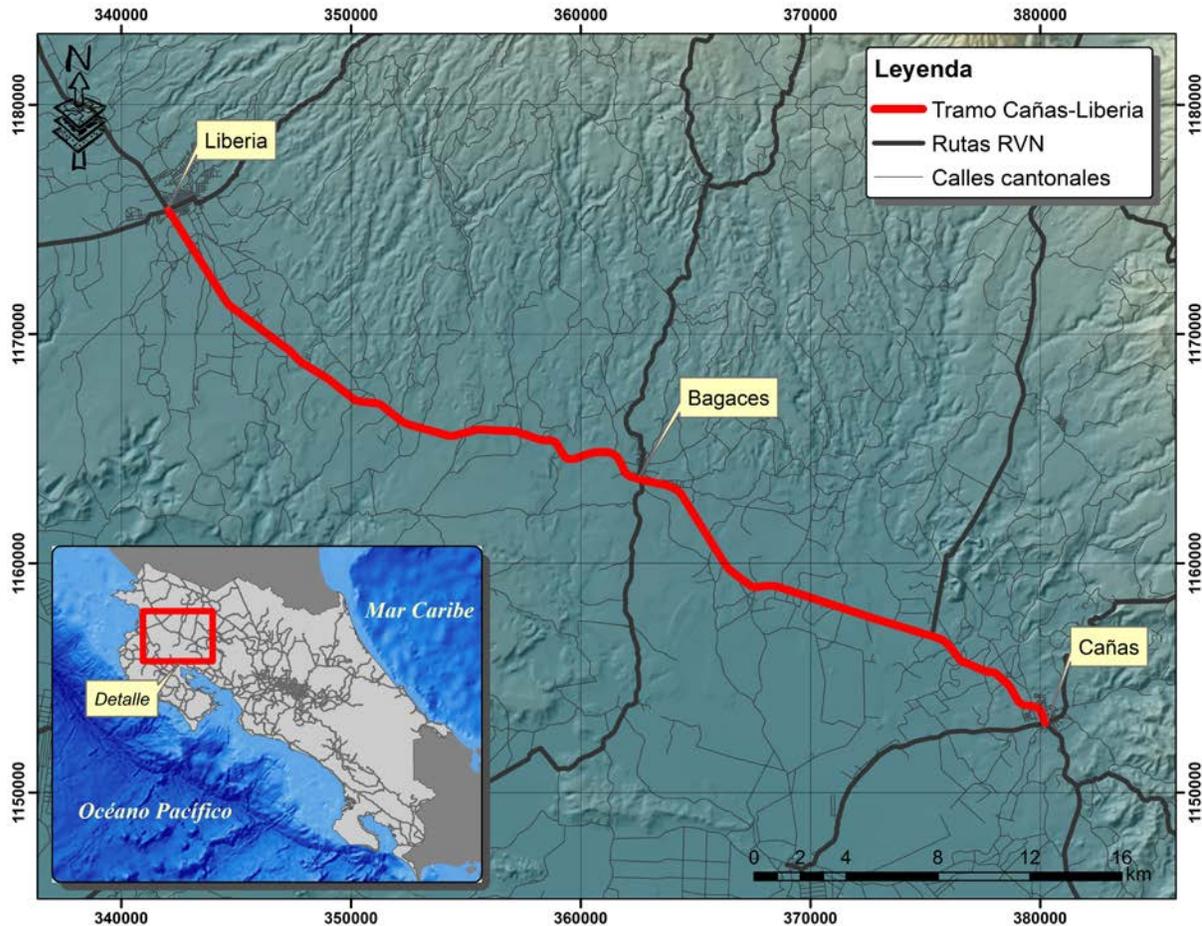


Figura 1. Ubicación del tramo evaluado (en rojo).

El 14 de mayo del año 2012, se dio la orden de inicio para la ampliación de este tramo que se ubica entre los estacionamientos 166+300 a 216+710 de la Carretera Interamericana Norte (50.410 metros de longitud). Para esa fecha, el tramo contaba con una estructura de pavimento flexible, con un carril por sentido en toda su extensión. La intervención, a cargo de la empresa española FCC, incluyó principalmente los siguientes aspectos:



- Inversión inicial: \$175 millones, ¢87,5 mil millones al tipo de cambio de mayo del 2012.
- Plazo de ejecución: 730 días (2 años).
- Ampliación de 2 a 4 carriles (2 por sentido) en toda su longitud, incluidos los puentes.
- Estructura de la ruta existente:
 - 20 cm de base estabilizada *BE35* que se colocó sobre la estructura existente una vez que se realizó la recuperación de la misma
 - Superficie de ruedo compuesta por losas de concreto hidráulico con dimensiones horizontales promedio de 4,15 x 3,60 m y un espesor de 25 cm.
- Estructura de la ampliación:
 - 20 cm de material de préstamo compactado al 95% del próctor, sobre la subrasante.
 - Subbase compactada al 95%
 - 20 cm de base estabilizada *BE35*.
 - Superficie de ruedo compuesta por losas de concreto de 25 cm de espesor con dimensiones horizontales de 4,15 x 3,60 m.
- Construcción de 5 pasos a desnivel, en los poblados de:
 - Cañas (intersección con RN 142, longitud 1.675 m)
 - Bijagua (intersección con la RN 6, longitud 700 m)
 - Bagaces (intersección con la RN 164, longitud 680 m)
 - Llano La Cruz (longitud de 689 m)
 - Liberia (intersección con RN 21, longitud 1.549 m).
- Construcción de 18 puentes sobre cauces, con longitudes entre los 30 a 85 m según el caso.
- Construcción de 9 puentes peatonales en las cercanías a poblados.
- La ruta deberá tener un IRI menor o igual a 1,5 ^m/km calculado sobre la media móvil de 5 tramos consecutivos de 200 metros de longitud cada uno, y ningún tramo podrá superar los 2,0 ^m/km.

En el año 2014, debido a diversas condiciones, el plazo de entrega se alarga por 383 días (poco más de un año), y el monto del contrato se aumenta en \$43,7 millones, con lo que el proyecto tuvo un costo de ¢ 110 mil millones (aprox. \$219 millones). Lo



anterior significa que el costo por km de esta ruta es de \$4,33 millones, muy por encima de los otros proyectos de obra nueva evaluados por el LanammeUCR¹.

La ruta fue entregada en el año 2016, casi 2 años de atraso con respecto al contrato original.

La Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR realizó varios informes durante la ejecución de las obras², con diversos hallazgos del proceso constructivo. Entre éstos, los que pueden afectar el desempeño de la estructura durante su vida útil fueron:

- Varios informes indican la existencia, en varios sitios, de grietas en el material de préstamo colocado en el proyecto.
- En varias ocasiones, con base en análisis de laboratorio, el material de préstamo y de subbase no cumplió con los límites de granulometrías establecidos en el contrato, así como otras especificaciones.
- Existió mucha variabilidad en los resultados de la resistencia de la base estabilizada, siendo, en muchos casos, mucho mayor que los límites especificados. Esto puede provocar en el mediano y largo plazo, agrietamientos en las losas, especialmente en las esquinas.
- En varios subtramos finalizados, los valores de IRI fueron mayores que los establecidos en el contrato. Asimismo, la evaluación del coeficiente de agarre superficial mediante el *GripTester* del LanammeUCR, arrojó resultados que se ubican en los rangos “deslizante” a “muy deslizante”, debido probablemente a errores en la construcción de la macrotextura superficial de las losas.
- En el último informe realizado (*LM-PI-AT-031-16*), poco antes de la aceptación de las obras, se detectaron presencia de grietas en losas, fracturas de juntas, pulimento de agregados y desprendimientos, esto en varios sitios ubicados a lo largo del tramo intervenido.

A todo lo anterior, se debe agregar que desde mucho antes de la aceptación de las obras, en varios pueblos ubicados a las orillas de esta ruta, se dieron problemas de inundación debido al cambio en las condiciones de drenaje superficial que provocó la construcción de esta obra, lo que sugiere posibles debilidades en la gestión de los estudios y diseños hidráulicos. Lo anterior, especialmente en caseríos en las inmediaciones de Cañas (Figura 2).

¹ En el informe *LM-PI-UGERVN-10-2018* se hace una comparación del costo por km en rutas de obra nueva evaluadas por la *UGERVN* del LanammeUCR.

² Los informes consultados, disponibles en el sitio web del Lanamme UCR, son *LM-PI-AT-130-12*, *LM-PI-AT-017-13*, *LM-PI-AT-066-13*, *LM-PI-AT-029-14*, *LM-PI-AT-062-14*, *LM-PI-AT-008-15*, *LM-PI-AT-015-15* y *LM-PI-AT-034-16*.



Figura 2. Inundación ocurrida cerca del acceso al poblado de Cañas, en julio del 2016
(imagen tomada del sitio web <http://vozdeguanacaste.com>)

2. Resumen de la metodología a aplicar

Este informe representa la primera evaluación del tramo comprendido entre los poblados de Cañas y Liberia sobre la Ruta Nacional N° 1, realizada durante el año 2019, mediante la metodología de evaluación de pavimentos rígidos desarrollada por el LanammeUCR. Esta metodología tiene como base la metodología para pavimentos flexibles, pero adaptándola al caso específico de pavimentos con superficie en concreto hidráulico, misma que comprende varios pasos, los cuales se resumen a continuación:

2.1 Identificación y delimitación del tramo: comprende la ubicación de coordenadas y/o estacionamientos de inicio y fin del tramo a evaluar, así como características propias tales como: número de carriles, dimensiones de las losas, pendientes, ubicación de singularidades (pasos a desnivel, puentes, alcantarillas mayores, intersecciones mayores), ubicación y tipo de obras de arte (aceras, ciclovías, paradas de bus, alcantarillas menores, puentes peatonales, entre otros). Con esto, se pretende ir creando y actualizando, año con año, el inventario vial para el tramo escogido, así como tener un mejor control del estado de la totalidad de las obras que lo comprende.

2.2 División del tramo evaluado, en secciones homogéneas: esto se realiza con base en parámetros objetivos que representan el comportamiento del tramo, medibles en campo con equipo especializado. El primer paso representa dividir la ruta en sectores, siendo el sector definido entre las singularidades principales identificadas en el paso **2.1 Identificación y delimitación del tramo.** A

continuación, se tramifican estos sectores con base en la metodología de diferencias acumuladas, tomando como base los resultados obtenidos con el Perfilómetro Láser del Índice de Regularidad Internacional, así como la envolvente del escalonamiento de las juntas transversales, conocido por su nombre en inglés como *Faulting (FLT)*.

Si el tramo evaluado está compuesto por estructuras separadas para cada sentido de circulación, o si los resultados de *IRI* y/o *Faulting* difieren de manera significativa para cada sentido (por ejemplo, si ambos sentidos presentan distintas categorías en los parámetros evaluados), se recomienda aplicar el método de diferencias acumuladas de manera separada. Analizando los puntos de inflexión de cada parámetro, junto con la ubicación de las singularidades mayores, se obtiene la tramificación preliminar por sentido. Si los puntos de corte de cada tramo por sentido se ubican geográficamente muy cerca entre, se puede determinar el punto intermedio como punto de corte para la tramificación unificada para la ruta en estudio (Figura 3).

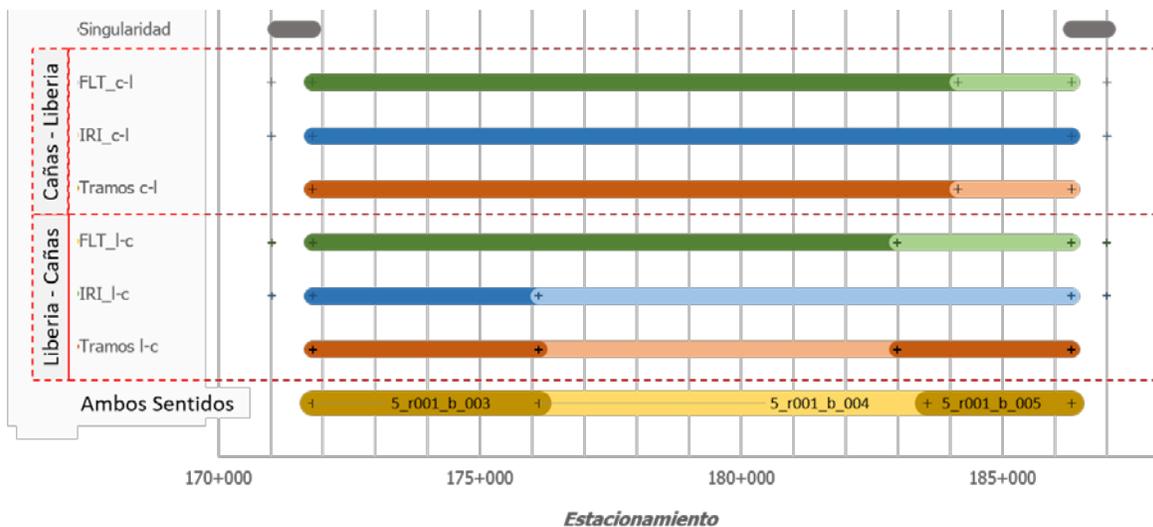


Figura 3. Ejemplo de aplicación del método de diferencias acumuladas por sentido, para el sector ubicado entre las singularidades de las estaciones 170+000 a 185+000 de la RN1 tramo Cañas – Liberia. La barra amarilla inferior muestra un ejemplo de agrupación de los puntos de corte, con el objeto de unificar los resultados.

2.3 *Calificación técnica de cada subtramo homogéneo*: para cada subtramo homogéneo obtenido en el punto anterior, se le asignará una nota **QR** de calificación, con base en los resultados obtenidos en las pruebas de *IRI* y *FLT*. La matriz de calificación se muestra en la Tabla 1.



