



Laboratorio Nacional de Materiales
y Modelos Estructurales



PROGRAMA DE
INFRAESTRUCTURA DEL
TRANSPORTE

Programa de Infraestructura del Transporte PITRA

Informe: INF – PITRA – 001 – 2013

Informe de Evaluación del Proyecto San José – Caldera Ruta Nacional 27 Año 2012

Informe Final

Preparado por:

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

San José, Costa Rica

Abril, 2013

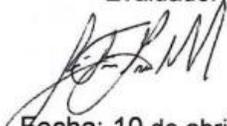
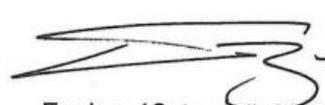
1. Informe INF – PITRA – 001 – 2013		2. Copia No. 1
3. Título Informe de Evaluación del Proyecto San José – Caldera Ruta Nacional 27, Año 2012		4. Fecha del Informe Abril, 2013
5. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
6. Notas complementarias		
7. Resumen El presente informe muestra los resultados del trabajo de evaluación de la Ruta Nacional 27 Carretera San José – Caldera, el cual es administrado bajo la modalidad de Concesión de Obra Pública. Este estudio se hace con base en los postulados del Artículo 6 Inciso D de la Ley 8114, el cual otorga al LanammeUCR evaluar “de manera anual las carreteras y puentes en concesión”. Con base en esto, se realiza una evaluación del estado de la ruta en parámetros funcionales, estructurales, de mantenimiento y de seguridad vial, tanto de la carretera como de las obras afines a la misma, como cunetas, taludes y terraplenes aledaños. Los resultados obtenidos se comparan con aquellos de las campañas 2010 y 2011, y toda la información pasa a formar parte de la base de datos digital del proyecto incorporándose ya como un punto más en la curva de tendencia del comportamiento del pavimento.		
8. Palabras clave Ruta 27, taludes, pavimentos, terraplenes, deslizamientos	9. Nivel de seguridad Alto	10. No. de páginas 130
11. Preparado por Ing. José Francisco Garro Evaluador  Fecha: 10 de abril, 2013	11. Preparado por Christian Valverde Cordero Evaluador  Fecha: 10 de abril, 2013	11. Preparado por Ing. Jairo Sanabria Evaluador  Fecha: 10 de abril, 2013
12. Revisado por Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal LanammeUCR  Fecha: 10 de abril, 2013	12. Revisado por Ing. Roy Barrantes Jiménez Coordinador, Unidad de Evaluación Red Vial Nacional  Fecha: 10 de abril, 2013	13. Aprobado por Ing. Guillermo Loría Salazar Coordinador General PITRA  Fecha: 10 de abril, 2013



TABLA DE CONTENIDOS

Resumen	9
1. Introducción y Antecedentes	10
2. Objetivos de la evaluación de la ruta 27, año 2012	12
2.1 Objetivo General	12
2.2 Objetivos Específicos	12
3. Resultados obtenidos de la evaluación 2012	13
3.1 Capacidad estructural mediante FWD	13
3.1a <i>Criterios de clasificación</i>	13
3.1b <i>Resultados obtenidos, mes de octubre del 2012</i>	13
3.1d <i>Análisis de los resultados</i>	15
3.2 Capacidad funcional mediante IRI	16
3.2a <i>Criterios de clasificación</i>	16
3.2b <i>Resultados obtenidos</i>	16
3.2c <i>Análisis de los resultados</i>	18
3.3 Seguridad vial mediante Griptest	18
3.3a <i>Criterios de clasificación</i>	18
3.3b <i>Resultados obtenidos</i>	19
3.3c <i>Análisis de los resultados</i>	20
3.4 Resultados obtenidos con el retroreflectómetro	21
3.4a <i>Criterios de clasificación</i>	21
3.4b <i>Resultados obtenidos, línea de centro</i>	21
3.4c <i>Resultados obtenidos, línea de borde</i>	22
3.4d <i>Análisis de resultados obtenidos</i>	23
3.5 Comparación de resultados entre campañas 2010, 2011 y 2012	24
3.5a <i>Evaluación con FWD</i>	24
3.5b <i>Evaluación con IRI</i>	26
3.5c <i>Evaluación con GRIP</i>	29
3.6 Análisis de la condición y deterioros presentes en el proyecto	32
3.6a <i>Criterios de clasificación</i>	32
3.6b <i>Resumen de resultados obtenidos</i>	34
4. Estado de los taludes y terraplenes de la ruta	38



4.1 Estacionamiento 36+400	40
4.2 Estacionamiento 37+600	40
4.3 Estacionamiento 38+200	41
4.4 Estacionamiento 39+500	42
4.5 Estacionamiento 44+950	43
4.6 Estacionamiento 46+400	43
4.7 Estacionamiento 47+500	44
5. Conclusiones	45
5.1 Conclusión General	45
5.2 Conclusiones Específicas	46
5.2a <i>Sobre la condición estructural</i>	46
5.2b <i>Sobre la condición funcional</i>	46
5.2c <i>Sobre la seguridad vial</i>	46
5.2d <i>Sobre los deterioros superficiales</i>	47
5.2e <i>Sobre la señalización horizontal</i>	47
5.2f <i>Sobre el estado de los taludes y terraplenes</i>	47
5.3 Recomendaciones	48
5.3a <i>Sobre el estado de la carpeta asfáltica</i>	48
5.3b <i>Sobre el estado de las obras geotécnicas</i>	48
5.4 Bibliografía	49
Anexo I Resultados obtenidos con el deflectómetro de impacto	50
Anexo II Resultados obtenidos con el perfilómetro laser	69
Anexo III Resultados obtenidos con el medidor de agarre superficial	88
Anexo IV Resultados obtenidos con el retroreflectómetro láser	107
Anexo V Sitios con problemas en los guardavías	124



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura1 Diagrama de evaluación del proyecto San José – Caldera, año 2011	11
Figura 2 Estado de la capacidad estructural, sentido San José - Caldera	14
Figura 3 Estado de la capacidad estructural, sentido Caldera – San José	15
Figura 4 Resultados de IRI, sentido San José – Caldera	17
Figura 5 Resultados de IRI, sentido Caldera – San José	17
Figura 6 Resultados del Grip, sentido San José – Caldera	20
Figura 7 Resultados del Grip, sentido Caldera – San José	20
Figura 8 Resultados de retroreflexión, línea de centro	22
Figura 9 Resultados de retroreflexión, línea de borde	23
Figura 10 Comparación de resultados en deflectometría, sentido San José – Caldera	24
Figura 11 Comparación de resultados en deflectometría, sentido Caldera – San José	25
Figura 12 Comparación de resultados en regularidad, sentido San José – Caldera	27
Figura 13 Comparación de resultados en regularidad, sentido Caldera – San José	28
Figura 14 Comparación de resultados en agarre, sentido San José – Caldera	29
Figura 15 Comparación de resultados en agarre, sentido Caldera – San José	30
Figura 16 Comparación de deterioros, sentido San José – Caldera	34
Figura 17 Daños por humedad, estacionamiento 19+000	35
Figura 18 Bombeo de finos, estacionamiento 68+180	35
Figura 19 Comparación de deterioros, sentido San José – Caldera	36
Figura 20 Daños por desprendimiento, estacionamiento 58+600	36
Figura 21 Daños por agrietamiento, estacionamiento 73+730	37
Figura 22 Daños a la barrera, estacionamiento 45+500	37
Figura 23 Daños a la barrera, estacionamiento 36+700	38
Figura 24 Daños a la barrera, estacionamiento 34+700	38
Figura 25 Sitios visitados, gira de noviembre del 2012	39
Figura 26 Deslizamiento en 36+400	40
Figura 27 Falla de material protector en 37+600	41
Figura 28 Falla en cubierta de concreto lanzado en 38+200	41
Figura 29 Falla en geotextil en 38+200	42
Figura 30 Talud en 39+500	42
Figura 31 Talud en 44+950	43



Figura 32 Talud en 46+400	43
Figura 33 Talud en 47+500	44
Figura A1.1 Resultados FWD sentido San José – Caldera	53
Figura A1.2 Resultados FWD sentido San José – Caldera	54
Figura A1.3 Resultados FWD sentido San José – Caldera	55
Figura A1.4 Resultados FWD sentido San José – Caldera	56
Figura A1.5 Resultados FWD sentido San José – Caldera	57
Figura A1.6 Resultados FWD sentido San José – Caldera	58
Figura A1.7 Resultados FWD sentido San José – Caldera	59
Figura A1.8 Resultados FWD sentido San José – Caldera	60
Figura A1.9 Resultados FWD sentido Caldera – San José	61
Figura A1.10 Resultados FWD sentido Caldera – San José	62
Figura A1.11 Resultados FWD sentido Caldera – San José	63
Figura A1.12 Resultados FWD sentido Caldera – San José	64
Figura A1.13 Resultados FWD sentido Caldera – San José	65
Figura A1.14 Resultados FWD sentido Caldera – San José	66
Figura A1.15 Resultados FWD sentido Caldera – San José	67
Figura A1.16 Resultados FWD sentido Caldera – San José	68
Figura A2.1 Resultados IRI sentido San José – Caldera	72
Figura A2.2 Resultados IRI sentido San José – Caldera	73
Figura A2.3 Resultados IRI sentido San José – Caldera	74
Figura A2.4 Resultados IRI sentido San José – Caldera	75
Figura A2.5 Resultados IRI sentido San José – Caldera	76
Figura A2.6 Resultados IRI sentido San José – Caldera	77
Figura A2.7 Resultados IRI sentido San José – Caldera	78
Figura A2.8 Resultados IRI sentido San José – Caldera	79
Figura A2.9 Resultados IRI sentido Caldera – San José	80
Figura A2.10 Resultados IRI sentido Caldera – San José	81
Figura A2.11 Resultados IRI sentido Caldera – San José	82
Figura A2.12 Resultados IRI sentido Caldera – San José	83
Figura A2.13 Resultados IRI sentido Caldera – San José	84
Figura A2.14 Resultados IRI sentido Caldera – San José	85



Figura A2.15 Resultados IRI sentido Caldera – San José	86
Figura A2.16 Resultados IRI sentido Caldera – San José	87
Figura A3.1 Resultados Grip, sentido San José - Caldera	91
Figura A3.2 Resultados Grip, sentido San José – Caldera	92
Figura A3.3 Resultados Grip, sentido San José – Caldera	93
Figura A3.4 Resultados Grip, sentido San José – Caldera	94
Figura A3.5 Resultados Grip, sentido San José – Caldera	95
Figura A3.6 Resultados Grip, sentido San José – Caldera	96
Figura A3.7 Resultados Grip, sentido San José – Caldera	97
Figura A3.8 Resultados Grip, sentido San José – Caldera	98
Figura A3.9 Resultados Grip, sentido Caldera – San José	99
Figura A3.10 Resultados Grip, sentido Caldera – San José	100
Figura A3.11 Resultados Grip, sentido Caldera – San José	101
Figura A3.12 Resultados Grip, sentido Caldera – San José	102
Figura A3.13 Resultados Grip, sentido Caldera – San José	103
Figura A3.14 Resultados Grip, sentido Caldera – San José	104
Figura A3.15 Resultados Grip, sentido Caldera – San José	105
Figura A3.16 Resultados Grip, sentido Caldera – San José	106
Figura A4.1 Resultados retroreflectometría, línea de centro	108
Figura A4.2 Resultados retroreflectometría, línea de centro	109
Figura A4.3 Resultados retroreflectometría, línea de centro	110
Figura A4.4 Resultados retroreflectometría, línea de centro	111
Figura A4.5 Resultados retroreflectometría, línea de centro	112
Figura A4.6 Resultados retroreflectometría, línea de centro	113
Figura A4.7 Resultados retroreflectometría, línea de centro	114
Figura A4.8 Resultados retroreflectometría, línea de centro	115
Figura A4.9 Resultados retroreflectometría, línea de borde	116
Figura A4.10 Resultados retroreflectometría, línea de borde	117
Figura A4.11 Resultados retroreflectometría, línea de borde	118
Figura A4.12 Resultados retroreflectometría, línea de borde	119
Figura A4.13 Resultados retroreflectometría, línea de borde	120
Figura A4.14 Resultados retroreflectometría, línea de borde	121
Figura A4.15 Resultados retroreflectometría, línea de borde	122



Figura A4.16 Resultados retroreflectometría, línea de borde	123
Figura A5.1 Sitios con problemas en los guardavías	125
Figura A5.1 Sitios con problemas en los guardavías	126
Figura A5.1 Sitios con problemas en los guardavías	127