Tabla 1. Relación de los rangos en los componentes estructural y funcional, con la nota de calificación del tramo QR (Herrera, Barrantes y otros, 2019)

		Componente Estructural FLT (mm)			
		Muy Bajo (0,0 a 3,0)	Bajo (3,0 a 10,0)	Moderado (10,0 a 20,0)	Alto (mayor de 20,0)
Componente Funcional IRI (m/km)	Muy Bueno (0,0 a 1,4)	QR1		QR4	
	Bueno (1,4 a 2,3)				
	Regular (2,3 a 3,6)	QR2			
	Malo (3,6 a 6,0)	QR3		QR5	
	Muy Malo (mayor de 6,0)				

Es posible asociar cada nota de calificación QR con una actividad de mantenimiento vial recomendada. Herrera, Barrantes y otros (2019) proponen las actividades mostradas en la Tabla 2.

Tabla 2. Actividades de Conservación recomendadas

Nota QR	Actividad de Intervención
QR1	Mantenimiento Rutinario (MR)
QR2	Mantenimiento Periódico (MP)
QR3	Rehabilitación Menor (Rm)
QR4	Rehabilitación Mayor (RM)
QR5	Reconstrucción (R)

Las actividades de Mantenimiento Rutinario abarcan aquellas actividades de bajo impacto económico y de tiempo, y que se enfocan en mantener el nivel de servicio de la superficie en condiciones óptimas tanto desde el punto de vista funcional, como estructural. Entre estas actividades, se cuentan con el bacheo a profundidad parcial, y la reparación de juntas y grietas.

Por su parte, las actividades enmarcadas dentro de la categoría de Mantenimiento Periódico, buscan mejorar el estado funcional de la vía. De nuevo, se enumeran la reparación de juntas y grietas de severidad baja a media;



por su parte el cepillado o fresado de la superficie busca mejorar las condiciones locales de IRI en el sitio afectado.

Los tramos afectados con baches, daños importantes en juntas y agrietamientos de moderados a severos que pueden alcanzar profundidades importantes en las losas, de manera general presentan altos deterioros funcionales. En este sentido, las actividades de Rehabilitación Menor buscan devolver las condiciones de nivel de servicio adecuadas, mediante el bacheo a profundidad parcial o total (dependiendo del nivel de daño), la reparación de juntas y grietas, y el cepillado o fresado de la superficie.

En aquellos tramos donde las notas de calidad QR sean QR4 o QR5 (*Rehabilitación Mayor & Reconstrucción*) que responden a deficiencias estructurales importantes (*FLT* mayores de 10,0), se recomienda realizar un levantamiento de deterioros superficiales, para detectar deficiencias en la transferencia de carga o de vacíos bajo las losas. Deterioros asociados con problemas en la transferencia de carga entre losas incluyen grietas de esquina y escalonamiento entre la calzada y las juntas. Deterioros asociados con problemas de vacíos bajo la losa, incluyen grietas lineales y de esquina, losas divididas, escalonamiento entre la calzada y la junta, bombeo y punzonamiento. Identificados los sitios con estos problemas, se deben programar ensayos de LTE y PVD según corresponda. En la Tabla 3, se muestran los rangos de calificación para los resultados de estas pruebas, según los criterios aceptados de manera internacional.

Tabla 3. *Criterios de clasificación para los indicadores de LTE & PVD (según FHWA 1985, y el Missouri Department of Transportation, 2004)*

LTE (%)		PVD (micrones)	
Rango	Nota	Rango	Nota
0,0 – 20,0	Malo	Mayor de 177,8	Malo
20,0 – 90,0	Regular	177,8 – 76,2	Regular
90,0 - 100	Bueno	Menor de 76,2	Bueno

Actividades de Rehabilitación mayor incluyen el restablecimiento del nivel y el soporte bajo las losas, así como la estabilización y sellado inferior de las mismas, esto con la finalidad de resolver problemas de escalonamiento y bombeo de finos. Adicionalmente, se deben sustituir dovelas donde sea requerido, así como complementar con acciones como bacheo a profundidad parcial o total, reparación de juntas y grietas y el cepillado o fresado de la superficie.



2.4 *Evaluación Complementaria*: para tener una visión integral del estado del tramo evaluado, se puede complementar con evaluaciones del nivel de agarre superficial, así como del Índice de Condición del Pavimento (*PCI* por sus siglas en inglés). El nivel de agarre superficial se relaciona directamente con la seguridad vial, esto porque rutas con calificación en el rango de deslizantes a muy deslizantes, presentan superficies que aumentan la probabilidad de accidentes. El equipo utilizado en el LanammeUCR para la medición de este índice, se denomina *GripTester*, y los rangos de calificación de resultados se muestran en la Tabla 4:

Tabla 4. Rangos de Clasificación según el agarre superficial obtenido

Rango GN	Rango	Condición
Mayor de 0,78	Muy Bueno	No Deslizante
0,60 a 0,78	Bueno	Poco Deslizante
0,50 a 0,60	Malo	Deslizante
Menor de 0,50	Muy Malo	Muy Deslizante

En caso de requerirse un nivel detallado del estado de la superficie, ya sea de un sitio específico, de un subtramo o de todo el tramo evaluado, se podrá realizar la evaluación del PCI con base en los criterios establecidos en el *Manual de Auscultación Visual MAV-2016*. Los rangos de clasificación del PCI se muestran en la Tabla 5:

Tabla 5. Criterios de clasificación según PCI

PCI	Calificación
100 – 85	Buena
85 – 70	Satisfactoria
70 – 55	Mala
55 – 40	Pobre
40 – 35	Muy Pobre
35 – 10	Seria
Menor de 10	Falla Total

3. Resultados Obtenidos: Regularidad Superficial

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 para ambos sentidos del tramo evaluado, carril derecho, se muestran en la Figura 4:

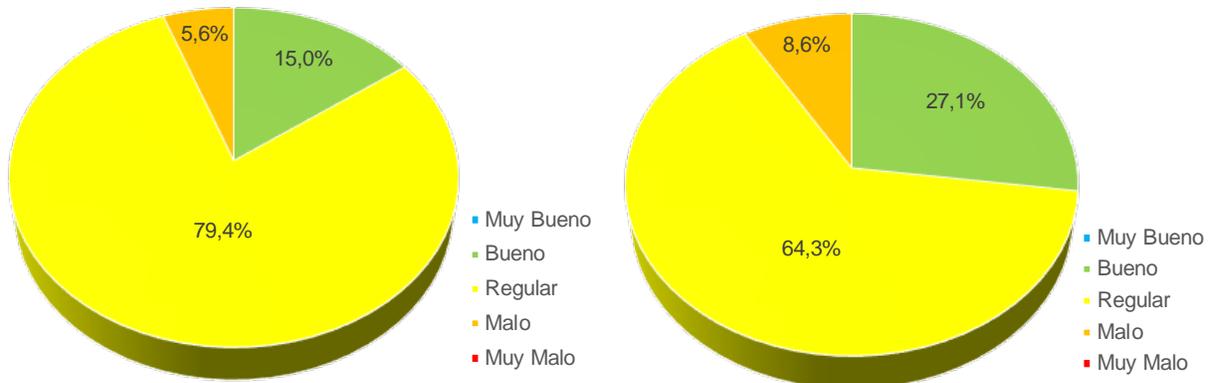


Figura 4. Resultados de la prueba de IRI para el tramo evaluado, tanto para el sentido de ida (Cañas-Liberia, izquierda) como el de venida (Liberia-Cañas, derecha).

Casi un 80% de la longitud para el sentido Cañas – Liberia (ida), así como un 64% para el sentido Liberia – Cañas (venida), presentan resultados en el rango de *regular*. Analizando la distribución total de los datos, un 97,8% de la longitud del sentido de ida, así como un 93,2% del sentido de venida, presentan valores de regularidad mayores de 2,0 medidos en tramos de 100 metros de longitud. Esto fue señalado en informes de la Unidad de Auditoría Técnica (*LM-PI-AT-015-15* y *LM-PI-AT-034-16*), en el sentido de que aún antes de su apertura oficial, varios tramos incumplían los valores máximos estipulados en el contrato. A la fecha de realización de los ensayos para esta evaluación (*octubre del 2019*), ya han pasado varios meses desde la apertura del tramo (*julio del 2016*), por lo que es importante llevar un control del comportamiento de este parámetro, de manera que se pueda establecer la tasa de deterioro, y con ello, las medidas preventivas a aplicar en la ruta.

En diversos estudios e informes tanto del LanammeUCR como de entes especializados en este tema a nivel mundial, se ha señalado que conforme el valor de IRI aumenta en una ruta, no sólo el costo de operación de la flota vehicular que por ella circula aumenta también, sino que la estructura del pavimento se somete a cargas dinámicas para la cual no fue diseñada, con lo que es de esperarse deterioros a mediano y largo plazo. Entre estos deterioros, se pueden mencionar losas divididas, agrietamientos de esquina y/o borde debido al bombeo de finos que da lugar a la formación de vacíos bajo las losas; y en caso de mala transferencia de cargas en las juntas, se puede presentar agrietamientos en esta zona de la losa.

Todo esto a su vez impacta de manera negativa la regularidad superficial a largo plazo, debido a posibles asentamientos en el material de la base.

En el Anexo I se muestran los resultados ubicados espacialmente.

4. Resultados Obtenidos: Escalonamiento de las Juntas Transversales

Los resultados obtenidos de la prueba de escalonamiento de juntas o *FLT*, en el carril derecho de ambos sentidos del tramo evaluado, se muestran en la Figura 5:

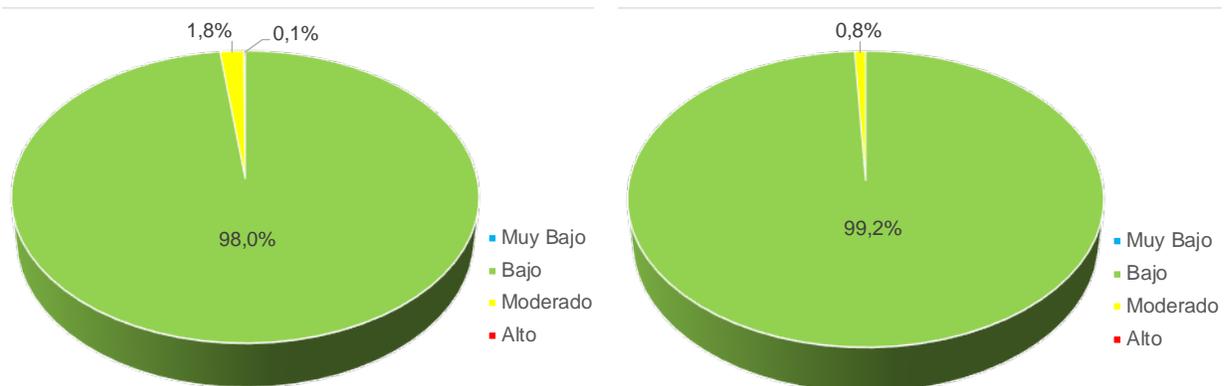


Figura 5.: Resultados de la prueba de Faulting para el tramo evaluado, tanto para el sentido Cañas – Liberia (izquierda) como el Liberia – Cañas (derecha).

En este aspecto, la ruta se encuentra en buenas condiciones estructurales, dado que casi el 99% del total de su longitud, presentan valores en el rango de bajo.

En el Anexo I se muestran los resultados ubicados espacialmente. Es importante mencionar que, durante la visita a la ruta, se pudo observar una importante cantidad de losas que presentan perfilado de su superficie. En muchas de éstas, el proceso de perfilado genera un desnivel en el sentido de circulación, que a veces alcanza los 10 mm con respecto a la zona circundante, y que puede ser sentido desde un vehículo en movimiento a velocidad normal de operación. Para evitar a futuro que estos desniveles sean interpretados de manera errónea por el Perfilómetro, se deben ubicar las losas que presentan este trabajo, así como el desnivel que presentan en el sentido de circulación.

5. Tramificación de la ruta evaluada

El tramo evaluado Cañas – Liberia y que corresponde con las obras de mejoramiento / reconstrucción evaluadas en este informe, se ubica entre las estaciones 166+310 a 216+710 de la RN 1 Carretera Interamericana Norte. Presenta 18 puentes y 5 pasos a desnivel, cuyas estaciones y longitudes se muestran en la Tabla 6.



Tabla 6. *Ubicación de singularidades principales en el tramo evaluado**

Obra	Est. Inicio	Est. Fin	Longitud (m)	Comentario
Puente	166+930	167+000	70	Río Cañas
Paso Desnivel	167+340	169+100	1.760	Cañas, inters. RN1 con RN142
Puente	170+428	170+478	50	Río Sandillal
Puente	171+395	171+452	57	Canal de riego
Puente	172+925	173+059	134	Río Corobicí
Paso Desnivel	173+848	174+673	825	Intersección RN1 con RN6
Puente	176+876	176+970	94	Río Tenorio
Puente	178+969	179+032	63	Río Blanco
Puente	182+126	182+201	75	Río Montenegro
Puente	184+414	184+465	51	Canal de riego
Puente	185+797	185+839	42	Río Villa Vieja
Puente	189+010	189+048	38	Río Estanque
Paso Desnivel	189+145	189+849	704	Bagaces, inters. RN1 con RN164
Puente	192+835	192+911	76	Río Piedras
Puente	196+208	196+270	62	Río Potrero
Puente	201+556	201+582	26	Quebrada Urraca
Puente	202+805	202+852	47	Río Pijije
Puente	205+930	206+009	79	Río Salto
Puente	208+480	208+531	51	Quebrada Caraña
Puente	212+213	212+262	49	Quebrada Lajas
Paso Desnivel	213+073	213+623	550	Intersección RN1 con Av. 34
Puente	214+490	214+560	70	Río Liberia
Paso Desnivel	214+828	216+328	1500	Liberia, inters. RN1 con RN21

* Nota: en puentes se incluye la longitud del relleno de aproximación. En pasos a desnivel, la longitud se calculó entre los puntos donde se da el cambio de pendiente (aproximaciones), la cual es mayor que la longitud de la estructura propia del paso.

A partir de los resultados obtenidos en las pruebas de *IRI* y *FLT*, cuyos gráficos se muestran en el Anexo II, y con base en la metodología de diferencias acumuladas, se procede a obtener una tramificación preliminar para la ruta en cada sentido. Al comparar los resultados obtenidos en ambos sentidos con las singularidades principales (pasos a desnivel) y entre sí, se obtienen 12 tramos homogéneos, cuyas estaciones de inicio y fin se muestran en la Tabla 7. La ubicación geográfica de los tramos, también se muestra en la Figura 6.

Tabla 7. Tramos homogéneos obtenidos, RN1 Cañas – Liberia

Tramo	Est. Inicio	Est. Fin	Longitud (m)
1	166+300	167+340	1040
2	169+100	173+848	4748
3	174+673	178+993	4320
4	178+993	186+398	7405
5	186+398	189+145	2747
6	189+849	196+339	6490
7	196+339	200+983	4644
8	200+983	204+598	3615
9	204+598	208+700	4102
10	208+700	213+073	4373
11	213+623	214+828	1205
12	216+328	216+710	382

Nota: debido a la presencia de singularidades mayores, en varios tramos homogéneos no existe continuidad en las estaciones fin – inicio.

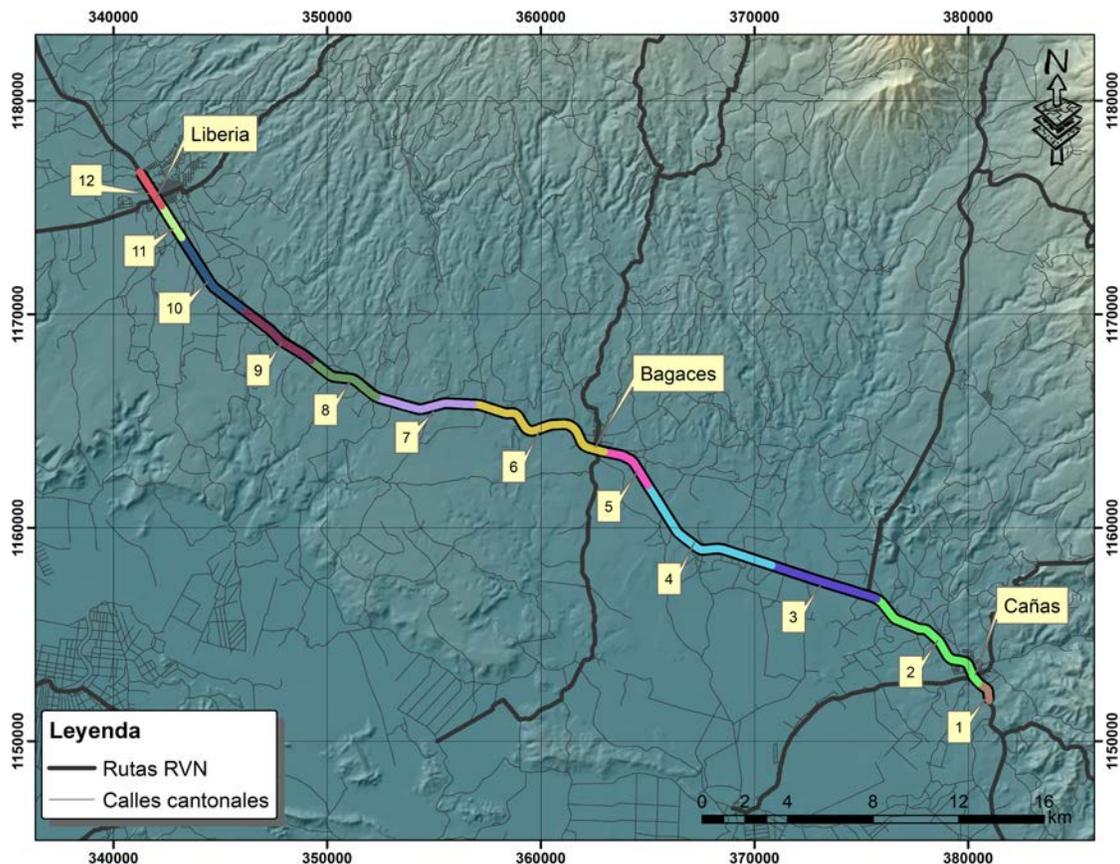


Figura 6. Ubicación de los tramos homogéneos.



6. Calificación técnica general del tramo Cañas – Liberia

Con base en los resultados obtenidos de IRI y FLT, se procede a calcular la condición funcional y estructural para cada tramo homogéneo de la ruta evaluada. Posterior, y con base en la *Tabla 1* de este informe, se le asigna a cada tramo su nota de calidad *QR*. Los resultados se muestran en la *Tabla 8*.

Tabla 8. *Notas de Calidad QR para cada tramo homogéneo*

Tramo	MRI _{prom} (m/km)	Nota IRI	FLT _{prom} (m)	Nota FLT	QR
1	2,9	Regular	4,2	Bueno	QR2
2	2,9	Regular	4,4	Bueno	QR2
3	2,7	Regular	4,3	Bueno	QR2
4	2,5	Regular	4,2	Bueno	QR2
5	2,5	Regular	4,1	Bueno	QR2
6	2,6	Regular	4,2	Bueno	QR2
7	2,5	Regular	4,0	Bueno	QR2
8	2,5	Regular	4,6	Bueno	QR2
9	2,6	Regular	4,7	Bueno	QR2
10	2,5	Regular	4,4	Bueno	QR2
11	2,8	Regular	4,9	Bueno	QR2
12	2,8	Regular	4,3	Bueno	QR2

En general, todos los tramos presentan una condición estructural buena, y una condición funcional regular, por lo que obtienen una nota de calidad *QR2*. Esto significa que la ruta en general, se debe intervenir con actividades de mantenimiento periódico, con énfasis en la rehabilitación del componente funcional de la superficie. Entre las posibles actividades, están la reparación y sellado de juntas y de agrietamientos de severidad baja y media, así como el cepillado (fresado) de la superficie para mejorar su *IRI*.

7. Resultados obtenidos: 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. Para la ruta, se evaluaron ambos sentidos por separado, de nuevo en el carril derecho; los resultados se muestran en la *Figura 7*.

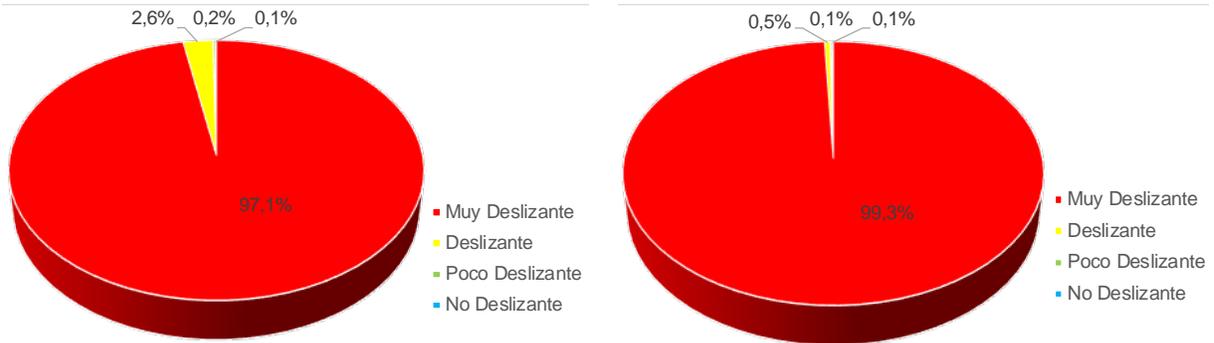


Figura 7. Resultados de la prueba de agarre superficial para el tramo evaluado, tanto para el sentido Cañas – Liberia (izquierda) como el de Liberia – Cañas (derecha).

De la figura anterior, se observa que prácticamente en la totalidad de la ruta presenta niveles de agarre muy bajos (rango de *muy deslizante*). En el informe de la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR publicado en noviembre del año 2015 (LM-PI-AT-015-15), se señaló que debido a malas técnicas constructivas, la macrotextura de la ruta no contó con un acabado correcto, el cual debería ser texturizado según el CR-2010 (Sección 500), quedando más bien pulido (Figura 8). A la fecha de este informe, este problema no ha sido corregido: en la gira realizada a la ruta en octubre del presente año, se observaron losas donde el texturizado prácticamente no existe. En el Anexo I se muestran los resultados de esta prueba, geográficamente referenciados.



Figura 8. Ejemplo de macrotextura correcta para una ruta con superficie en concreto hidráulico (arriba), con canales de 3 a 6 mm de profundidad separados de 12 a 19 mm (imagen tomada de internet), en comparación con la presente en el proyecto (abajo), donde se observan zonas donde el texturizado no existe (Estación 175+520).

8. Resultados obtenidos: Transferencia de carga entre losas

Adicionalmente a todas las pruebas hechas, se realizó una prueba adicional a la ruta, la cual consiste en evaluar la eficiencia con la que las cargas se transfieren entre losas, usando para ello el *Deflectómetro de Impacto* en una configuración especial para dicha prueba. Esto, para complementar los resultados establecidos en la Sección 4 de este informe. Los sitios escogidos corresponden a juntas de losas en



estacionamientos separados 250 metros entre sí, para el carril derecho de la ruta en ambos sentidos. Las singularidades mayores (pasos a desnivel) no se incluyen en esta prueba. Los resultados se muestran en la Figura 9.

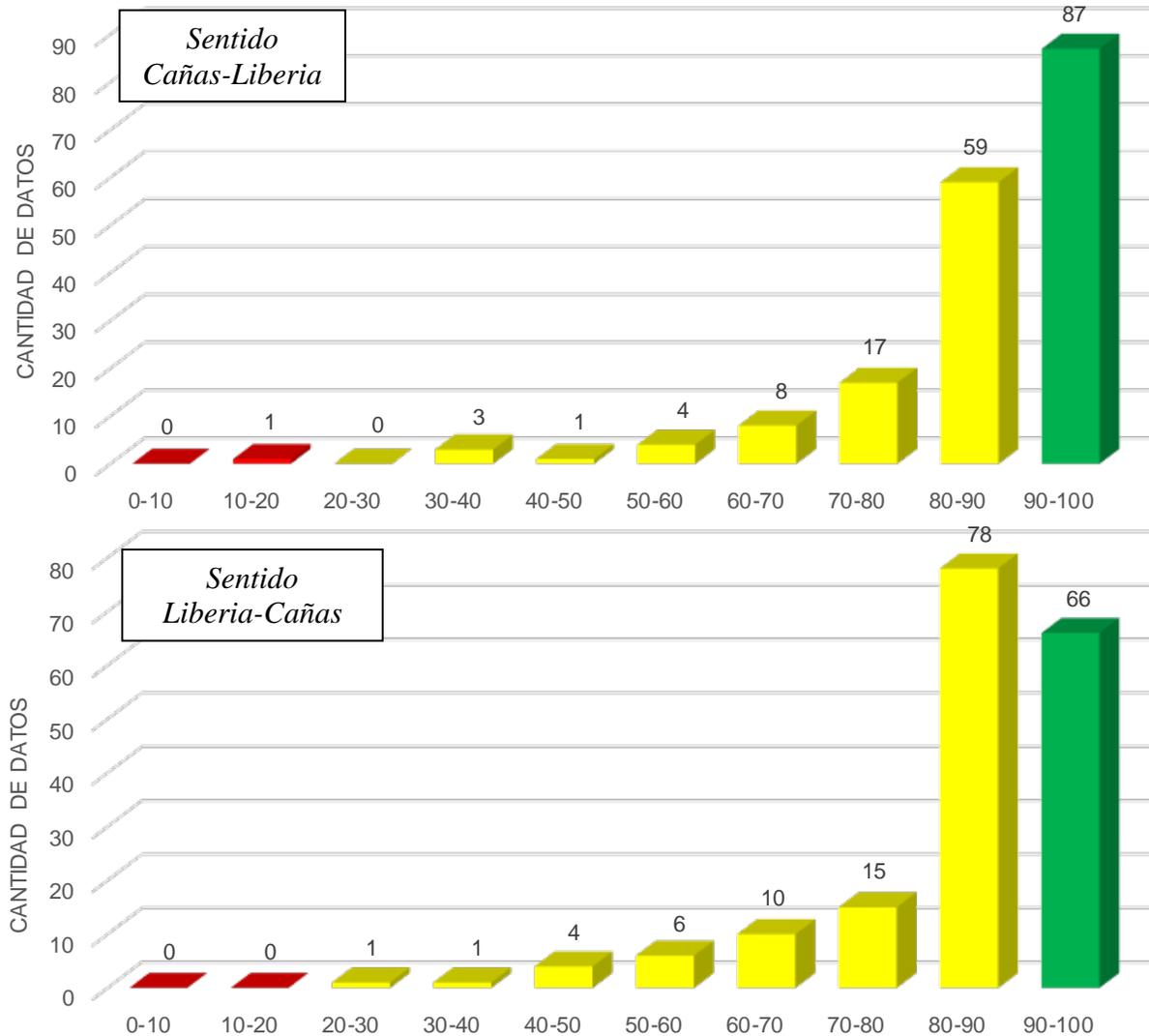


Figura 9: Resultados obtenidos en la evaluación de la transferencia de cargas, para el sentido Cañas-Liberia (gráfico superior) y el Liberia-Cañas (gráfico inferior)

Como se observa, la ruta en general presenta una buena condición en este parámetro. Los valores promedio para cada sentido son 85,4% para el sentido de ida, y 83,7% para el de venida, lo que estrictamente pone a la ruta en la categoría de regular (rango de 20% a 90% de *LTE*). En conjunto con la prueba de *FLT*, es importante llevar el control a estos parámetros, para monitorear la condición



estructural de esta ruta, y garantizar la programación de actividades de mantenimiento oportunas.