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Rangos de clasificación de deflexión utilizados	13
Tabla 2 Deflexiones obtenidas sentido San José – Caldera	14
Tabla 3 Deflexiones obtenidas sentido Caldera – San José	14
Tabla 4 Rangos de clasificación de regularidad superficial utilizados	16
Tabla 5 Resultados de regularidad obtenidos	17
Tabla 6 Clasificación del pavimento según el <i>Grip Number</i>	19
Tabla 7 Resultados obtenidos en el coeficiente de rozamiento	19
Tabla 8 Rangos del estado de la demarcación horizontal	21
Tabla 9 Resultados de retroreflectometría para la línea de centro	22
Tabla 10 Resultados de retroreflectometría para la línea de borde	22
Tabla 11: Tipos de deterioros típicos en carreteras de pavimento flexible	33
Tabla A1.1 Sitios con FWD moderado, alto–muy alto, sentido San José –Caldera	51
Tabla A1.2 Sitios con FWD moderado, alto y muy alto, sentido Caldera – San José	51
Tabla A2.1 Sitios con IRI moderado, alto y muy alto, sentido San José – Caldera	70
Tabla A2.2 Sitios con IRI moderado, alto y muy alto, sentido Caldera – San José	71
Tabla A3.1 Sitios deslizantes identificados, sentido San José – Caldera	89
Tabla A3.2 Sitios deslizantes identificados, sentido Caldera – San José	90
Tabla A5.1 Ubicación de problemas en el guardavía, sentido San José – Caldera	128
Tabla A5.2 Ubicación de problemas en el guardavía, sentido Caldera – San José	130



Resumen

Bajo el marco de la Ley No. 8114, le corresponde al LanammeUCR realizar una evaluación anual de los proyectos y puentes administrados bajo la modalidad de concesión de obra pública, cumpliendo la función de ser un instrumento eficaz e imparcial de rendición de cuentas, y contribuyendo a garantizar la calidad y el mantenimiento de los niveles de servicio de aquel patrimonio vial en manos de las empresas concesionarias.

Para poder valorar de forma objetiva la calidad de un proyecto en concesión y el mantenimiento de los niveles de servicio a lo largo de la vida útil del mismo, es necesario contar con especificaciones técnicas que definan los estándares mínimos de calidad. En este informe se evalúa la condición actual de los estándares de calidad de la Concesión de Obra Pública de la Ruta Nacional 27, de cara al cumplimiento de las especificaciones técnicas establecidas en el contrato, y de acuerdo con los estándares internacionalmente aceptados.

En el caso de aquellas especificaciones contractuales que presentaron poca exigencia o ambigüedad en los parámetros, equipos o procedimientos de medición, la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional, del Programa de Infraestructura del LanammeUCR realizó la valoración de acuerdo con los estándares de calidad, equipos y procedimientos establecidos internacionalmente para este tipo de proyectos. El análisis de las especificaciones contractuales ya fue presentado en el informe LM-PI-ERV-40-2010 emitido el 18 de octubre del año 2010.

Los parámetros técnicos con los que se realizó la evaluación de este proyecto en el año 2012 están relacionados directamente con la vida útil o de servicio, con el costo de operación de la flota vehicular que circula por el proyecto y con la seguridad vial. Para tal efecto, se utilizó el Deflectómetro de Impacto (*FWD*) para medir las deflexiones obtenidas al someter al pavimento a una fuerza que simula cargas de tránsito, lo que permite calcular la capacidad estructural del pavimento. Por otra parte, se utilizó el Perfilómetro Láser, el cual mide las irregularidades superficiales (*IRI*) de las vías, que se asocian tanto con el confort que percibe el usuario que circula por dicho tramo, como con los costos de operación de los vehículos que circulan por esa carretera. Adicionalmente, se realizaron mediciones por medio de equipo láser que permite detectar la presencia de deformaciones en el pavimento, deterioros conocidos como “roderas”, y se realizó un análisis por medio de equipo de imágenes digitales de alta resolución y georeferenciadas, para detectar la presencia de otros tipos de deterioros sobre la superficie de ruedo. En el tema de seguridad vial, el equipo Medidor de Fricción o agarre superficial (*Grip Tester*) permitió medir el coeficiente de rozamiento existente entre el pavimento y las llantas, lo que determina su adherencia a la calzada y que se relaciona directamente con el índice de peligrosidad de una ruta. Por último, se utilizó el Retroreflectómetro Láser para medir el grado de retroreflectividad del señalamiento vial horizontal que presenta la ruta en toda su longitud, y en ambos sentidos.



1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Según se establece en el artículo 5 de la Ley No. 8114 sobre la Simplificación y Eficiencia Tributaria, “para garantizar la máxima eficiencia de la inversión pública de reconstrucción y conservación óptima de la red vial costarricense...”, la Universidad de Costa Rica, a través del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (en adelante, *LanammeUCR*), deberá efectuar una evaluación anual de los proyectos y puentes en concesión. De conformidad con lo señalado, el presente es un informe técnico que se enmarca dentro de las funciones de fiscalizador que la citada ley le confiere al LanammeUCR.

La calidad final de un proyecto vial administrado bajo la modalidad de concesión de obra pública depende principalmente de dos aspectos: 1. La rigurosa fundamentación técnica de las especificaciones establecidas en el contrato, tomando en consideración que el proyecto debe brindar a los usuarios un servicio eficiente, confortable y seguro, considerando que además debe darse una recuperación del patrimonio vial representado por el proyecto específico, ya que eventualmente éste volverá a manos de la Administración; y 2. Que el Estado o el ente encargado de fiscalizar el cumplimiento contractual, tenga acceso o cuente con los recursos, capacidad técnica, conocimiento y tecnología suficiente para velar por el mantenimiento de los niveles de servicio a lo largo de la vida útil del proyecto, y exigir al Concesionario el cumplimiento de los estándares establecidos.

A pesar de ser éste el primer proyecto en concesión de obra pública que es evaluado de acuerdo a lo establecido en los artículos 5 y 6 de la ley 8114 de Simplificación y Eficiencia Tributaria, el LanammeUCR ya ha realizado evaluaciones de toda la Red Vial Nacional desde el año 2002, acumulando más de 40.000 km evaluados para el año 2012 y desarrollando un importante cúmulo de experiencia, conocimiento y tecnología en evaluación de proyectos viales.

La principal diferencia entre evaluar un proyecto en concesión o una red vial completa como la Red Vial Nacional no radica en los parámetros que se evalúan, sino en el nivel de detalle de la información que se genera; es decir, mientras una evaluación a nivel de red permite realizar mediciones con frecuencias mayores (ej. mediciones cada 500 metros) para poder calificar la condición de las vías, en evaluaciones a nivel de proyecto es necesario realizar mediciones con intervalos menores (ej. cada 100 metros).

Tomando en consideración lo explicado anteriormente, la evaluación realizada en este proyecto está representada en el siguiente esquema operativo:

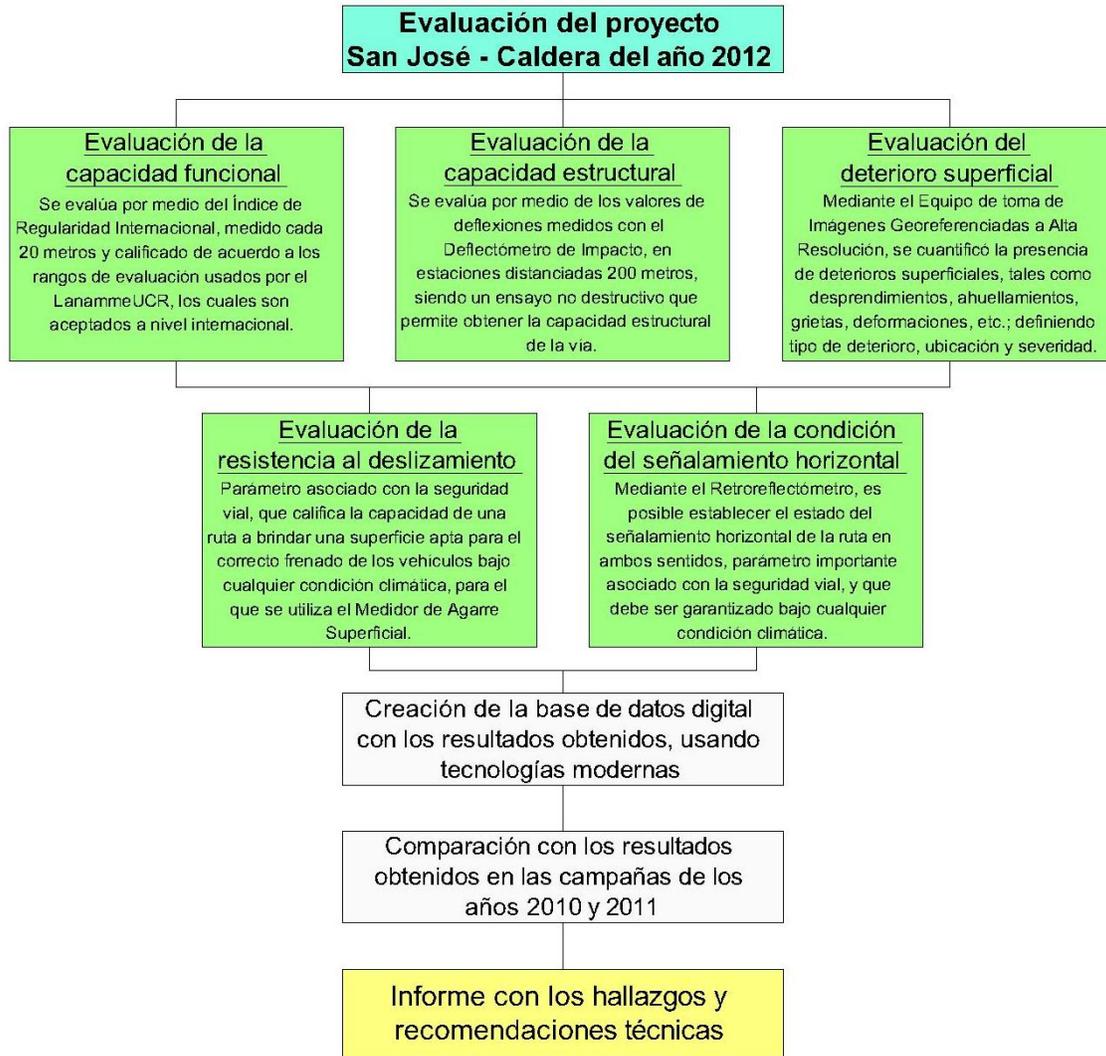


Figura 1: Diagrama de la evaluación del proyecto San José – Caldera Ruta 27, año 2012.



2. OBJETIVOS DE LA EVALUACIÓN DEL PROYECTO EN CONCESIÓN SAN JOSÉ – CALDERA, AÑO 2012

2.1 Objetivo General

Evaluar la condición del pavimento del proyecto en Concesión San José – Caldera, Ruta Nacional 27 en el año 2012, cuantificando de manera sistemática la evolución del mismo y el desempeño a lo largo del tiempo, así como el nivel de mantenimiento de los niveles de servicio. Esta evaluación se realiza con el propósito de brindar a la Administración información oportuna y confiable que permita ejercer los controles de fiscalización que son potestad del Estado.

2.2 Objetivos Específicos

- Evaluar la resistencia estructural de los pavimentos construidos, con el Deflectómetro de Impacto y clasificarla según rangos de estado.
- Evaluar el estado de la regularidad superficial de los pavimentos de la red vial, con el Perfilómetro Láser, y clasificarla en rangos de estado.
- Evaluar el coeficiente de rozamiento de la superficie de los pavimentos de la red vial, con el Medidor de Coeficiente de Rozamiento.
- Hacer una evaluación del deterioro superficial de la calzada, por medio de equipo de cámaras digitales de alta resolución georeferenciadas, alertando de la presencia temprana de deterioros que pueden poner en peligro la seguridad del usuario, así como el confort y durabilidad del proyecto.
- Evaluar las condiciones de la señalización horizontal del proyecto, mediante el uso del Retroreflectómetro Láser.
- Comparar las condiciones actuales con las obtenidas en los años 2010 y 2011, para establecer la evolución del estado de la infraestructura como tal.
- Mantener una base de datos actualizada de los parámetros técnicos del proyecto, que sea útil para la planificación de proyectos destinados al mejoramiento de la red vial.

3 RESULTADOS OBTENIDOS DE LA EVALUACIÓN, AÑO 2012

3.1 Capacidad estructural, deflexiones obtenidas mediante el FWD

3.1a Equipo utilizado y criterios de clasificación

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).