9. Observaciones realizadas en la visita a la ruta

Funcionarios de la UGERVN realizaron una visita a la ruta los días 9 y 10 de octubre del presente año. En esta visita, se pudo observar el estado general de la ruta, así como distintos problemas presentes que son importantes destacar, y que se resumen a continuación:

- El proyecto en general presenta una cantidad importante de losas con agrietamientos longitudinales y transversales, así como losas divididas. En algunos sitios, estos agrietamientos han sido tratados con un sello epóxico; sin embargo, la mayor parte de agrietamientos no han sido sellados, permitiendo la acumulación de incompresibles, así como la filtración de agua a las capas inferiores (Figuras 10 a 12).

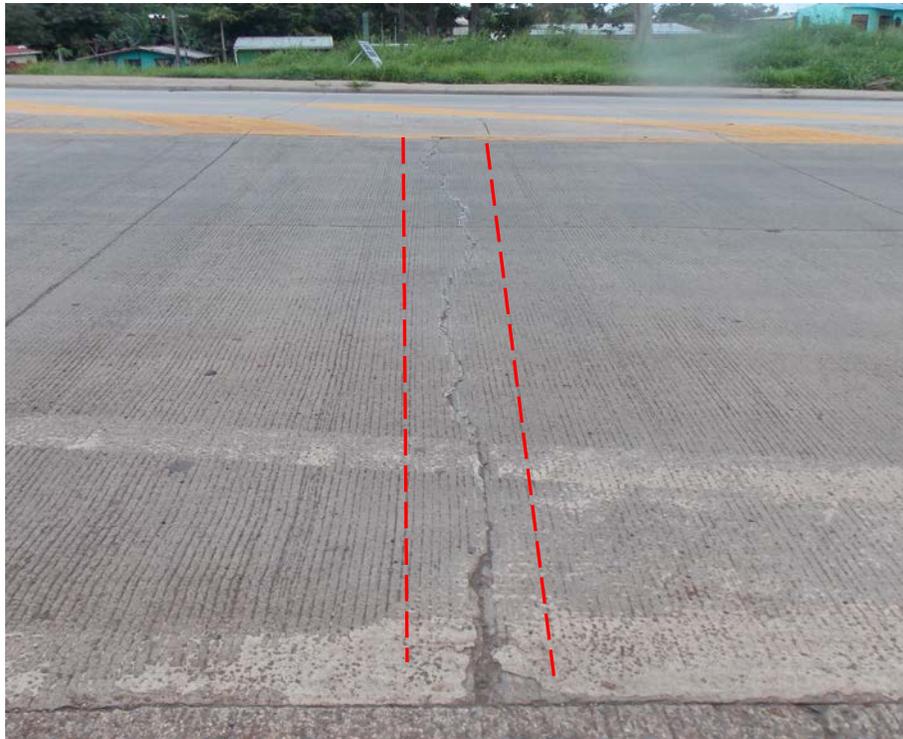


Figura 10. Grieta transversal sin sellar, en el inicio del proyecto (Est. 166+315), carril de ida (líneas punteadas de referencia para la ubicación del agrietamiento).



Figura 11. Grieta longitudinal sin reparar, en el carril derecho sentido de ida, Est. 186+580

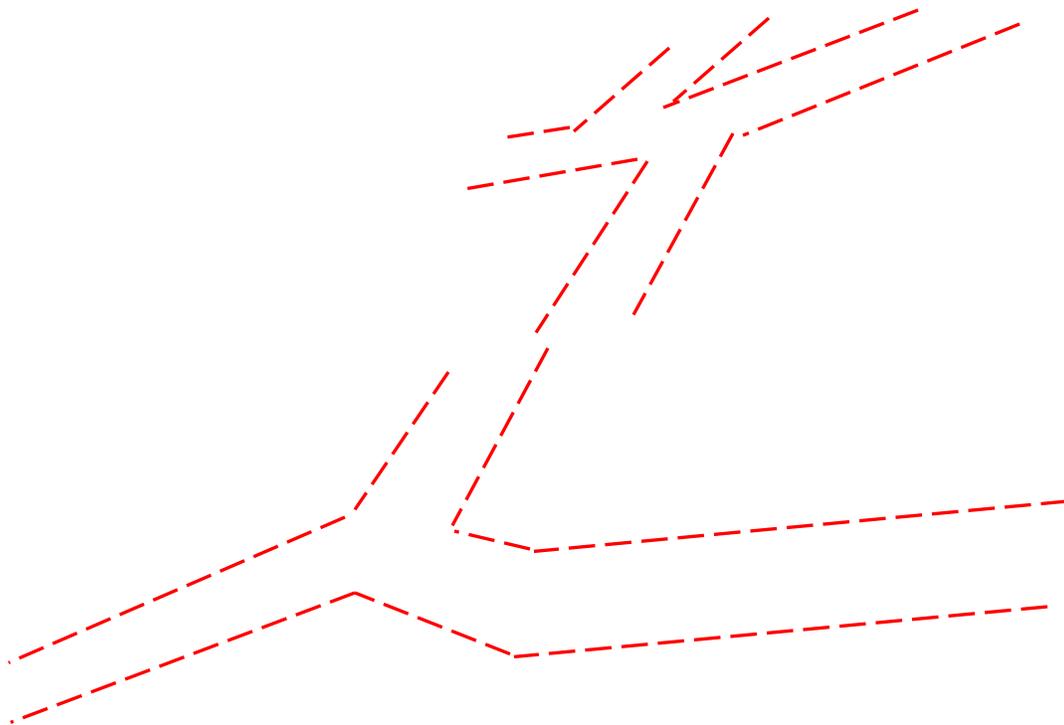


Figura 12. Losas divididas, carril derecho de venida, Est. 181+200



- La mayor parte del proyecto presenta juntas con el sello en mal estado, o inexistente. Esto propicia la acumulación de incompresibles en la junta, lo que a su vez puede provocar fracturas en las juntas y agrietamientos, además de permitir la infiltración de agua a las capas inferiores (Figuras 13 a 14).



Figura 13. Estado de la junta y el sello en la unión de 4 losas, Est. 166+400.
Nótese la cantidad de pequeñas rocas y suciedad en la junta.

Figura 1. Fractura de junta en la Est. 208+970 carril de venida (izq.);
fractura de junta en la Est. 175+520 carril de ida (der.).



- Varias reparaciones realizadas no fueron del todo efectivas para el deterioro detectado. Esto aplica especialmente para varios sitios donde las losas presentaron agrietamientos, y en su momento se aplicó un sello de grietas que actualmente no cumple su función debido al deterioro mismo del sello, o a la naturaleza del agrietamiento. A su vez, se observaron reparaciones parciales en losas, que presentan deterioros severos (Figuras 15 y 16).

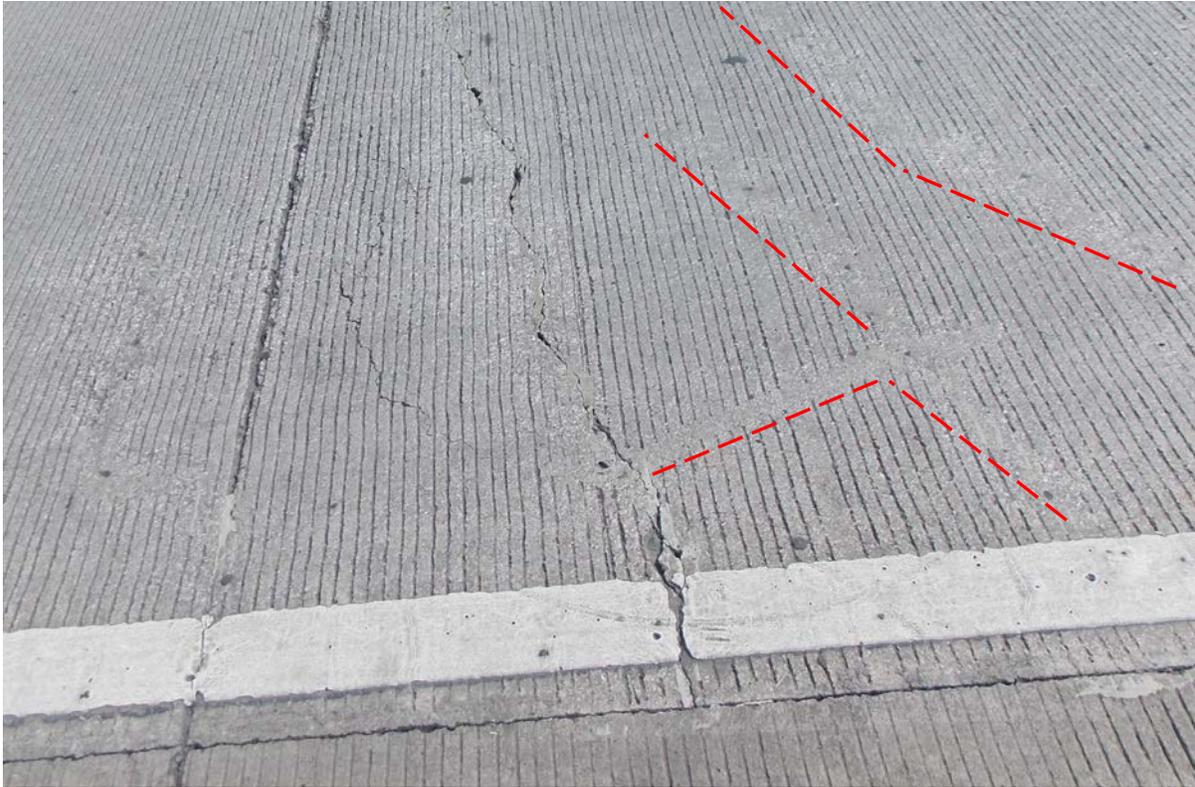


Figura 15. Est. 205+510, carril de venida, donde se aplicó sellado de grietas (líneas punteadas para referencia de ubicación). Sin embargo, se observa una grieta transversal abierta.



Figura 16. Reparación parcial de losa con agrietamiento severo, Est. 205+510 carril de
venida.

- Al momento de la gira, se observó un crecimiento importante de vegetación en el derecho de vía, prácticamente en la totalidad de la ruta. En varios sitios dicha vegetación obstruye de manera parcial o total las cunetas, restándoles sección hidráulica y, por ende, eficiencia (Figura 17).



Figura 17. Crecimiento importante de vegetación en el derecho de vía, Est. 170+080.



- En varios sitios, en la superficie de las losas existen concentraciones de agujeros donde se encontró madera. Esto podría deberse a contaminación del agregado durante el proceso constructivo (Figura 18).



Figura 18. Detalle de los agujeros presentes en la superficie, Est. 170+080 carril de ida.

- En el tema de seguridad vial, un porcentaje alto de los captaluces ubicados en la demarcación entre carriles para un mismo sentido, se han perdido con el paso del tiempo. Con base en los datos obtenidos con el *Equipo de Imágenes Georeferenciadas* para los años 2017 y 2018³, existe una tendencia en la pérdida de estos elementos, la cual para el año 2018 superaba más de la mitad de la longitud en cada sentido sin captaluces (Figura 19). Con base en las observaciones realizadas en la gira de este año, se estima que el porcentaje de pérdida actual supera el 60% en cada sentido. Por su parte, y con respecto a la demarcación horizontal, la misma presenta en varios sitios un desgaste importante: dependiendo de la incidencia del sol y debido al color claro de la superficie de rueda, no es posible observar de manera clara dicha demarcación.

³ Debido a problemas propios del equipo en la recopilación de datos, a la fecha de realización de este informe no se tienen datos completos para el año 2019, por lo que se decidió omitir este año en la presente evaluación.

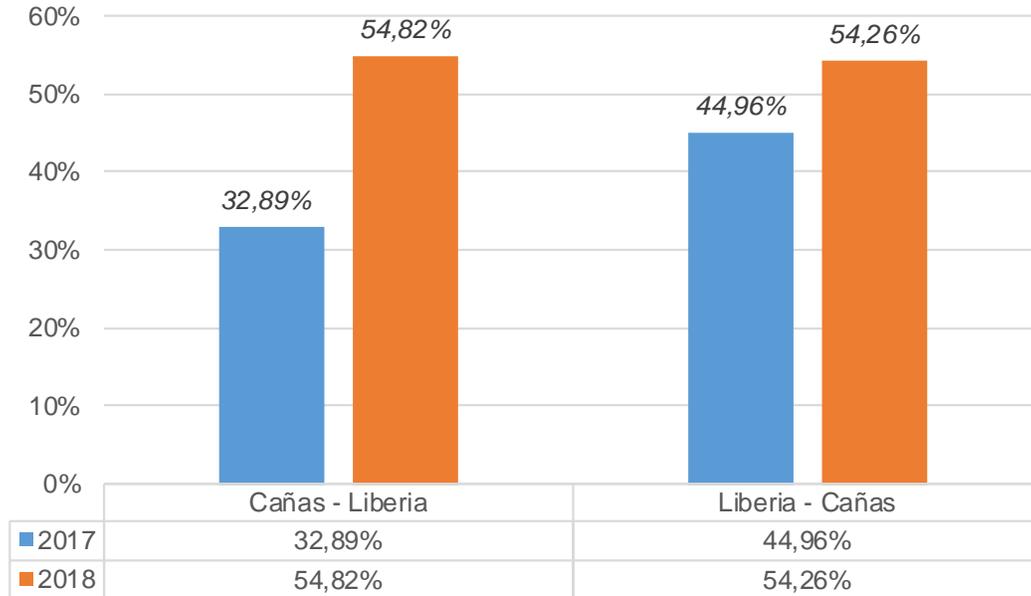


Figura 19. Porcentaje de la ruta por sentido, que no presenta captaluces en la divisoria entre carriles, para los años 2017 y 2018.

- Varias losas a lo largo del proyecto presentan un perfilado que en su momento respondió a la necesidad de darle al tramo un valor adecuado de IRI. Sin embargo, en varios de estos trabajos los puntos iniciales y finales presentan un desnivel de hasta 10 mm con respecto al nivel original de la losa. Este desnivel puede ser sentido a velocidades normales de operación de la ruta (entre los 60 a 90 kph) (Figura 20).



Figura 20. Perfilado de losas, est. 180+250 carril de ida.



- Se ubicó un sitio, en el estacionamiento 175+500 en el carril de ida (sentido Cañas – Liberia), donde varias losas muestran deterioro tipo pulimento de agregado, y desprendimiento de los mismos (Figura 21).



Figura 21: Pulimento y desprendimiento de agregados, est. 175+500 sentido Cañas - Liberia.

10. Inversión realizada en mantenimiento

Con base en el Sistema Integral de Gestión de Proyectos (*SIGEPRO*), fue posible obtener por año y ruta, el total de inversión en actividades de mantenimiento y/o puntuales que la Administración realizó para un tramo de ruta en específico. A partir de esta información en la *UGERVN* del LanammeUCR, se procesaron la totalidad de dichos datos, para obtener información sobre las actividades realizadas en un periodo específico y contrastarlo con las necesidades actuales de una ruta, esto según la Nota de Calidad obtenida, a partir de los resultados de distintos indicadores técnicos de evaluación.

De manera que, para los años 2017 a 2019, la inversión en mantenimiento, y actividades ejecutadas en el tramo evaluado Cañas – Liberia, se detallan en las Tablas 9 a 11.



Tabla 9: Inversión en actividades de mantenimiento, año 2017.

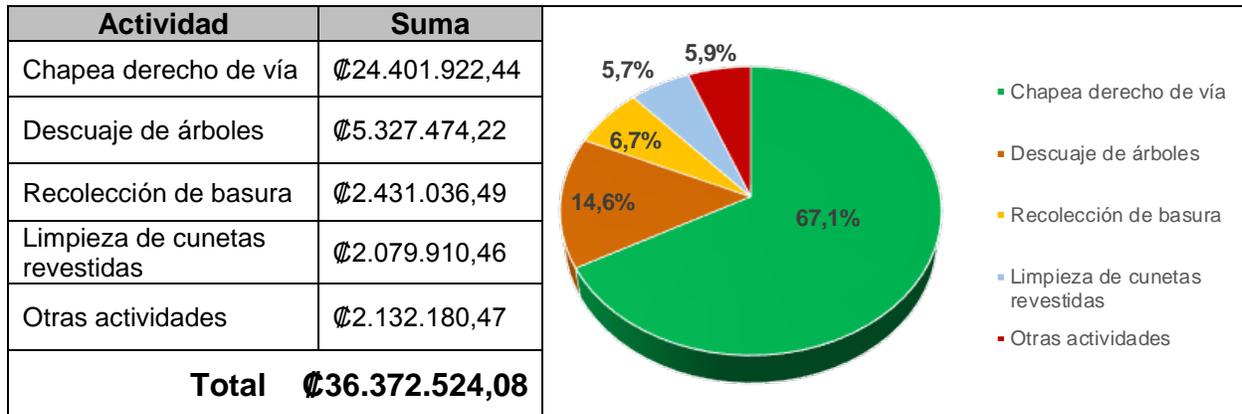


Tabla 10: Inversión en actividades de mantenimiento, año 2018.

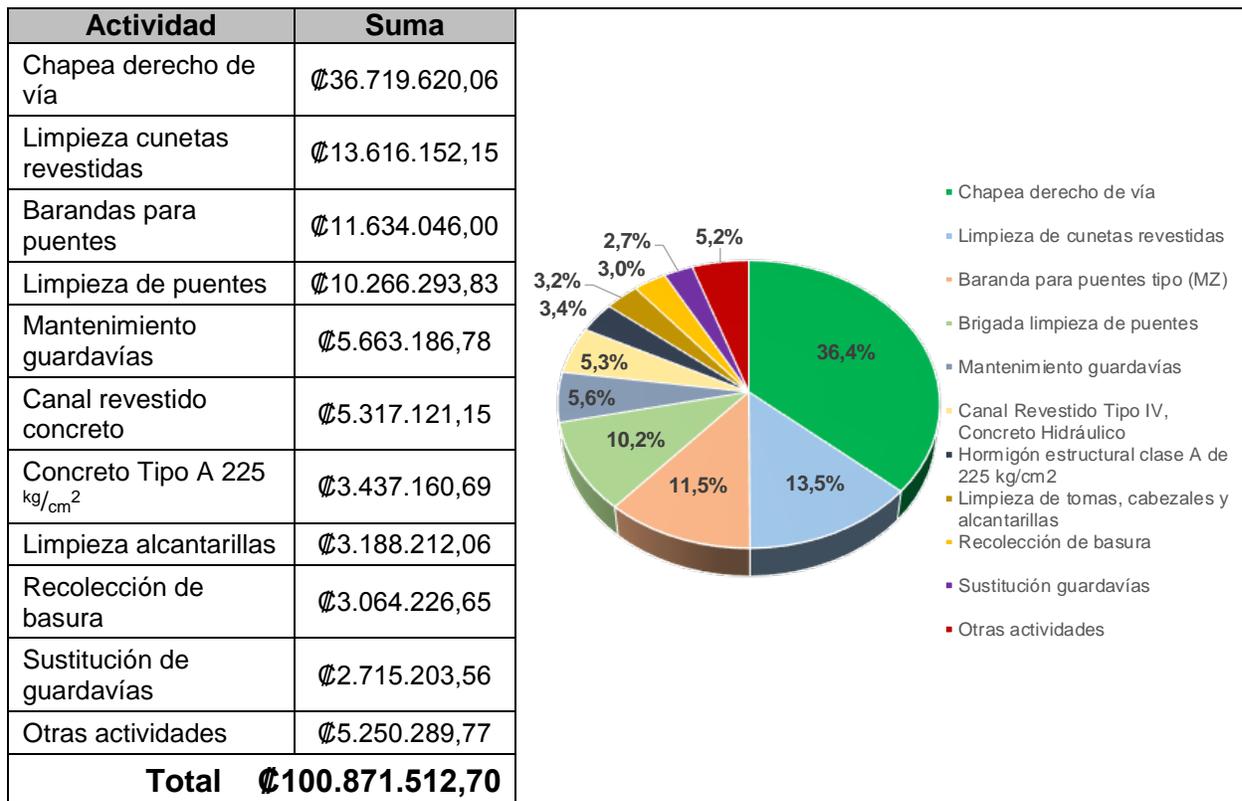




Tabla 11: Inversión en actividades de mantenimiento, año 2019*

Actividad	Suma
Limpieza cunetas revestidas	₡44.341.989,31
Chapea derecho vía	₡32.776.775,73
Sustitución de guardavías	₡12.973.223,05
Recolección de basura	₡3.620.534,59
Otras actividades	₡2.859.277,65
Total	₡96.571.800,33

* Datos hasta setiembre del año 2019

Para el primer año, la inversión se enfocó en actividades de limpieza de los activos del tramo (derecho de vía, cunetas, árboles). Para los 2 años siguientes, se incorporaron actividades de mantenimiento de obras afines, como puentes, guardavías y canales colindantes. Excepto por el primer año, en el cual se invirtieron 36 millones de colones, los años 2018 y 2019 reportan montos similares en estas actividades, de aproximadamente 100 millones de colones.

Se destaca el hecho de que no se reporta inversión para el mantenimiento y/o sustitución del sello de juntas, la reparación a profundidad parcial o total de losas con problemas de agrietamientos moderados a severos, la colocación de sello apropiado para aquellas con agrietamientos leves, mantenimiento a la demarcación horizontal, o la sustitución de los captaluces que se han ido perdiendo con el paso del tiempo (y vehículos), actividades que para este tipo de rutas (y con base en lo observado en la visita al tramo), siendo que estas actividades son necesarias para conservar los niveles de servicio y seguridad vial, así como garantizar la inversión realizada.

11. Conclusiones y Recomendaciones

De los resultados obtenidos en este informe, se concluye que, a nivel estructural, el tramo comprendido entre los poblados de Cañas y Liberia se encuentra en buen estado. Lo anterior, con base en la prueba de *escalonamiento de las juntas transversales* y eficiencia de la *transferencia de carga*. Sin embargo, a partir del resto de las evaluaciones y observaciones realizadas en la visita a la ruta, se concluye que la misma debe ser intervenida a la brevedad posible, esto con actividades de mantenimiento que garanticen que tanto el nivel de servicio a los usuarios, como el valor patrimonial de la obra, se conserven en el tiempo esperado.

De la prueba con el *Perfilómetro Láser*, más de 3 cuartas partes de la ruta presenta un IRI en valores de moderados a altos. Esto, además de encarecer los costos de operación de la flota vehicular que por dicho tramo circula (en comparación con una ruta con IRI bajo), somete a la estructura a cargas dinámicas para las cuales no está



diseñada. Esto fue posible comprobarlo durante la visita a la ruta pues en varios puntos en donde el equipo de la *UGERVN* se encontraba realizando mediciones, fue posible sentir vibraciones anormales en la estructura, al paso de vehículos pesados. Con el tiempo, esto puede provocar deterioros anticipados en la estructura misma, con el gasto adicional que suponen las actividades de mantenimiento y/o reconstrucción de la (s) losa (s) afectada (s).

Con base en la *Matriz de Calificación de la Nota QR*, la totalidad de las secciones homogéneas para esta ruta presenta una calificación *QR2*, por lo que se recomienda la programación de actividades periódicas de mantenimiento con énfasis en la rehabilitación del componente funcional.

Por otra parte, la prueba con el *Medidor de Agarre Superficial*, que mide el grado de deslizamiento de la ruta bajo condiciones adversas (lluvia), muestra que prácticamente la totalidad de su longitud presenta valores en el rango de *muy deslizante*. Este es un resultado que debe poner en alerta a la Administración, especialmente considerando las velocidades a las que los usuarios pueden circular, pues, si bien el rango señalado es de 60 a 90 kph, existen zonas en donde por su geometría y falta de control, se les facilita a los usuarios circular por encima de los 100 kph. En la visita a la ruta, se pudo constatar lo que ya mencionaba la *Unidad de Auditoría Técnica* del LanammeUCR en sus informes al indicar que la macrotextura en la superficie de las losas, no es la adecuada, lo cual disminuye el agarre que puede brindar a las llantas de vehículos. Junto con eso, es importante recalcar que la función principal de los surcos o canales que debe presentar la superficie de las losas, es la de evacuar el agua superficial de manera eficiente por lo que a falta de éstos, el agua no evacúa con la velocidad adecuada, situación que aumenta la probabilidad del acuaplaneo, con las consecuencias sobre la seguridad vial que esto significa, paralelo al el efecto “*splash*” por el paso de los vehículos

Con la visita a la ruta, se observaron varios puntos cuyas losas presentan importantes agrietamientos longitudinales y transversales, así como, aquellos que forman losas divididas. Además, el estado en general del sello de las juntas requiere de una labor de sustitución inmediata, dado que en varios se presentan deterioros como juntas fracturadas y desprendimientos de material.

En virtud de todo lo anterior, con el fin de proveer un mantenimiento integral de la ruta, se generan las siguientes recomendaciones para consideración de la Administración:

- Realizar actividades que busquen brindar a la superficie de ruedo, los niveles adecuados de agarre. Con base en el CR-2010, acciones como el *cepillado* o *fresado* de la superficie no sólo permite mejorar el nivel del perfil longitudinal, disminuyendo los valores de IRI, sino que permite mejorar la condición de agarre superficial. Esto, para la totalidad de la ruta evaluada, en cada carril. Adicionalmente, valorar la posibilidad de aplicar límites de velocidad cambiantes según el estado del tiempo (de tal manera que, por ejemplo, para condiciones



lluviosas, este límite disminuya), además de establecer registros y controles más estrictos sobre las velocidades a las que los usuarios circulan.

- Establecer un sistema periódico de mantenimiento completo para la ruta. Actividades como la reparación y sellado de juntas y grietas deben realizarse de manera constante, con lo que se pueden evitar problemas mayores de deterioro a mediano y largo plazo. Esto, sin afectar la inversión en chapea del derecho de vía, reposición de barreras de seguridad dañadas, limpieza de cunetas y alcantarillas, e inspección rutinaria de obras importantes en la ruta (como puentes y pasos a desnivel), la cual ya se realiza de manera regular en este tramo.
- Ubicar la totalidad de losas que presentan daños en forma de agrietamientos (longitudinales, transversales y de esquina), con el fin de valorar el tipo de reparación a realizar, tales como el sellado de la grieta (para severidades bajas), así como reparaciones a profundidad parcial o total, o la sustitución de la losa como tal.
- Dar mantenimiento periódico a la demarcación vial, reponiendo los captaluces que se van perdiendo con el paso del tiempo y de los vehículos. Valorar la posibilidad de brindar una capa de sellado base en color negro para la demarcación horizontal, para efectos de contraste tal y como lo establece la guía de INTECO de buenas prácticas constructivas (Figura 22). Esto, para mejorar su visibilidad ante condiciones adversas de luz natural.