La evaluación del proyecto con dicho equipo abarcó la totalidad de su longitud, es decir 153 km (aproximadamente 74,5 km en cada sentido)¹ de carretera pavimentada, con mediciones cada 50 metros. En aquellos tramos con sólo un carril por sentido, fueron evaluados ambos carriles; mientras que en aquellos tramos con dos carriles por sentido se evaluó el carril derecho, considerado el carril de diseño por ser el que resiste las mayores concentraciones de carga vehicular, y considerando homogeneidad en la condición estructural en el sentido transversal de las secciones evaluadas.

Como parte de las investigaciones realizadas en el año 2008 en el LanammeUCR, se desarrolló una metodología para calcular los distintos rangos de deflectometría superficial, con base en la estructura de pavimento que presenta cada tramo de carretera². Estos rangos, que aparecen en la Tabla 1, tienen por objeto calificar la condición estructural del proyecto tomando en consideración el diseño estructural realizado por el Concesionario, por lo que fueron utilizados en la presente evaluación para clasificar los resultados.

Tabla 1: Rangos de deflexión, utilizados para clasificar resultados de deflectometría

Tramo	San José - Escazú (0+000 – 3+605)	Escazú – Ciudad Colón (3+605 – 14+025)	Ciudad Colón - Orotina (14+025 – 51+720)	Orotina - Caldera (51+720 – 76+310)
Categorías deflexión	Rangos (en mm⁻²)			
Bajas	menor a 52	menor a 36	menor a 47	menor a 50
Moderadas	52 – 57	36 – 40	47 – 52	50 – 58
Altas	57 – 71	40 – 49	52 – 66	58 – 80
Muy Altas	mayor a 71	mayor a 49	mayor a 66	mayor a 80

3.1b Resultados obtenidos, mes de octubre del 2012

La Tabla 2 muestra los resultados obtenidos en el parámetro de deflexiones superficiales, para la campaña de evaluación 2012; la Figura 2 muestra en forma gráfica este resultado. En total, se procesaron 1482 mediciones con el equipo en este sentido.

¹ Dentro de este total no se incluyen los tramos fuera del troncal principal del proyecto

² El informe Determinación de Rangos de Clasificación para la Red Vial Nacional, UI-03-08, del LanammeUCR explica la metodología para establecer los rangos de FWD e IRI para clasificar el proyecto. Los rangos de FWD fueron calculados específicamente para este proyecto tomando en consideración las distintas estructuras del pavimento.

Tabla 2: Deflexiones FWD obtenidas para el sentido San José - Caldera, campaña 2012

Tipo de Deflexiones	Longitud (km)	Porcentajes (%)
Bajas	69,7	91,0
Moderadas	2,1	2,7
Altas	2,8	3,7
Muy Altas	2,0	2,6
Total	76,6	kilómetros

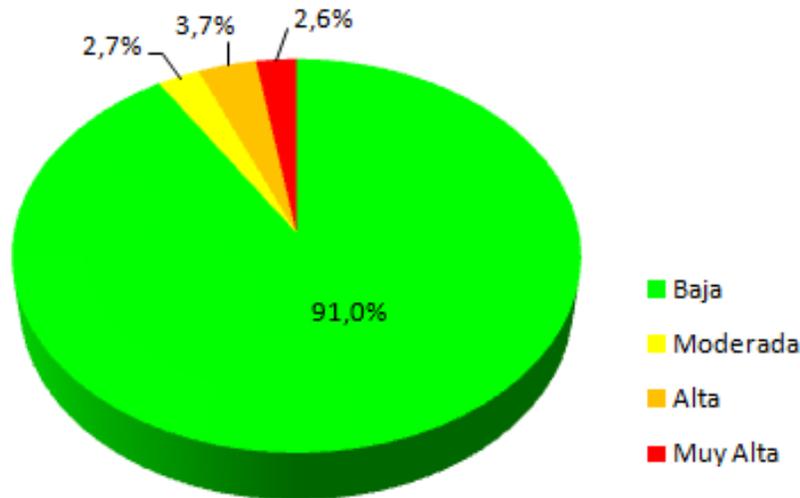


Figura 2: Estado general de la capacidad estructural sentido San José – Caldera según los valores de deflexión FWD obtenidos, campaña 2012

La Tabla 3 muestra los resultados obtenidos en el parámetro de deflexiones superficiales en el sentido Caldera – San José; la Figura 3 muestra en forma gráfica este resultado. En total, se procesaron 1486 mediciones con dicho equipo en este sentido.

Tabla 3: Deflexiones FWD obtenidas para el sentido Caldera – San José, campaña 2012

Tipo de Deflexiones	Longitud (km)	Porcentajes (%)
Bajas	67,8	88,5
Moderadas	2,5	3,3
Altas	3,9	5,0
Muy Altas	2,4	3,2
Total		kilómetros

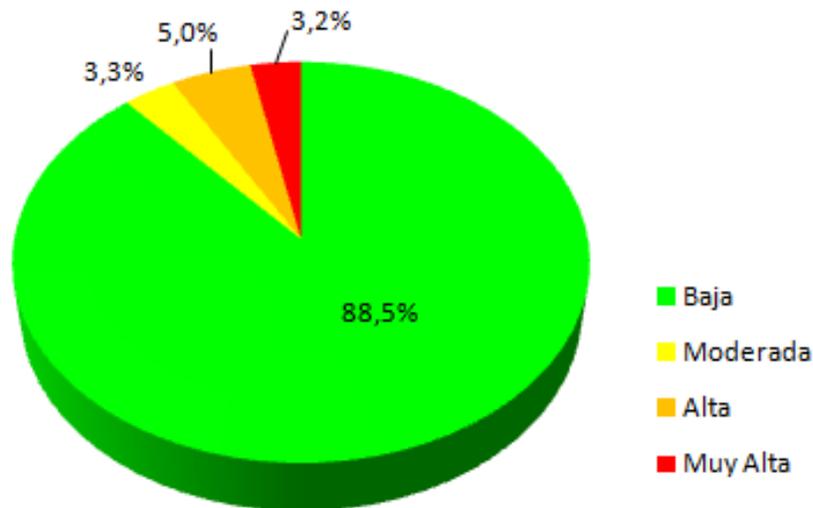


Figura 3: Estado general de la capacidad estructural sentido Caldera – San José, según los valores de deflexión FWD obtenidos, campaña 2012

3.1c Análisis general de resultados de la evaluación de la capacidad estructural con el ensayo de deflectometría FWD. Mes de octubre del 2012

Los resultados de la deflectometría de impacto revelan un pavimento con una muy buena capacidad estructural en la mayor parte del ramal principal del proyecto. Esta valoración estructural representa el estado estructural del pavimento hasta el momento de la medición, es decir hasta el mes de octubre del 2012. Estas mediciones pueden variar posteriormente en magnitudes significativas con los cambios de temperatura durante épocas muy cálidas, así como con las variaciones en los niveles de humedad de las capas de base, subbase y subrasante. Las mediciones que se realicen durante el año 2013 y años subsiguientes revelarán los efectos de estas variaciones en la pérdida o mantenimiento de la capacidad estructural de este proyecto en el sentido San José – Caldera.

El caso de hundimientos en la vía, producto de debilidades de los rellenos sobre los cuales fueron construidos los pavimentos evaluados, no es posible detectarlos con el FWD. Estas fallas del pavimento se manifiestan por medio de asentamientos de secciones completas, y su valoración queda sujeta a estudios geotécnicos.

En el Anexo 1, se muestran los estacionamientos donde se localizan puntos con deflexiones moderadas, altas y muy altas, para cada sentido de la ruta. Además, se muestran los mapas obtenidos donde dicha ubicación se da en forma gráfica, también para cada uno de los sentidos de manera independiente.

3.2 Capacidad funcional, condición del proyecto según regularidad superficial (IRI)

3.2a Equipo utilizado y criterios de clasificación

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 (www.lanamme.ucr.ac.cr).

La evaluación del proyecto con este equipo abarcó la totalidad de la longitud de la ruta. Debido a la importancia del IRI para calificar la calidad de un proyecto vial, se midió el perfil longitudinal en los dos sentidos de la misma. Cuando existen 2 o más carriles por sentido, se mide el carril derecho o carril de diseño, que es donde debe circular el tránsito pesado y por lo tanto, el que sufre el mayor deterioro.

Es importante recordar que el IRI se correlaciona, entre otros factores, con los costos de operación vehicular, la movilidad de los usuarios y el confort.

Los rangos de regularidad superficial de pavimentos utilizados para clasificación de estado, se muestran en la Tabla 4:

Tabla 4: Rangos de clasificación de regularidad superficial (IRI)

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

Fuente: Determinación de rangos de clasificación para la red vial nacional, UI-03-08, LanammeUCR, 2008

Los datos del perfil longitudinal están procesados en tramos de 100 metros de longitud, y representan el promedio de los valores de IRI para los sensores izquierdo y derecho del Perfilómetro Láser; esto debido a que estos sensores son los que toman los datos de la huella de rodamiento de los vehículos en la carretera.

3.2b Resultados de regularidad superficial (IRI)

La Tabla 5 muestra los resultados obtenidos en la evaluación de la regularidad superficial con perfilómetro láser del proyecto en el mes de noviembre del 2012; las Figuras 4 y 5 muestran en forma gráfica la evaluación de dicha condición, para cada sentido.

Tabla 5: Resultados obtenidos en regularidad superficial, ruta 27

Rango IRI (^m /km)	Sentido			
	San José – Caldera		Caldera – San José	
menor a 1,0	2,3 km	3,0%	1,9 km	2,4%
entre 1,0 y 1,9	57,9 km	75,0%	56,3 km	72,7%
entre 1,9 y 3,6	15,5 km	20,1%	17,4 km	22,4%
entre 3,6 y 6,4	1,4 km	1,8%	1,8 km	2,3%
mayor a 6,4	0,1 km	0,1%	0,1 km	0,1%
Total	77,2	km	77,5	km

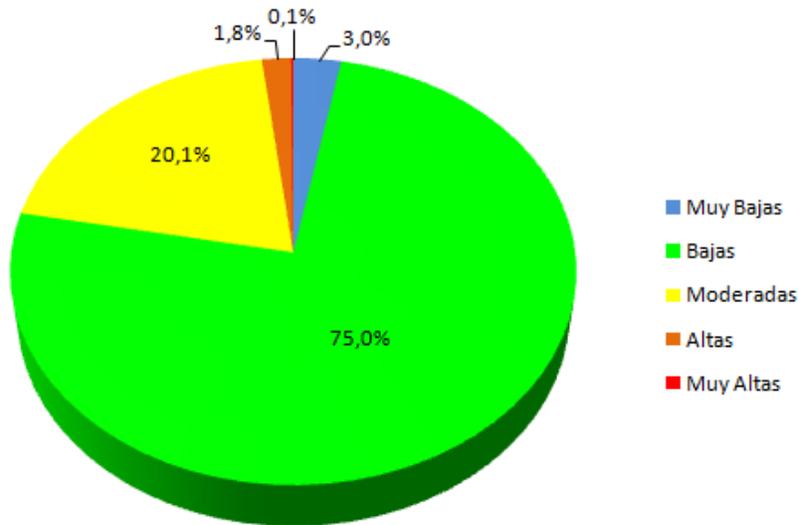


Figura 4: Resultados obtenidos en el parámetro IRI, sentido San José – Caldera

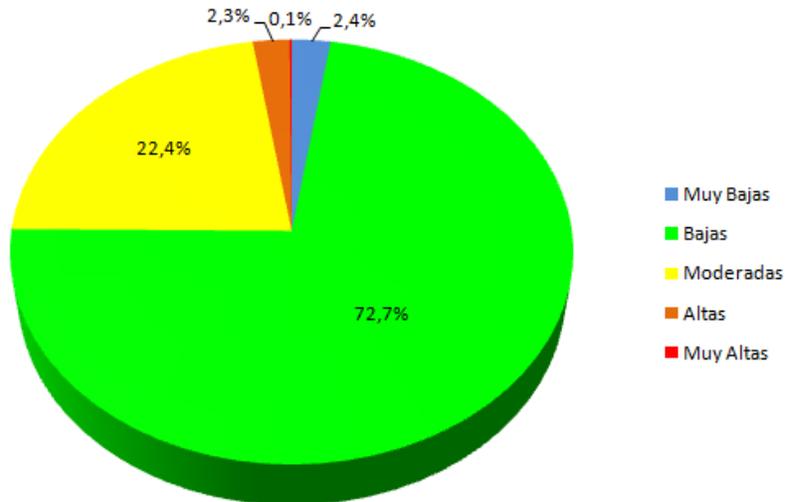


Figura 5: Resultados obtenidos en el parámetro IRI, sentido Caldera – San José



En el Anexo 2 se muestran los sitios donde se obtuvieron valores del IRI moderados, altos y muy altos; así como los mapas para su ubicación de manera geográfica en la ruta.