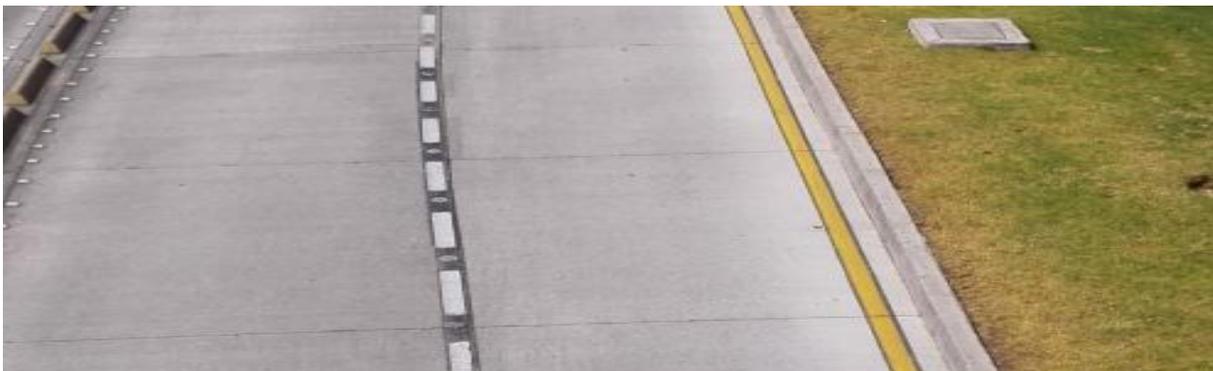


Figura 22. Ejemplo de demarcación vial en una ruta de concreto, con base en color negro (imagen tomada de internet).



ANEXO I: Resultado de pruebas realizadas en la ruta evaluada

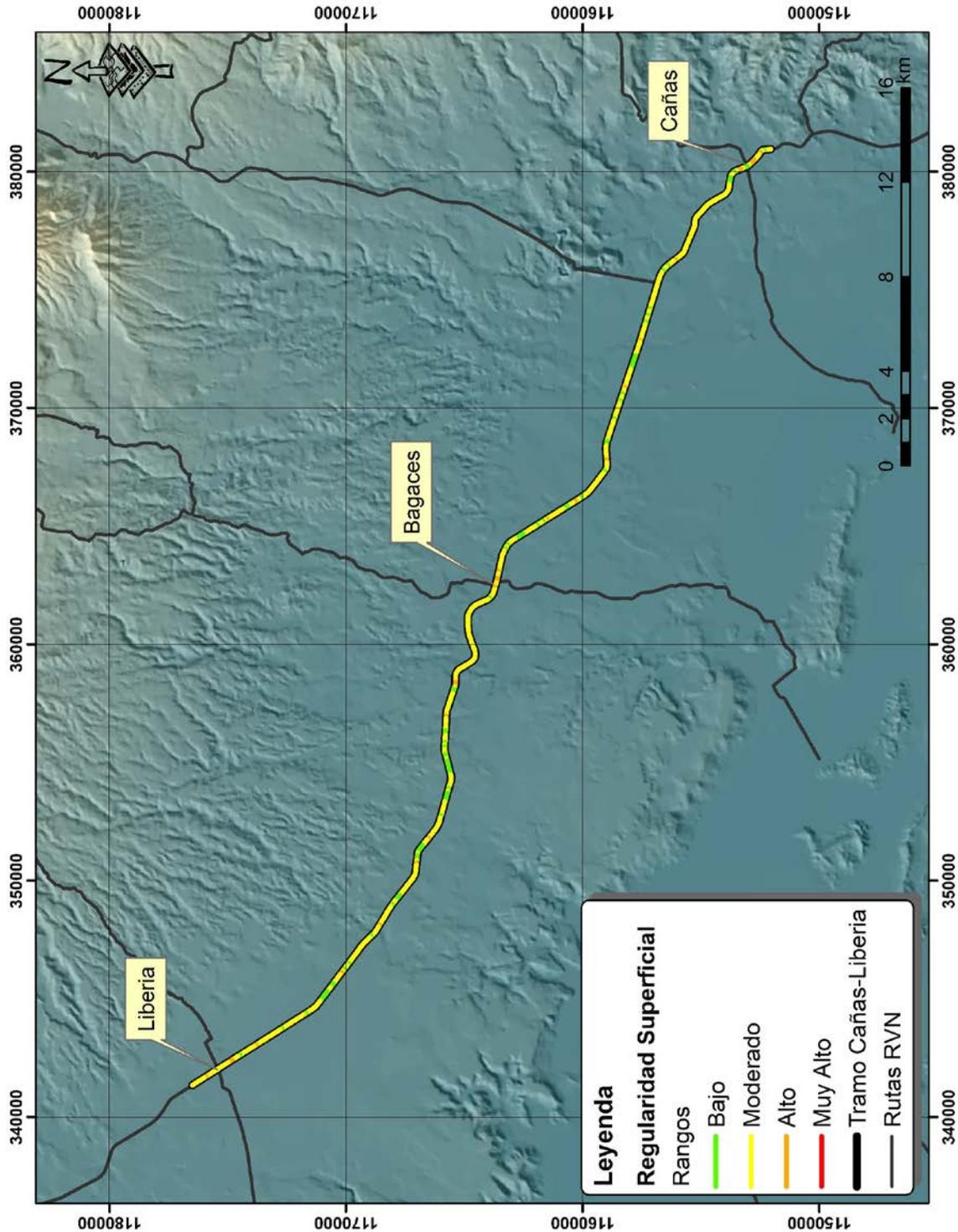


Figura A1. Regularidad superficial tramo Cañas – Liberia, sentido de ida.

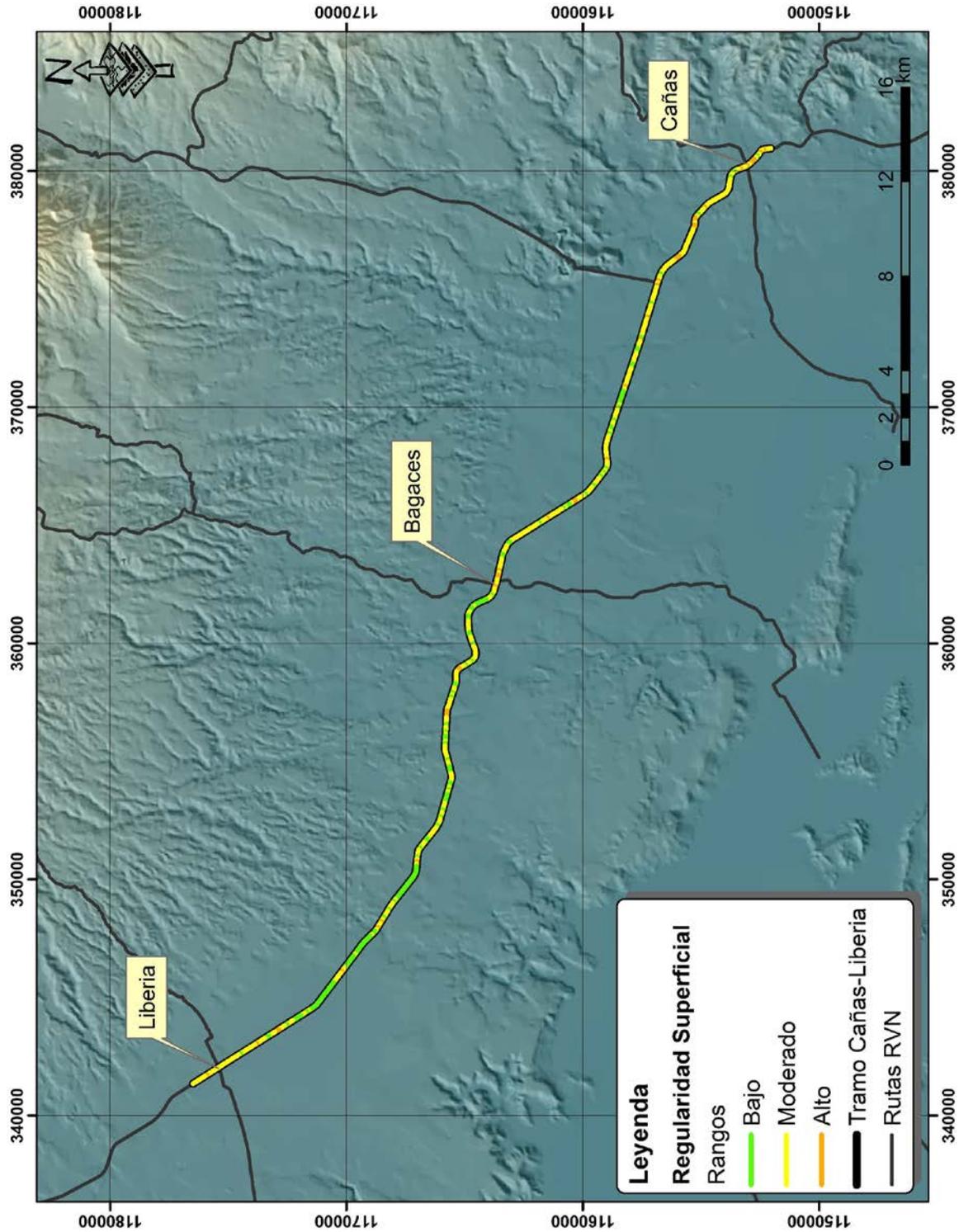


Figura A2. Regularidad superficial tramo Cañas – Liberia, sentido de venida.

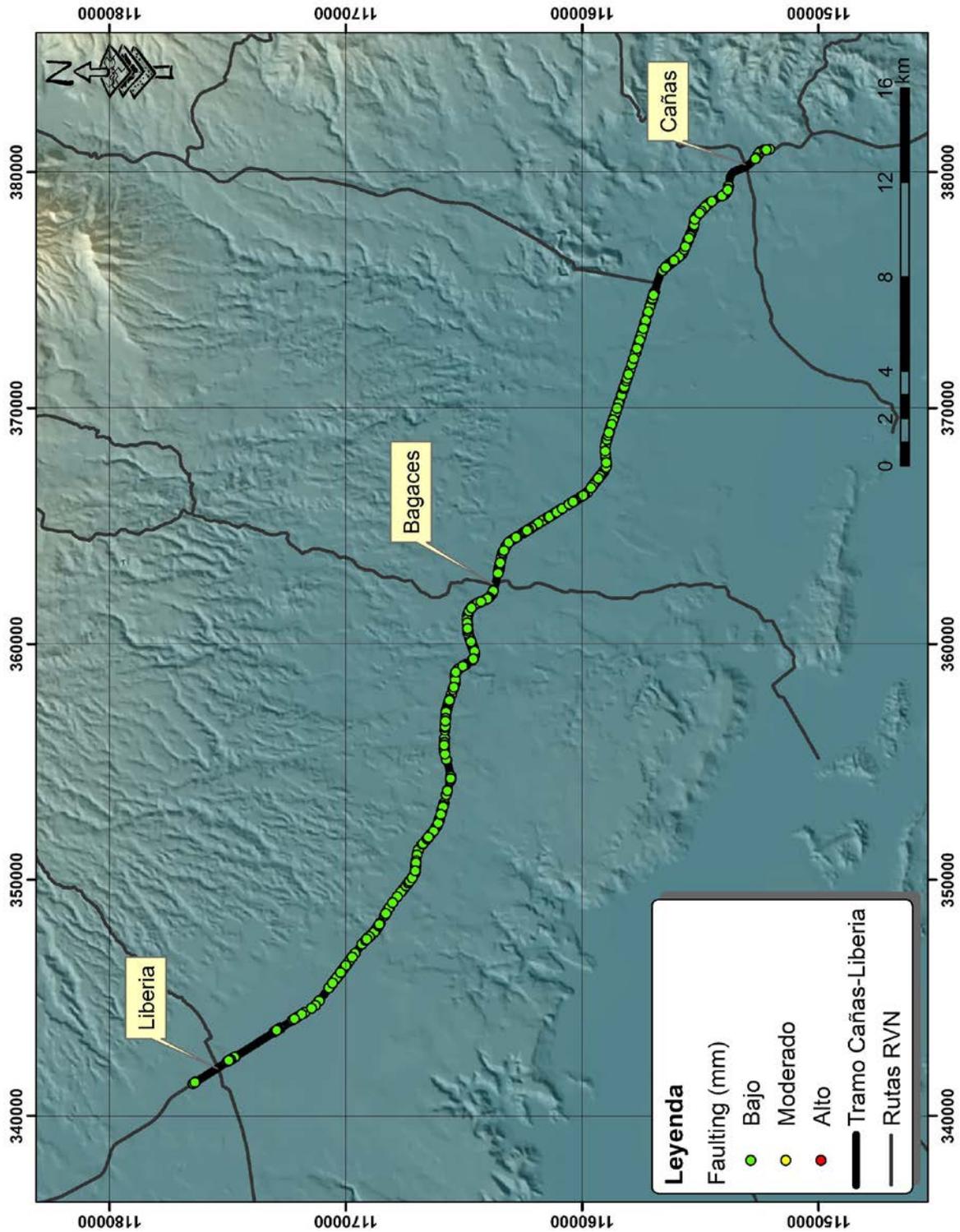


Figura A3. Faulting tramo Cañas – Liberia, sentido de ida.

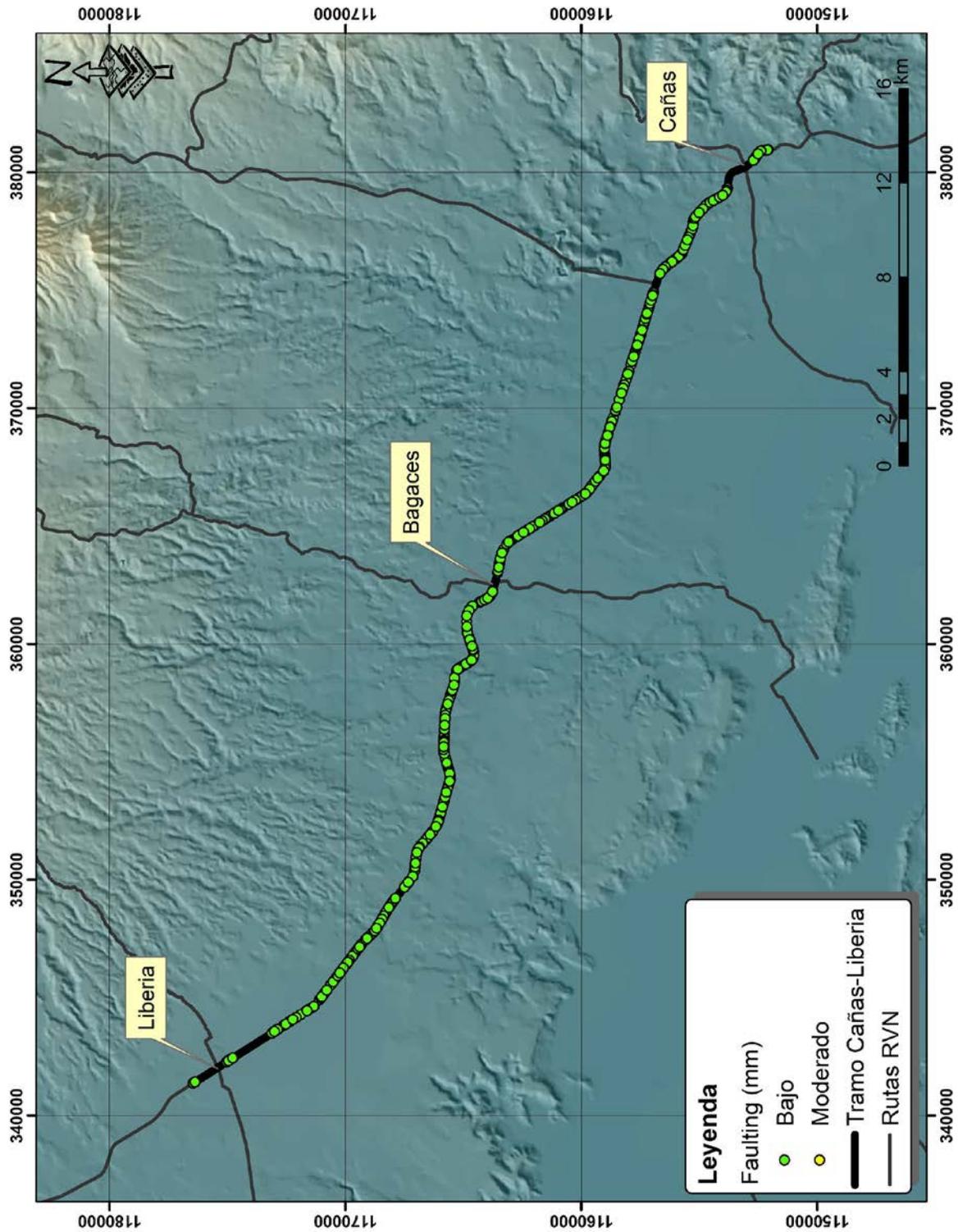


Figura A4. Faulting tramo Cañas – Liberia, sentido de venida.

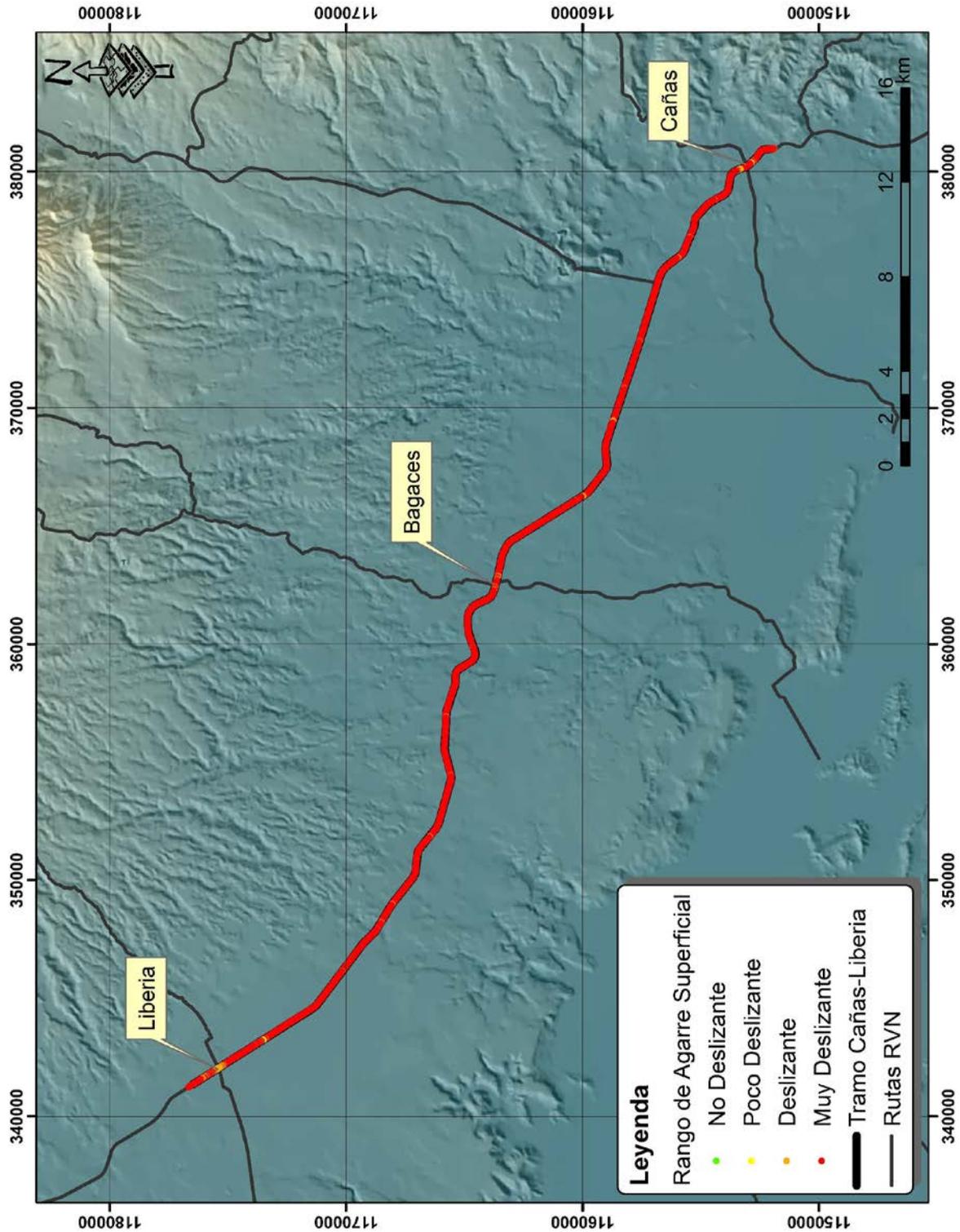


Figura A5. Agarre superficial tramo Cañas – Liberia, sentido de ida.

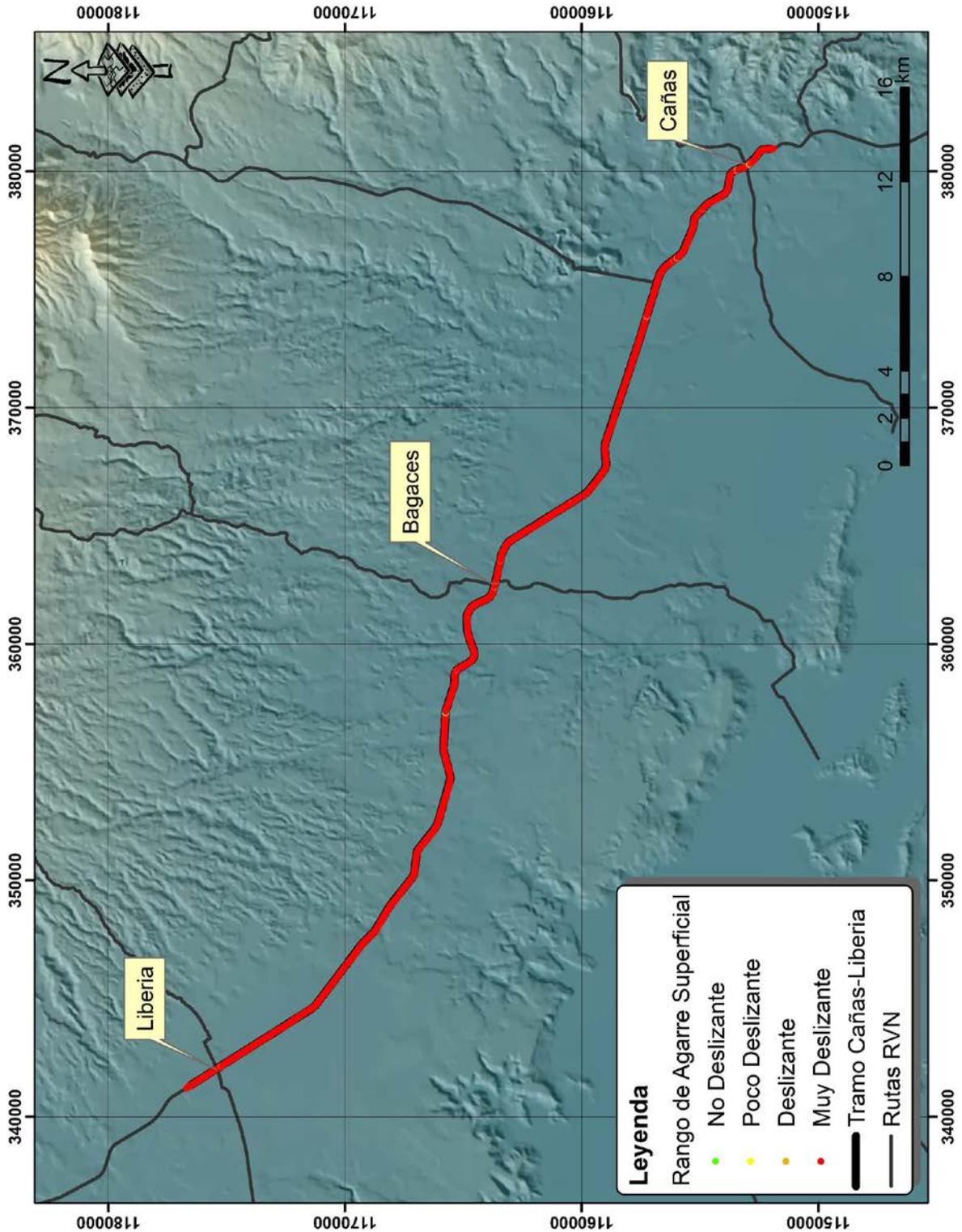


Figura A6. Agarre superficial tramo Cañas – Liberia, sentido de venida.