3.2c Análisis general de resultados de la evaluación de la capacidad funcional con el Perfilómetro Láser (IRI), mes de noviembre del 2012.

Los resultados de la valoración funcional del proyecto muestran que aproximadamente 3 cuartas partes de la longitud total de la ruta presenta un estado de regularidad bueno, y sólo un 3% aproximadamente presenta el estado muy bueno. Por su parte, 20% de la ruta se califica con regularidades moderadas, y en promedio un 2% con regularidades altas, donde la calidad de manejo es perceptiblemente inferior a la que se espera para una ruta con pavimentos nuevos, y la cual puede mostrar signos de deterioro, tales como ahuellamiento y fisuración. Lo anterior puede repercutir a su vez en problemas para el tránsito a altas velocidades, donde dichas imperfecciones son notadas con mayor facilidad; así como aumentar los costos de operación de la flota vehicular y disminuir la durabilidad del proyecto al aumentar las cargas dinámicas que lo afectan.

Como es de esperarse, el carril de venida (sentido Caldera – San José), presenta valores mayores de IRI que el carril de ida; esto por la mayor cantidad de tránsito con carga que proviene del Pacífico.

3.3 Resultados obtenidos del coeficiente de rozamiento de pavimentos, setiembre del 2012

3.3a Equipo utilizado y criterios de clasificación

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 (www.lanamme.ucr.ac.cr).

La evaluación del proyecto San José – Caldera en este parámetro abarcó la totalidad de la superficie pavimentada de la troncal principal; para lo cual fue preciso realizar primero la medición de regularidad superficial (IRI), esto debido principalmente a la naturaleza del equipo: para mantener su precisión no puede ser utilizado en tramos que presenten un valor de IRI mayor de 4,0; de no mantener este cuidado, el equipo perdería su calibración rápidamente. Todas las mediciones se realizan a una velocidad promedio de 50 km/hora.

El rango de clasificación que se utilizó para evaluar la resistencia al deslizamiento es utilizado a nivel internacional, y relaciona los valores del coeficiente de fricción transversal (CFT) con el valor *Grip Number* (GN) que arroja la prueba; éste es ilustrado en la Tabla 6.

Tabla 6: Clasificación internacional del pavimento según el GN

GN	Condición	Nivel			Tipo de Pavimento característico
		Deslizamiento	Peligrosidad	Riesgo medio de accidentabilidad*	
< 0,50	Malo	Muy deslizante	Muy peligroso	mayor a 20	Pavimento flexible compuesto de agregado calizo o pulido
0,50 – 0,60	Regular	Deslizante	Peligroso	16 a 20	Pavimento flexible con alto grado de exudación y/o pérdida de textura
0,60 – 0,78	Bueno	Poco deslizante	Moderado	10 a 16	Pavimento rígido y flexible con buena textura
> 0,78	Muy Bueno	No deslizante	Seguro	menor a 10	Pavimento nuevo o sobrecapas con buen agarre

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

3.3b Resultados de coeficiente de rozamiento con el ensayo de GRIP

En esta sección se muestran los resultados obtenidos en la evaluación del coeficiente de rozamiento del proyecto San José – Caldera. De igual forma, este proyecto fue evaluado en ambos sentidos de circulación.

En total, se evaluaron y procesaron con este equipo más de 30,000 secciones de 5 metros de longitud, y los resultados de las mediciones obtenidas para este proyecto en ambos sentidos San José – Caldera, Caldera – San José se presentan respectivamente en la Tablas 7 y Figuras 6 y 7.

Tabla 7: Resultados obtenidos, coeficiente rozamiento superficial del proyecto

Sentido	Longitud en cada rango, km y %								Total km
	Muy Deslizante		Deslizante		Poco Deslizante		No Deslizante		
San José – Caldera	4,0	5,1%	7,2	9,2%	54,2	68,8%	13,3	16,9%	78,8
Caldera – San José	5,9	7,5%	20,9	26,5%	44,9	57,1%	7,0	8,9%	78,7

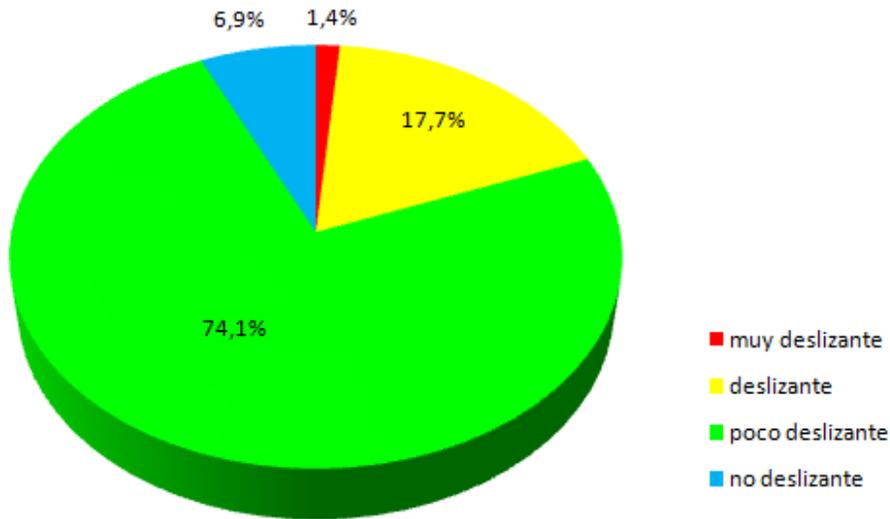


Figura 6: Resultados obtenidos de Grip, sentido San José – Caldera

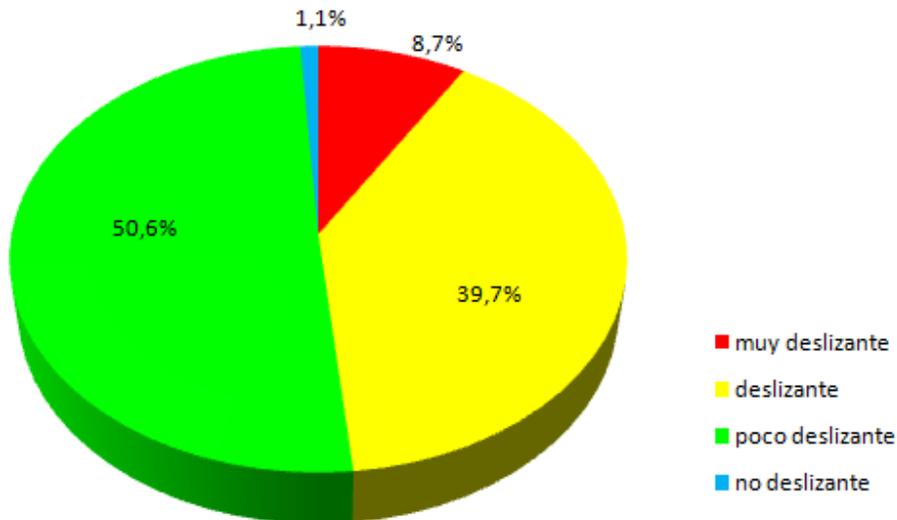


Figura 7: Resultados obtenidos de Grip, sentido Caldera – San José

En el Anexo 3 se muestran las tablas donde se indican los estacionamientos con valores de agarre superficial deslizante a muy deslizante, así como los mapas de ubicación de dichos puntos.

3.3c *Análisis general de resultados de la evaluación de la resistencia al deslizamiento. Mes de setiembre del 2012*

Los resultados de la evaluación de la resistencia al deslizamiento revelan zonas de alta peligrosidad por los bajos coeficientes de rozamiento. En varios estudios de accidentes a nivel internacional, se ha llegado a demostrar que las rutas con pavimento deslizante facilitan la mayor incidencia de accidentes de tráfico. Debido a esto, y en perspectiva dentro de un proyecto con velocidades de circulación superiores a los 90 km/m (según

mediciones realizadas por LanammeUCR, octubre 2010) y en condiciones de humedad superficial, es donde las secciones denominadas como “deslizantes” o “muy deslizantes” toman una ponderación mayor en la calificación del nivel de seguridad asociado con la resistencia al deslizamiento de los vehículos, por lo tanto, la Administración debería valorar la posibilidad de exigir al Concesionario intervenciones prioritarias en las secciones donde los riegos de derrape de los vehículos son altas o muy altas, especialmente en el carril de venida (sentido Caldera – San José).

3.4 Resultados obtenidos con el retroreflectómetro láser, agosto del 2012

3.4a Equipo utilizado y Criterios de clasificación

Los detalles del Retroreflectómetro 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 (www.lanamme.ucr.ac.cr).

La evaluación de la ruta 27 con este equipo se realizó en 2 etapas: en la primera, en el sentido San José – Caldera, se evaluó la condición de la línea amarilla central. En la segunda etapa, en el sentido Caldera – San José, se evaluó la condición de la línea blanca de borde.

Los rangos utilizados para la clasificación del estado de la señalización horizontal, mediante el parámetro de retroreflectividad, se muestran en la Tabla 8. Los mismos se basan en investigaciones realizadas por la FHWA (Debaillon, Carlson y otros, 2007) y el Departamento de Transportes de Florida.

Tabla 8: Rangos de estado de la demarcación horizontal

Estado de la demarcación	Demarcación amarilla	Demarcación blanca
<i>Mala</i>	menor que 70 mcd/lx/m ²	menor que 70 mcd/lx/m ²
<i>Regular</i>	entre 70 y 150 mcd/lx/m ²	entre 70 y 150 mcd/lx/m ²
<i>Buena</i>	entre 150 y 250 mcd/lx/m ²	entre 150 y 300 mcd/lx/m ²
<i>Muy Buena</i>	mayor que 250 mcd/lx/m ²	mayor que 300 mcd/lx/m ²

Nota: mcd/lx/m² es el símbolo para milicandelas por metro cuadrado de reflexión, unidad en la que el equipo reporta los resultados obtenidos de retroreflectividad.

3.4b Resultados obtenidos, línea de centro amarilla, sentido San José – Caldera

En la Tabla 9 se muestran los resultados obtenidos con el retroreflectómetro láser, para la línea de centro amarilla de separación de sentidos, evaluada en la dirección San José hacia Caldera. La Figura 8 ilustra gráficamente dichos resultados.

Tabla 9: Resultados retroreflectometría, línea de centro (doble amarilla)

Rango (mcd/lux/m ²)	Distancia (km)	%
0 - 70	13,0	16,8
70 - 150	26,2	33,9
150 - 250	31,2	40,3
250 y mayor	7,0	9,0
Total de distancia:	77,4	

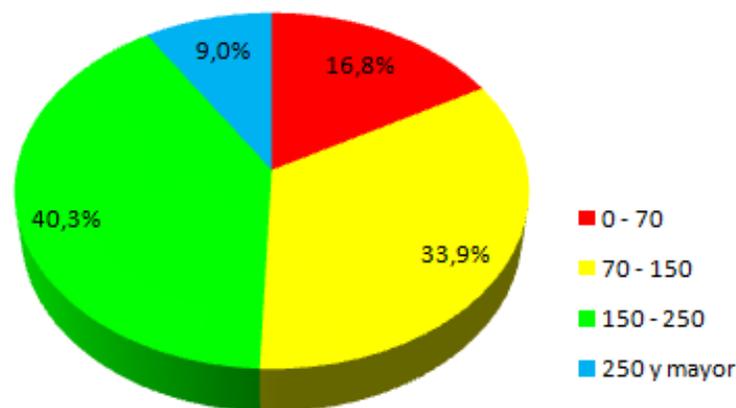


Figura 8: Resultados obtenidos con el retroreflectómetro, línea de centro amarilla

3.4c Resultados obtenidos, línea de borde blanca, sentido Caldera – San José

En la Tabla 10 se muestran los resultados obtenidos con el retroreflectómetro láser, para la línea de borde blanca, evaluada en la dirección Caldera hacia San José. La Figura 9 ilustra gráficamente dichos resultados.