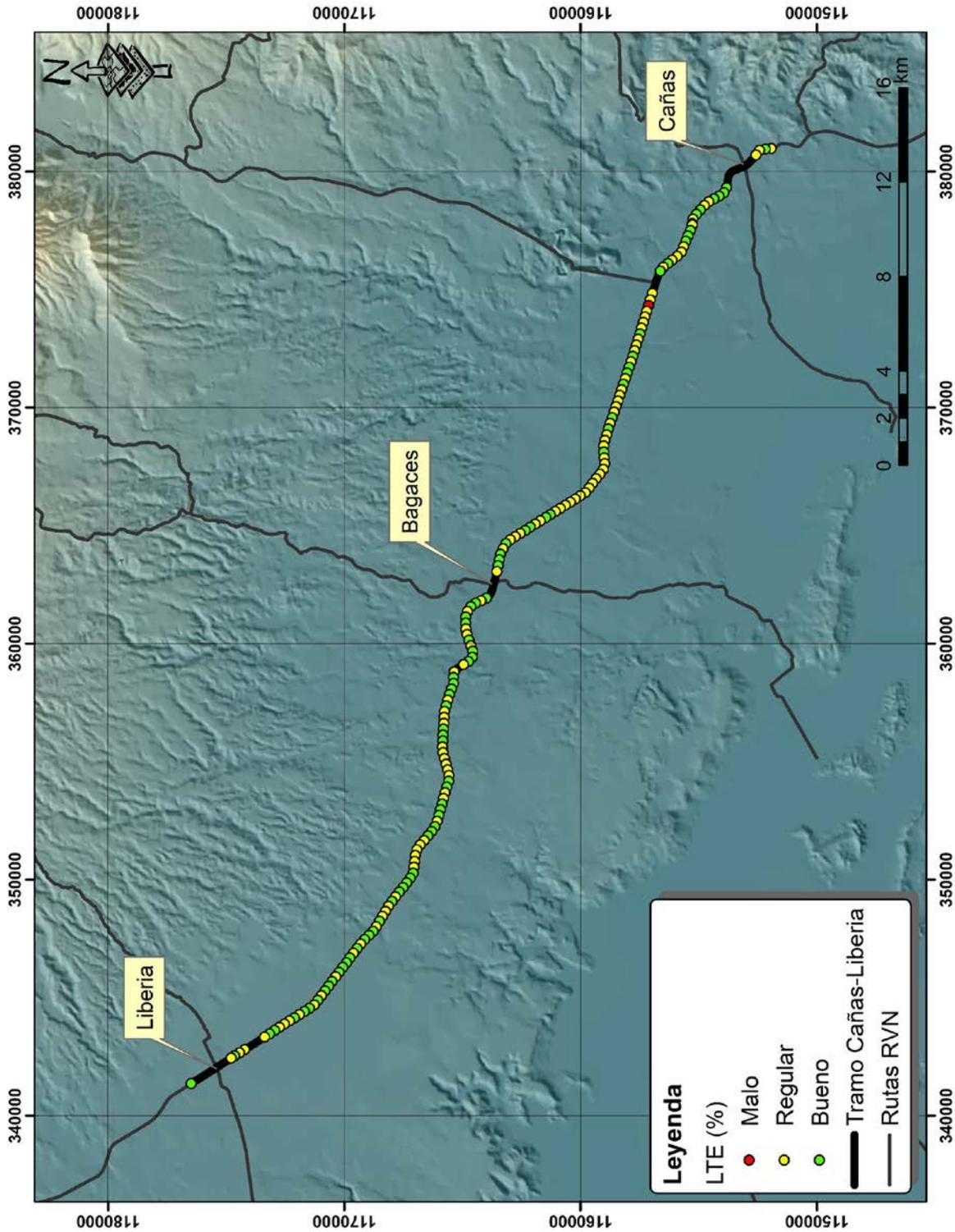


Figura A7. Transferencia de cargas tramo Cañas – Liberia, sentido de ida.

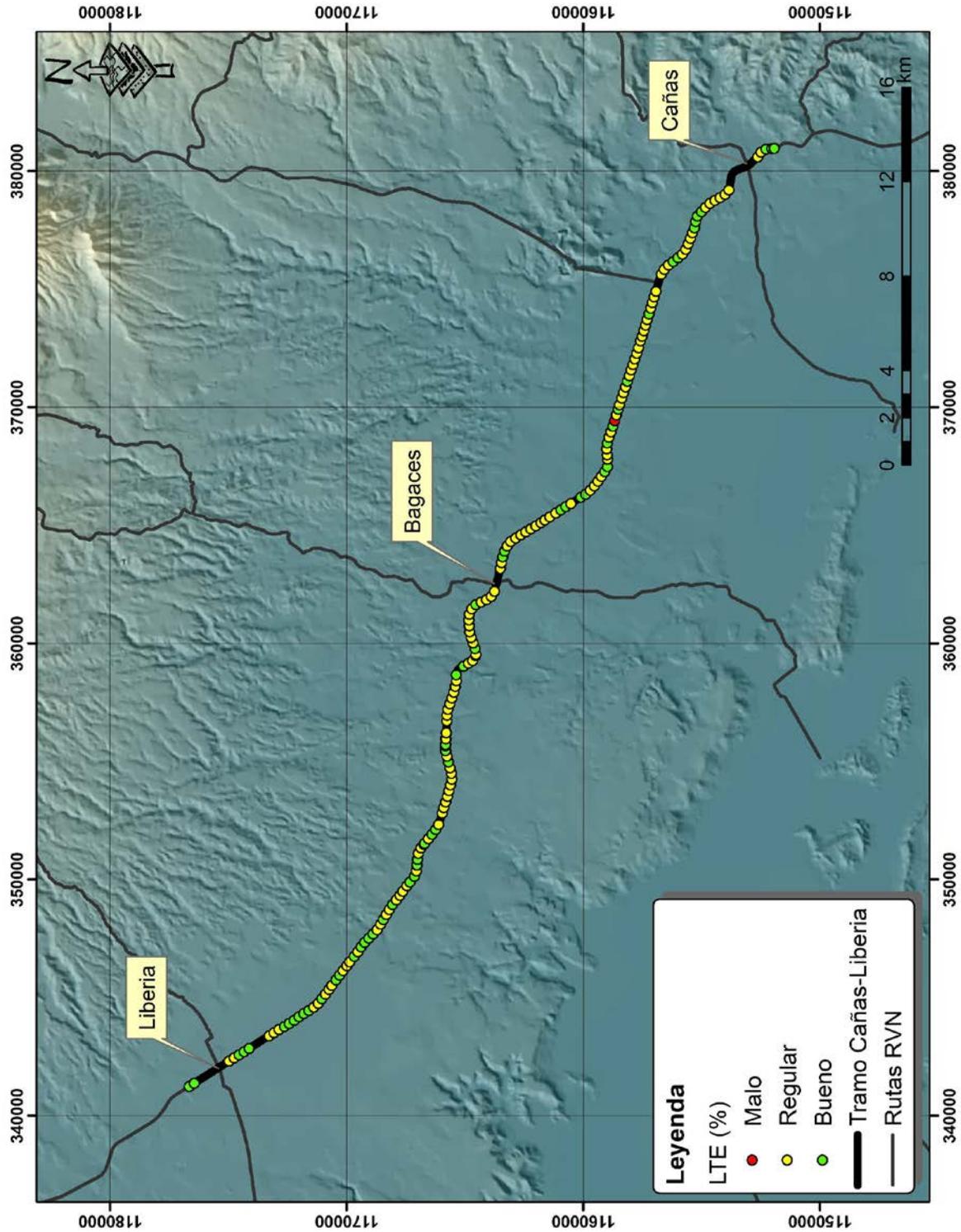
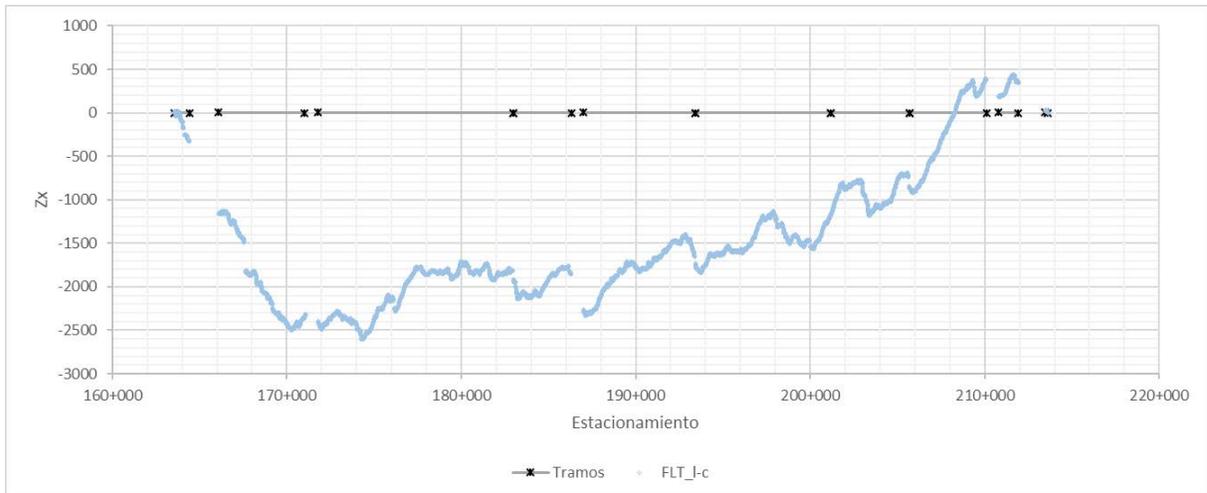
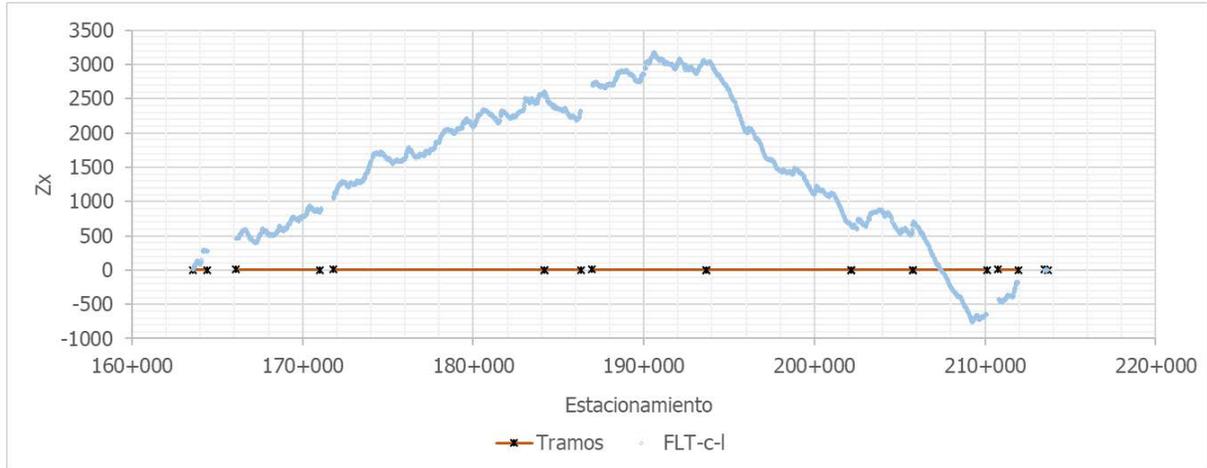


Figura A8. Transferencia de cargas tramo Cañas – Liberia, sentido de venida.



ANEXO II: Resultados obtenidos, método de diferencias acumuladas, para *IRI* y *FLT*



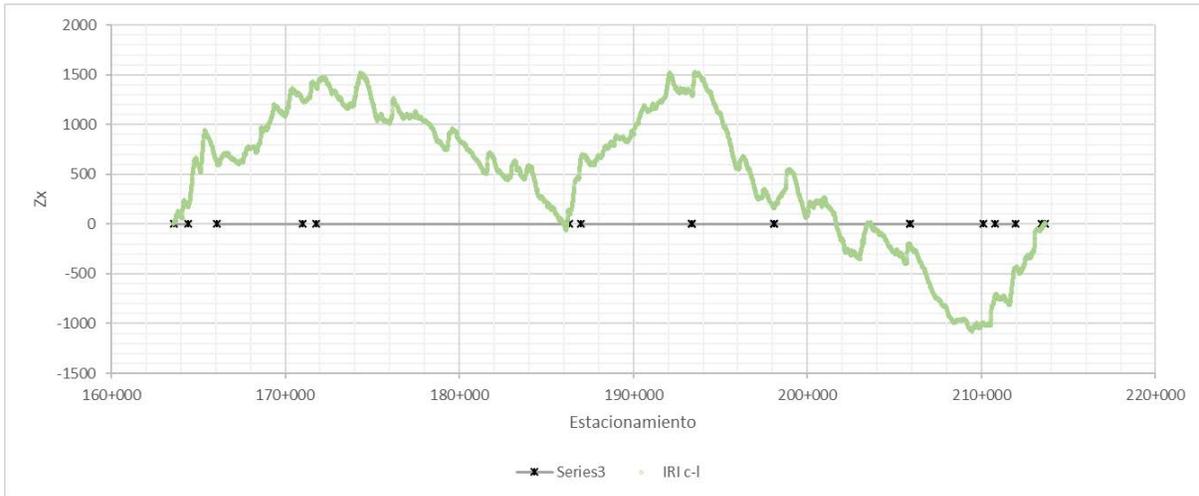


Figura A11. Regularidad superficial, sentido de ida.

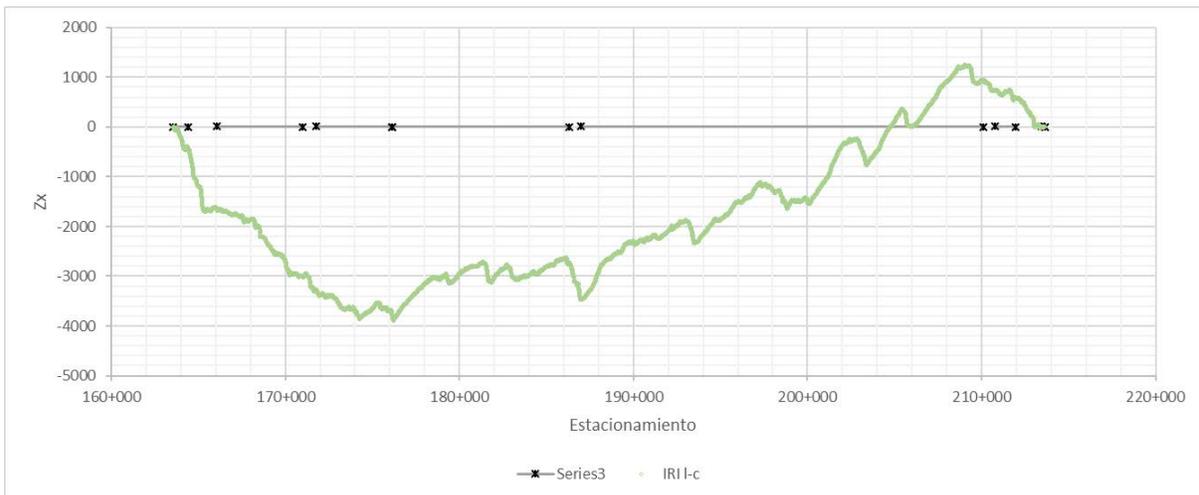


Figura A12. Regularidad superficial, sentido de venida.