Tabla 10: Resultados retroreflectometría, línea de borde (blanca)

Rango (mcd/lux/m ²)	Distancia (km)	%
0 - 70	31,3	41,0
70 - 150	30,6	40,2
150 - 300	13,3	17,4
300 y mayor	1,1	1,4
Total de distancia:	76,3	

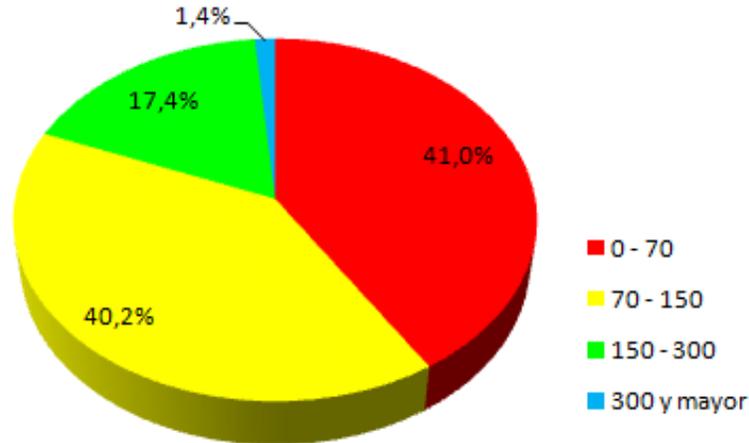


Figura 9: Resultados obtenidos con el retroreflectómetro, línea de borde blanca

3.4d Análisis de los resultados obtenidos con el retroreflectómetro láser, agosto del 2012

Con base en los rangos preliminares utilizados en este informe, la demarcación horizontal de la Ruta 27 muestra en general valores de moderados a buenos en cuanto a retroreflectividad, principalmente en la línea central amarilla de separación de carriles. Sin embargo, este no es el mismo caso para la línea de borde blanca en el carril derecho, sentido Caldera – San José, la cual presenta una longitud total de más de 31 km, con valores menores a los permitidos a nivel internacional en este parámetro. Es importante señalar que la ruta cuenta con reflectores tipo “ojo de gato”, los cuales son dispositivos que mejoran de manera apreciable la visibilidad de la demarcación en condiciones adversas como lluvia, neblina o en horas nocturnas; y que no fueron tomados en cuenta en este estudio.

En el Anexo 4, se muestran los mapas con los resultados obtenidos con el Reflectómetro Láser, para ambas líneas en la longitud de la ruta.

3.5 Comparación de la condición de la ruta 27, campañas de evaluación 2010, 2011 y 2012

3.5a Evaluación con el deflectómetro de impacto

La Figura 10 muestra la evolución de la ruta en el parámetro de deflexiones obtenidas, para el sentido San José – Caldera. Por su parte, la Figura 11 muestra los resultados para el sentido Caldera – San José. La longitud evaluada en las 3 campañas es muy similar ($\pm 1\%$), por lo que los datos pueden ser comparados de manera directa.

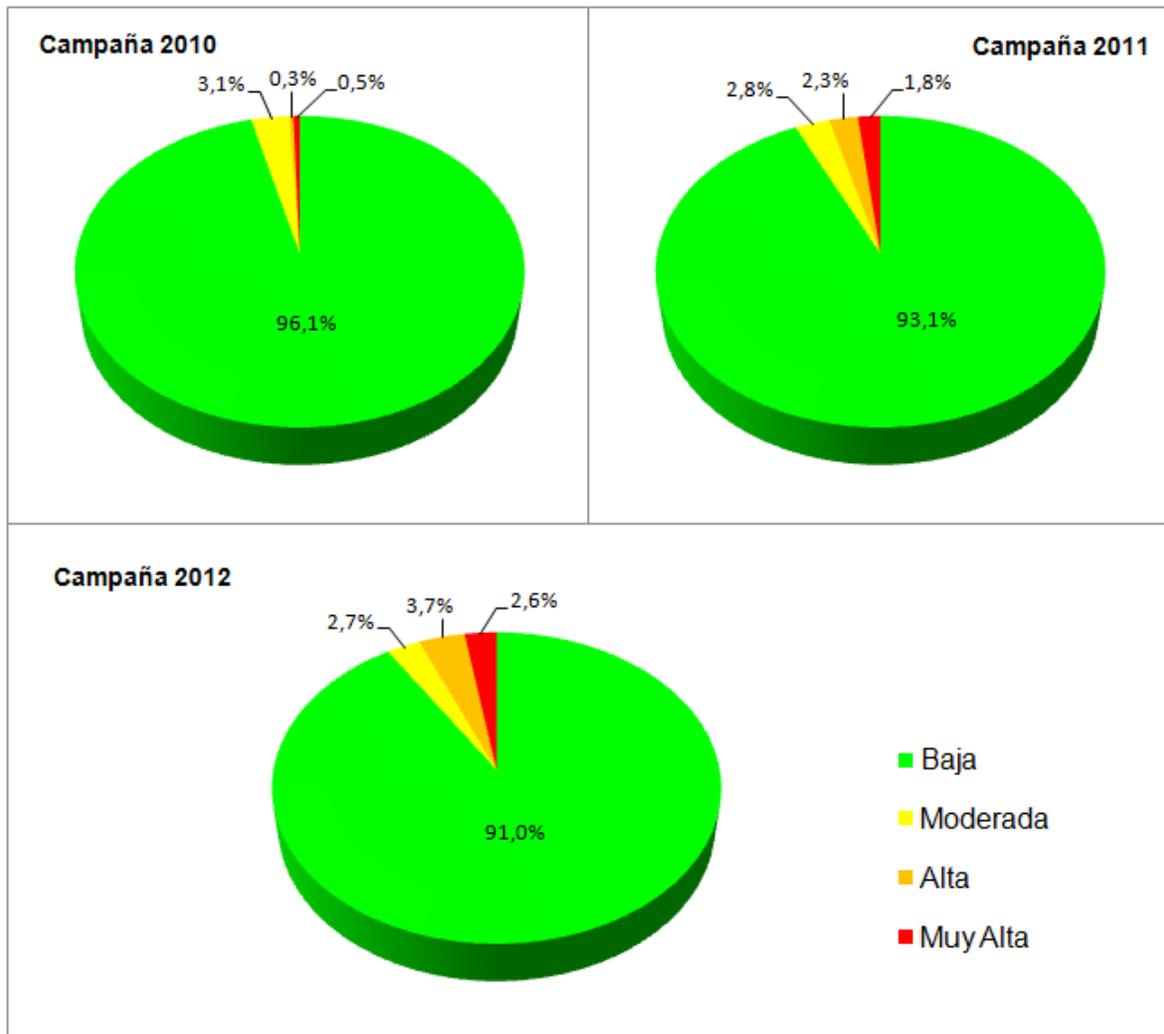


Figura 10: Comparación de resultados en el parámetro de deflectometría, sentido San José – Caldera

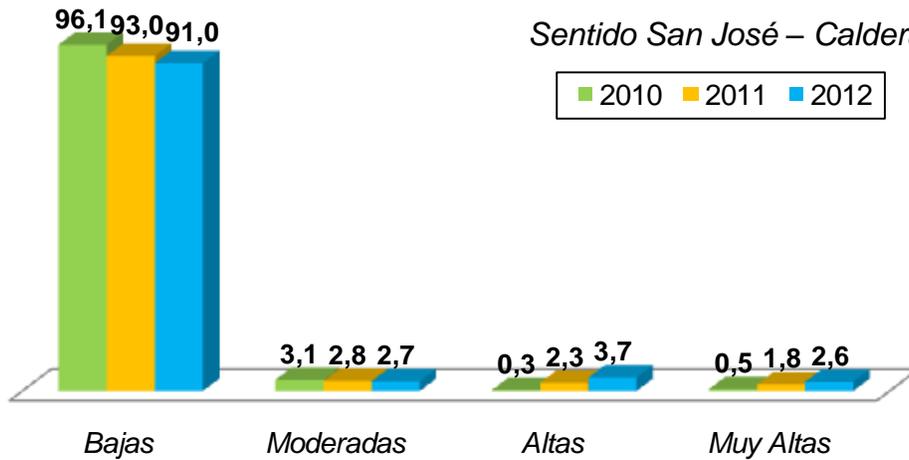


Figura 10 (continuación): Comparación de resultados, sentido San José – Caldera

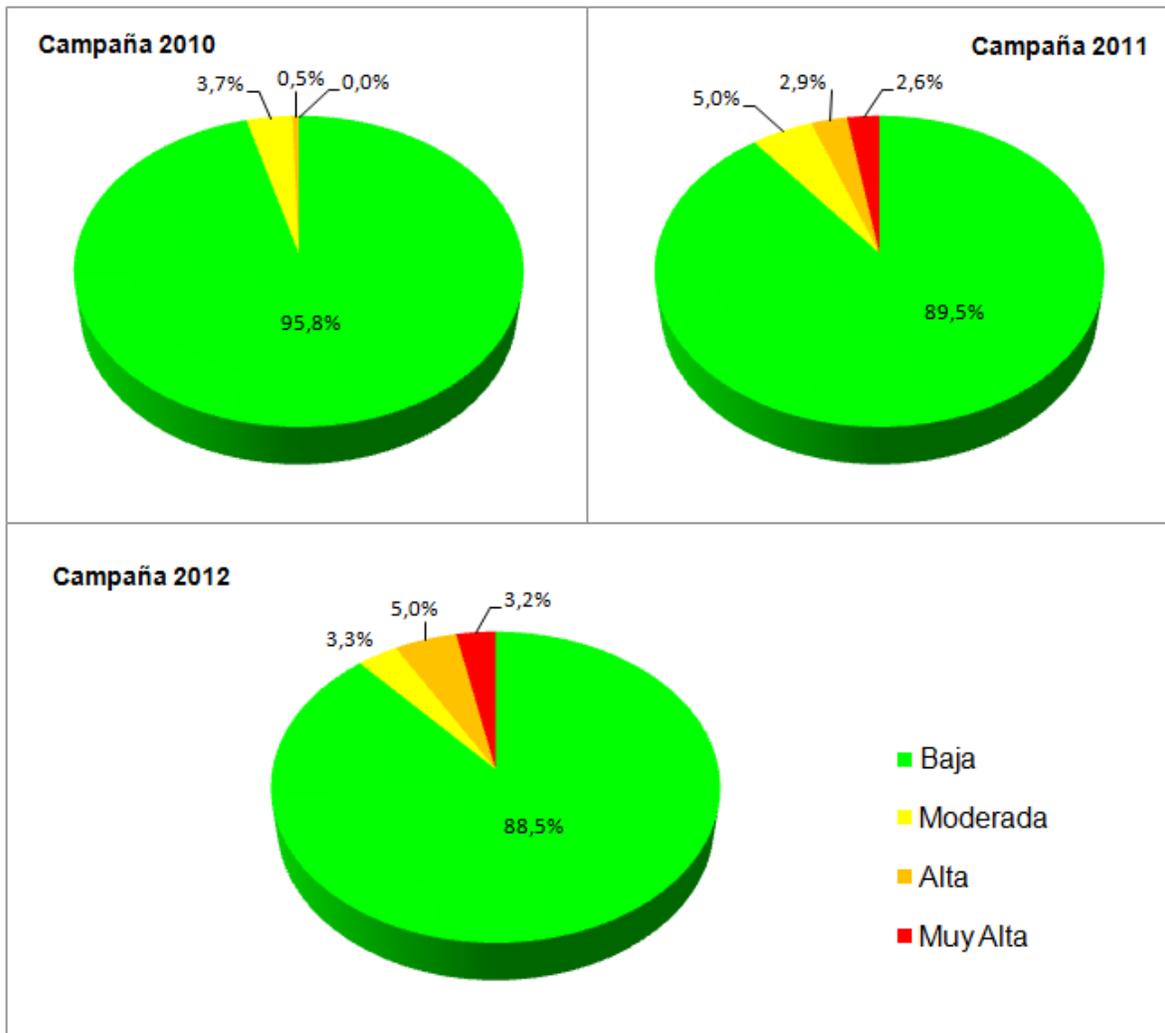


Figura 11: Comparación de resultados en el parámetro de deflectometría, sentido Caldera – San José

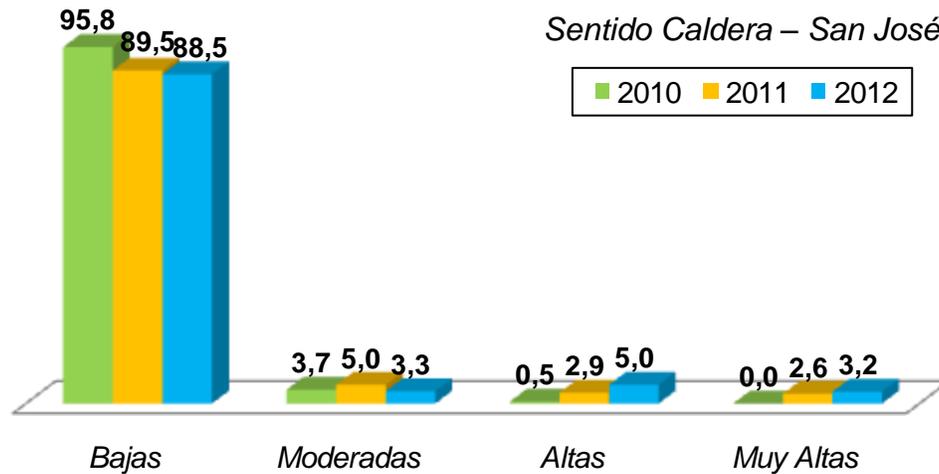


Figura 11 (continuación): Comparación de resultados, sentido Caldera – San José

Como se deduce de las figuras anteriores, la ruta ha exhibido en ambos sentidos, un aumento de la cantidad de sitios con deflexiones altas y muy altas, lo cual es un síntoma de deterioro a nivel estructural del proyecto, siendo más notable en el sentido Caldera – San José. El aumento en las deflexiones es un fenómeno normal en cualquier pavimento, debido a que conforme pasan vehículos cargados, la estructura va perdiendo resistencia producto de un fenómeno conocido como *fatiga*. Sin embargo, el tiempo transcurrido desde la apertura del proyecto no permite aún generar un juicio que determine si el deterioro observado es acelerado o normal para la ruta en estudio.

Los resultados obtenidos representa información sumamente útil que permite llevar un monitoreo del desempeño de la obra, el cual a su vez permite programar mantenimiento preventivo o intervenciones, donde corresponda.

3.5b Evaluación con el perfilómetro láser superficial

La Figura 12 muestra la evolución de la ruta en el parámetro de regularidad superficial, para el sentido San José – Caldera. Por su parte, la Figura 13 muestra los resultados para el sentido Caldera – San José. La longitud evaluada en las 3 campañas es también muy similar ($\pm 1\%$), por lo que los datos pueden ser comparados de manera directa.

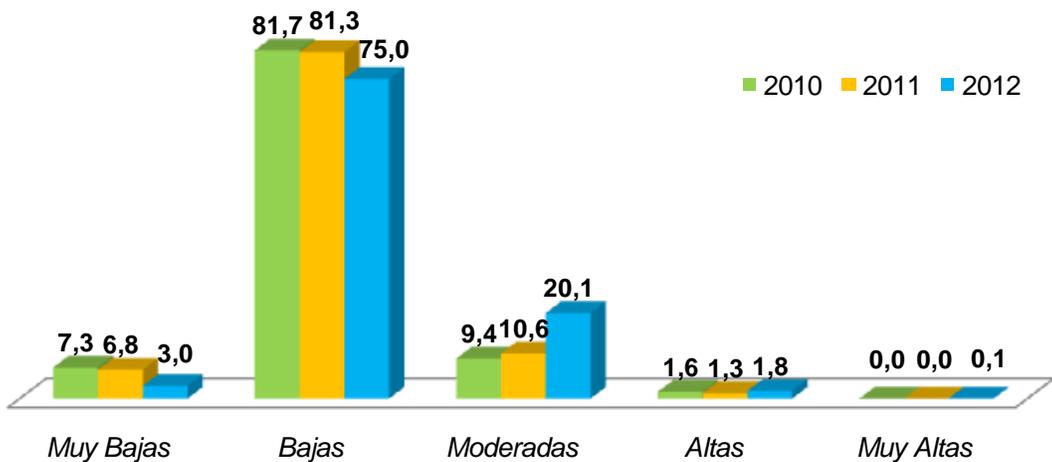
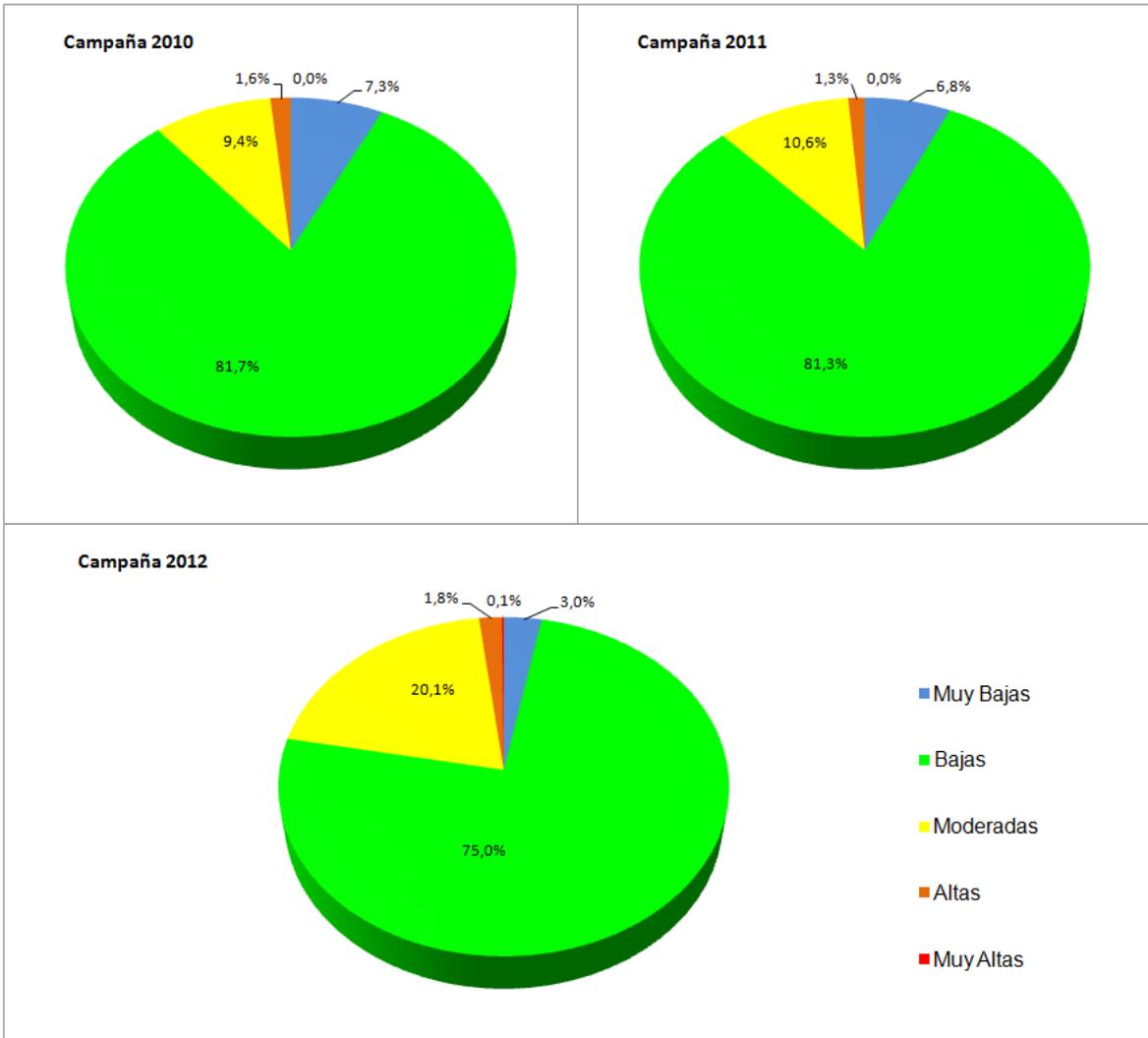


Figura 12: Comparación de resultados en el parámetro de IRI, sentido San José – Caldera

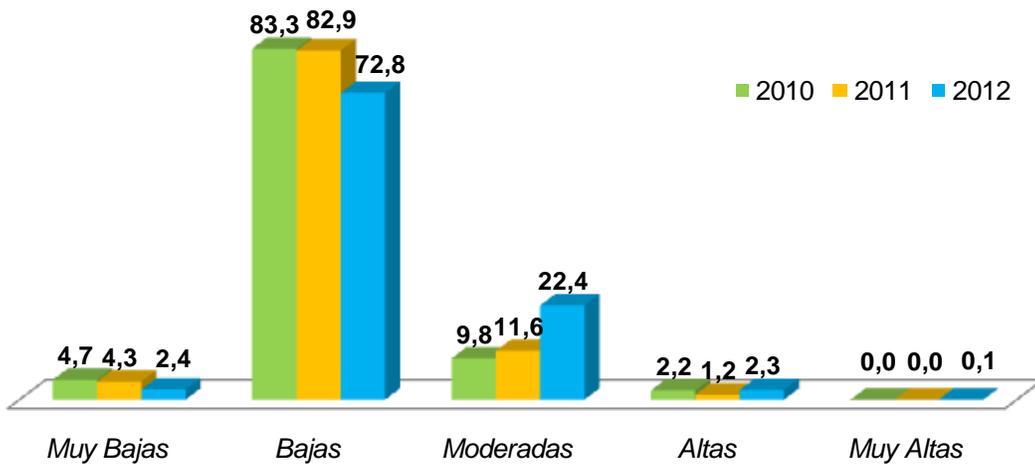
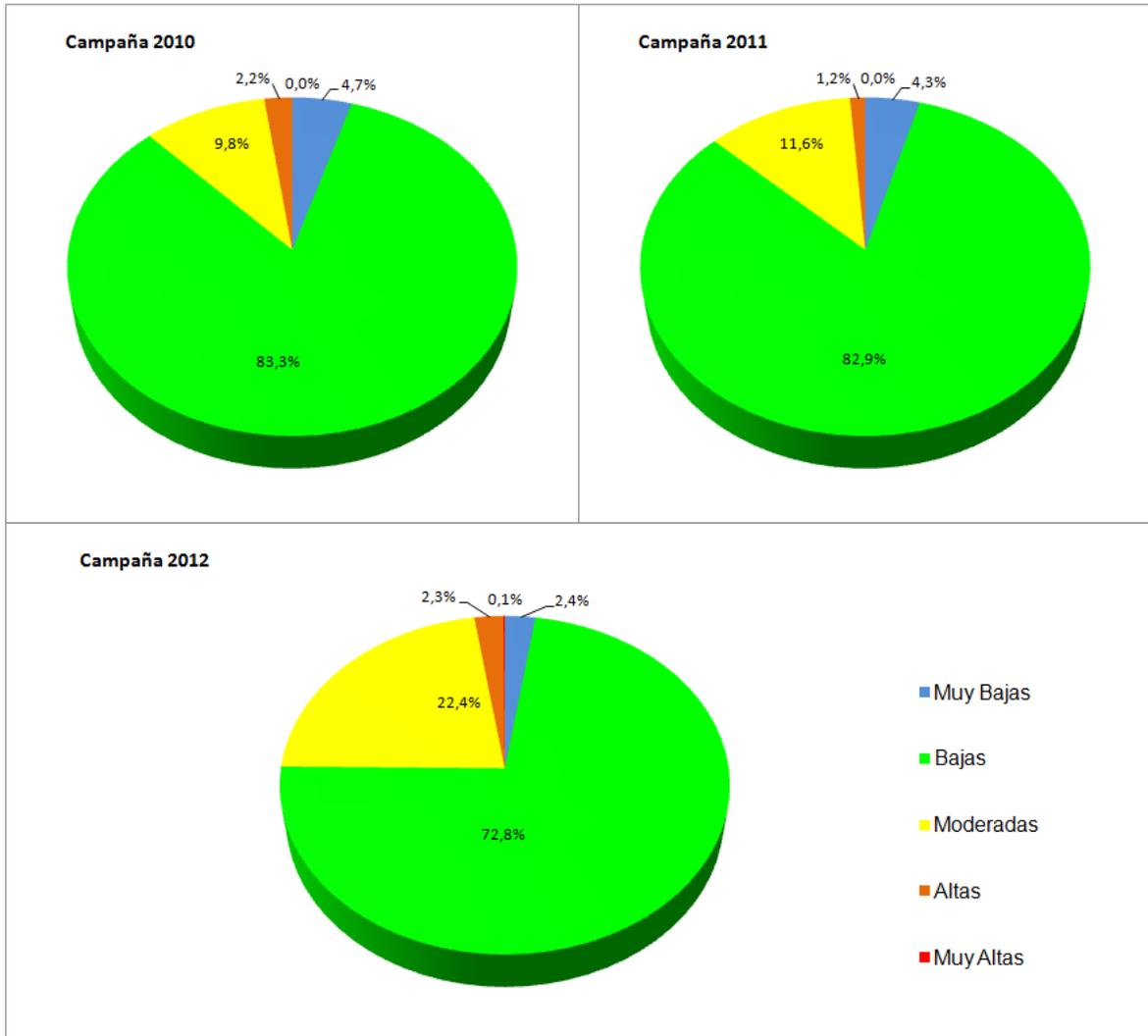


Figura 13: Comparación de resultados en el parámetro de IRI, sentido Caldera – San José

Si bien los resultados 2010 – 2011 fueron similares, con una leve tendencia al aumento en la campaña 2011, al comparar con los resultados del 2012 dicho comportamiento se confirma. Vale la pena mencionar que existen varias zonas donde la ruta a recibido una carpeta asfáltica nueva, la cual como se ha podido comprobar, no cumple con los requisitos de regularidad para una ruta nueva, y esto ha afectado sensiblemente los datos de evaluación del 2012.

3.5c *Evaluación con el medidor del coeficiente de rozamiento superficial*

Las Figuras 14 y 15 comparan los resultados obtenidos en la campañas de evaluación con el medidor del coeficiente de rozamiento superficial, realizadas en los años 2010, 2011 y 2012, para cada uno de los sentidos de la Ruta Nacional 27.

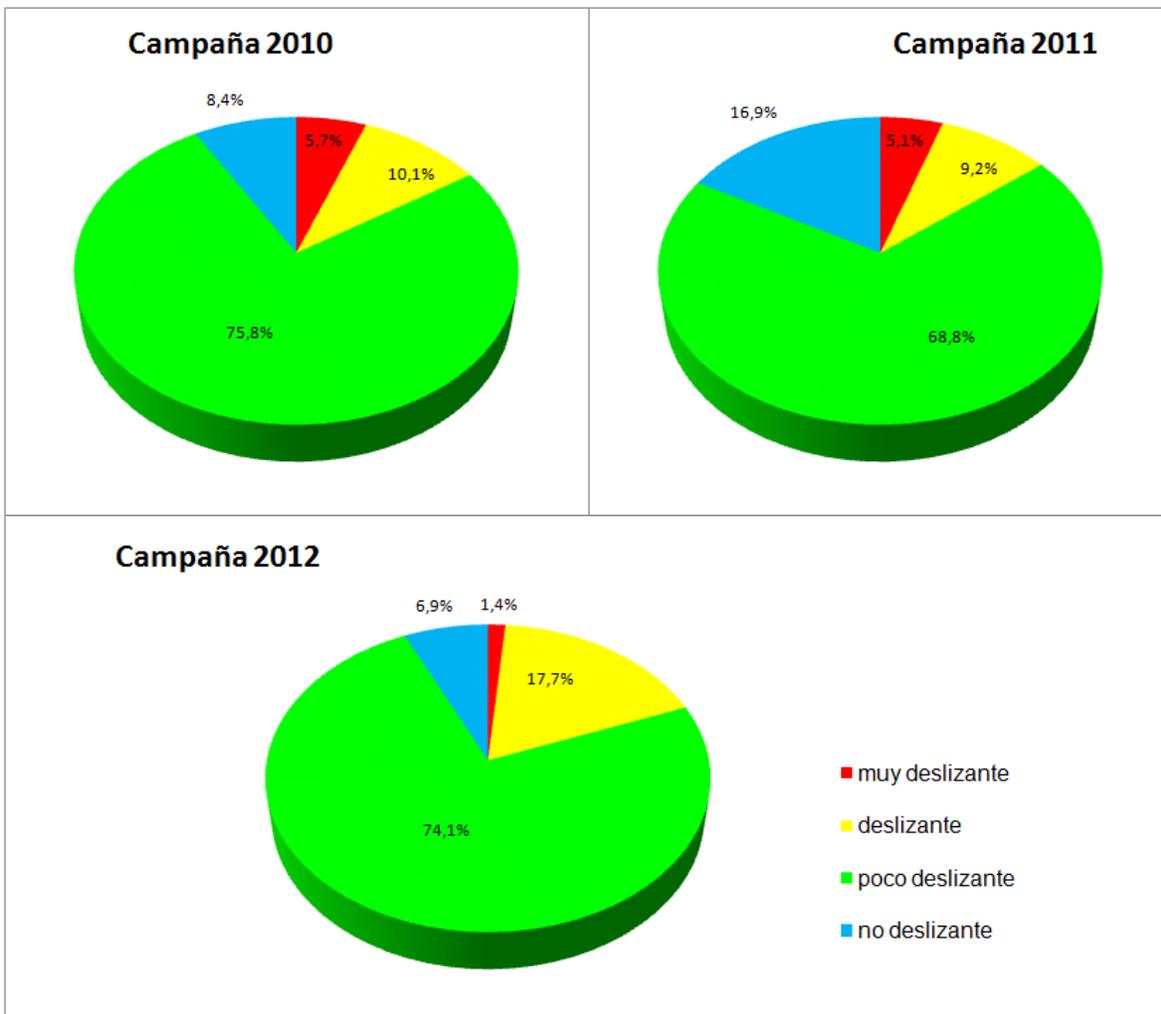


Figura 14: Resultados obtenidos en el parámetro de coeficiente de rozamiento, sentido San José – Caldera

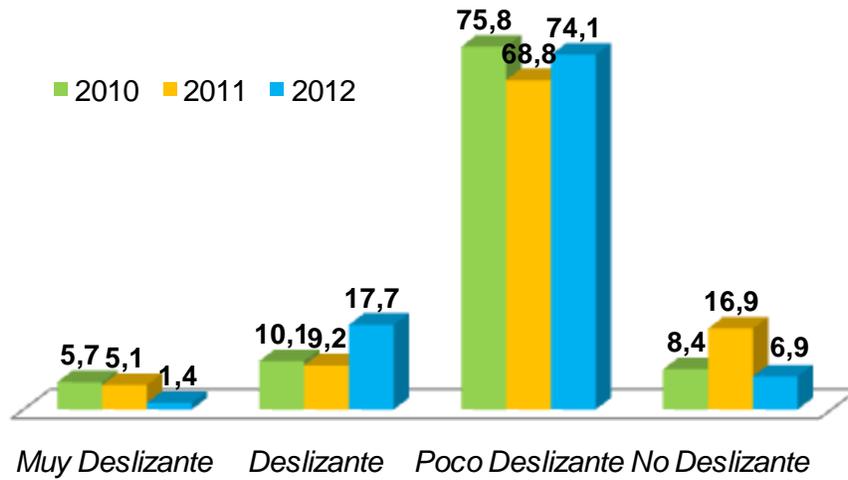


Figura 14 (continuación): Resultados obtenidos, sentido San José – Caldera

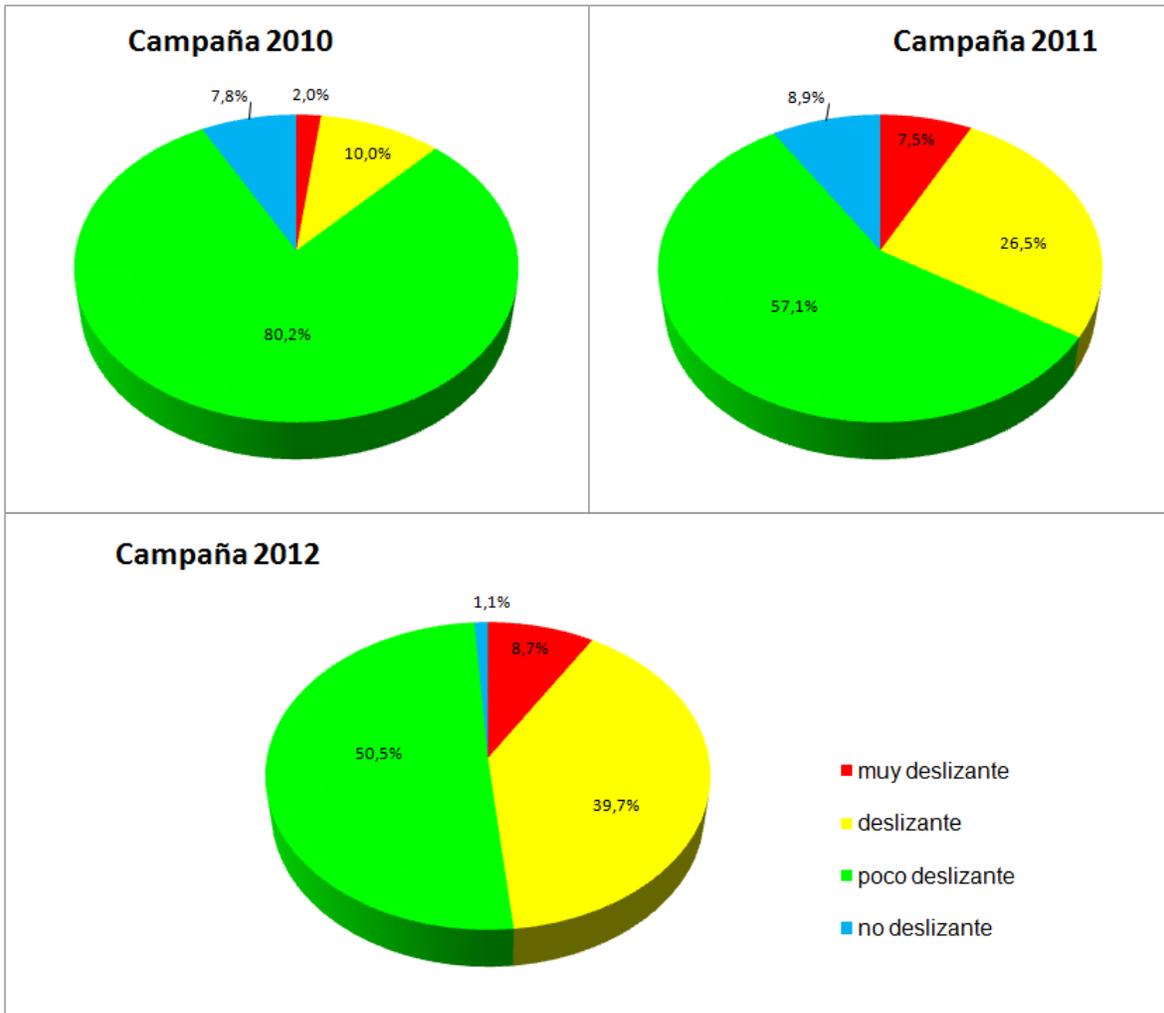


Figura 15: Resultados obtenidos en el parámetro de coeficiente de rozamiento, sentido Caldera – San José

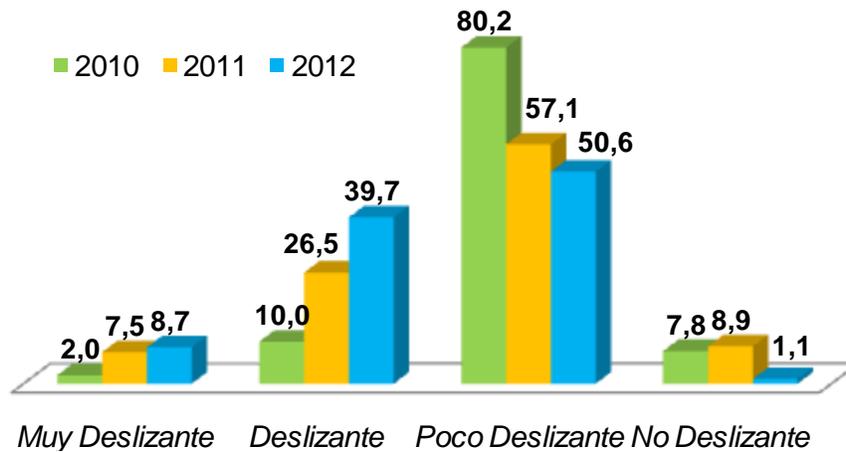


Figura 15 (continuación): Resultados obtenidos, sentido Caldera – San José

Llama la atención el sentido Caldera – San José, donde se ha dado un gran aumento de los tramos que presentan condiciones deslizantes a muy deslizantes, que ya abarcan cerca de la mitad de la longitud de la vía. Lo anterior significa que los usuarios están expuestos a una ruta que no brinda condiciones de seguridad idóneas al frenar, cuando se presentan condiciones adversas (lluvias, principalmente), por lo que el riesgo de accidentabilidad es mayor.



3.6 Análisis de la condición superficial del proyecto. Presencia, severidad y extensión de deterioros según análisis visual por medio de equipos de imágenes georeferenciadas. Evaluaciones realizadas en agosto – setiembre 2011.

3.6a Equipo utilizado y criterios de clasificación

Los detalles del equipo de Toma de Imágenes Georeferenciadas 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).

Los criterios de severidad que se utilizaron para la realización de esta evaluación, se establecieron de acuerdo a lo definido en la norma ASTM D6433, para deterioros superficiales en pavimentos flexibles. La Tabla 11 muestra los tipos de deterioros comunes en carreteras de asfalto, y que fueron localizados en la Ruta 27. Al contar con la información obtenida en el 2011 referente a deterioros presentes en la misma, se pudo hacer un análisis comparativo por sentido de circulación, referente al aumento o disminución de cada deterioro, lo que se pudo ver reflejando también en el análisis realizado al cálculo del IRI.

Desde el punto de vista de seguridad vial, hay elementos presentes en la carretera que requieren de mantenimiento constante para garantizar la seguridad de los vehículos y sus usuarios. En este aspecto, las barreras de contención son elementos que ayudan a disminuir la gravedad de los accidentes, protegiendo al usuario de elementos que se encuentran al lado de las carreteras, como por ejemplo árboles, postes de tendidos eléctricos, pilas de puentes y postes de señales de tránsito, entre otros; y que representan un riesgo para la vida de los usuarios en caso de que se produzca una colisión contra alguno de estos elementos.

Además de la barreras, existen otras características propias de la carretera que pueden representar un riesgo a la hora de transitar por la vía, como lo son secciones de corte y rellenos con pendientes pronunciadas y que propician la aparición de deslizamientos de materiales, cunetas profundas sin ningún tipo de protección en caso de que un vehículo caiga en ellas, cabezales expuestos de alcantarillas, aproximaciones a puentes sin señalización ni dispositivos adecuados de seguridad vial, entre otros.

Para el presente informe, se han identificado, georeferenciado y fotografiado las barreras de contención laterales, comúnmente conocidas como *Flex Beam*, que se encuentran en condiciones inadecuadas para garantizar esa seguridad operacional de la ruta. Además, se realiza una comparación de la condición de estas barreras en los años 2011 y 2012.

Tabla 11: Tipos de deterioros típicos en carreteras de pavimento flexible

Deterioro	Descripción	Severidad
Bacheo	Área donde el pavimento original fue removido y reemplazado por material similar o diferente, para reparar la estructura o para permitir la instalación o reparación de alguna red de servicio.	Baja: en muy buena condición y su desempeño es satisfactorio Media: presenta daños y deficiencias en los bordes. Alta: gravemente deteriorado y requiere ser reparado pronto.
Desprendimiento de Agregados	Disgregación superficial de la capa de rodadura debido a una pérdida gradual de agregados, haciendo la superficie más rugosa y exponiendo de manera progresiva los materiales a la acción del tránsito y los agentes climáticos	Baja: los agregados gruesos empiezan a desprenderse y hay pequeños huecos con separación mayor a 0.15 m. Media: mayor desprendimiento de agregados, con separaciones entre 0.5 m y 0.15 m. Alta: desprendimiento extensivo de agregados con separaciones menores a 5 cm haciendo la superficie muy rugosa con agregados sueltos.
Exudación	Película o afloramiento del ligante asfáltico sobre la superficie del pavimento generalmente brillante, resbaladiza y usualmente pegajosa. Puede llegar a afectar la resistencia al deslizamiento.	Baja: visible en la superficie, en franjas aisladas y de espesor delgado, no cubre los agregados gruesos. Media: exceso de asfalto que conforma una película parcial sobre los agregados, se localiza en la huella de tráfico, se torna pegajoso en climas cálidos. Alta: presencia significativa de asfalto en la superficie, cubriendo casi la totalidad de los agregados, presenta un aspecto húmedo de intensa coloración negra.
Grieta longitudinal y transversal	Discontinuidades en la mezcla asfáltica en la misma dirección del tránsito o transversal a éste. Representa indicios de la existencia de esfuerzos de tensión en alguna de las capas de la estructura, los cuales han superado la resistencia del material afectado, debido a la fatiga.	Baja: abertura de la fisura menor que 1 mm, cerrada o con sello en buen estado. Media: abertura de la fisura entre 1 mm y 3 mm, pueden existir algunas fisuras de severidad baja en los bordes o cerca de ellos. Alta: fisuras con abertura mayor a 3 mm, puede presentar fisuras con patrones irregulares, puede causar movimientos bruscos a los vehículos.
Huecos	Desintegración total de carpeta asfáltica, dejando expuestos los materiales granulares, aumentando el área afectada y la profundidad debido a la acción del tránsito.	Baja: profundidad menor o igual a 25 mm Media: profundidad de afectación entre 25 mm y 50 mm, está expuesta la base. Alta: profundidad de afectación mayor a 50 mm.
Piel de Lagarto	Serie de fisuras interconectadas con patrones irregulares, generalmente localizadas en zonas sujetas a repeticiones de carga. Las fisuras tienden a iniciarse en la fibra inferior de la capa asfáltica, donde los esfuerzos de tracción son mayores bajo la acción de las cargas.	Baja: fisuras longitudinales paralelas en la huella, con pocos o ninguna conexión. Media: las fisuras forman patrones de polígonos pequeños, sin evidencia de bombeo. Alta: las figuras están interconectadas formando bloques sueltos, presenta bombeo y descascaramiento.
Daño por humedad	Deterioro de la capacidad estructural de la mezcla causada por la presencia de agua en estado líquido o gaseoso al interior de la micro estructura	Se manifiesta por la pérdida de recubrimiento (<i>stripping</i>) de cemento asfáltico de la superficie de los agregados y desprendimiento progresivo de los agregados de la superficie de la mezcla causado por el paso de las llantas vehiculares (<i>raveling</i>).

Nota: tomado del Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles (Colombia, 2006) y el Manual de Auscultación Visual (LanammeUCR, 2013).

3.6b Resumen de resultados de la evaluación visual de deterioros superficiales

En la Figura 16, se ilustran los resultados obtenidos de la evaluación realizada, en el sentido San José – Caldera, y a la vez se compara con los resultados de la campaña del año 2011.

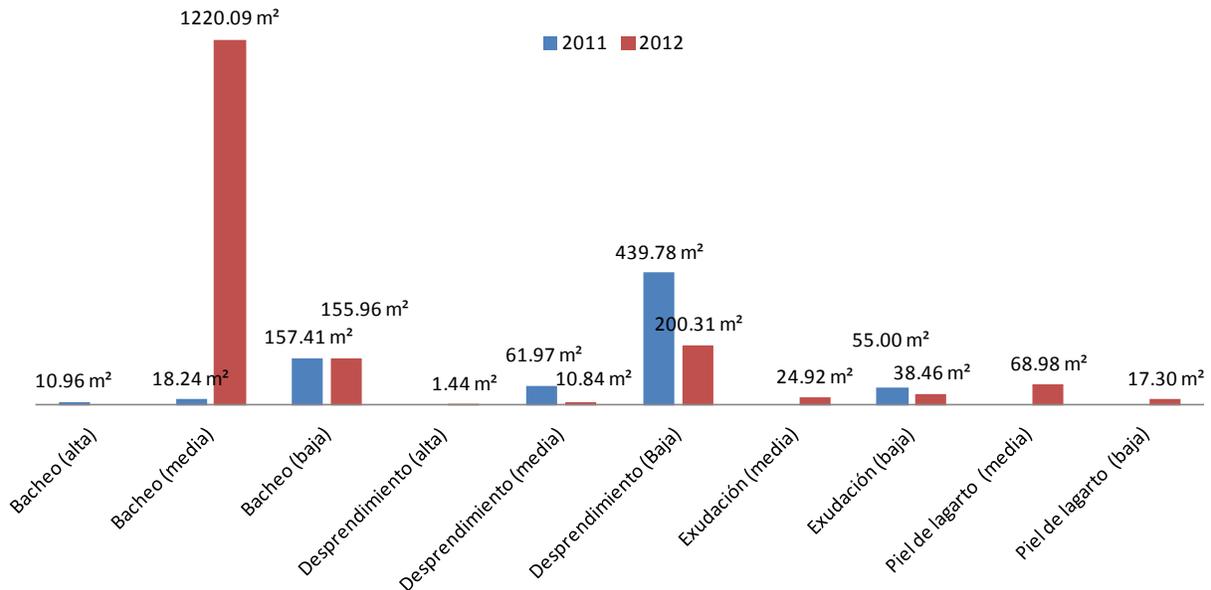


Figura 16: Comparación de resultados de deterioros / (severidad), campañas 2011 y 2012, sentido San José – Caldera

En la Figura 16, se puede observar un incremento considerable en el parámetro de bacheo, que suma un área de 1.376 m², representando un incremento del 783% con respecto a la cantidad de área bacheada detectada en el año 2011. Del área afectada en el 2012, un 88,7% corresponde a baches con un nivel de deterioro moderado, lo cual afecta sensiblemente la calidad de tránsito por la ruta.

Se da además una disminución del área afectada por el desprendimiento de agregados; sin embargo, en varios puntos del proyecto se da el agrietamiento tipo *piel de lagarto*, el cual no estaba presente en la evaluación del año 2011. Además, con base en una gira realizada de comprobación de resultados, en varios puntos de la ruta se notó daño por humedad y bombeo de finos, tal y como se ilustra en las Figuras 17 y 18. Este tipo de deterioro, de no corregirse, provoca en corto tiempo huecos en la capa superficial de ruedo, así como debilitamiento de las capas inferiores de la estructura de pavimento.



Figura 17: Daños por humedad, estacionamiento 19+000, sentido San José – Caldera



Figura 18: Bombeo de finos, estacionamiento 68+180, sentido San José – Caldera

En la Figura 19, se ilustran por su parte los resultados de la evaluación realizada, en el sentido Caldera – San José, y a la vez se compara con los resultados de la campaña del año 2011.

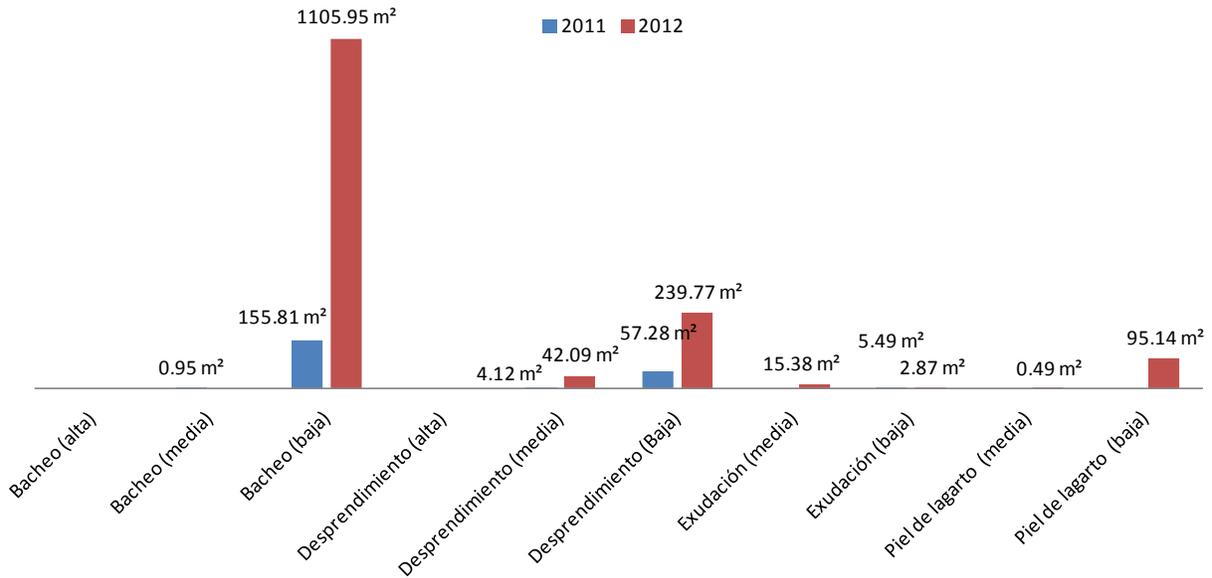


Figura 19: Comparación de resultados de deterioros / (severidad), campañas 2011 y 2012, sentido Caldera – San José

Al igual que en el caso anterior, se ha dado un incremento en la cantidad de área con baches con respecto al año 2011, en un 705%; así como un aumento significativo en los daños por desprendimientos (Figura 20), y del agrietamiento conocido como *piel de lagarto* (Figura 21).



Figura 20: Daños por desprendimiento, estacionamiento 58+600, sentido Caldera – San José



Figura 21: Daños por agrietamiento, estacionamiento 73+730, sentido Caldera – San José

Por su parte, con respecto al estado de las barreras laterales (*Flex Beam*), en la evaluación realizada en el 2012 se encontraron 22 puntos donde dicha estructura se encuentra deformada debido a impactos, posiblemente de accidentes viales. Con respecto a la evaluación del año 2011, se ha dado un incremento, ya que en dicho año, se detectaron 17 puntos adicionales con deformaciones de barreras laterales. Se debe resaltar que los sitios ubicados en el 2011, fueron reparados, dado que no repiten en la evaluación de este año. En las Figuras 22 a 24, se muestran algunos sitios con daños en estas barreras.



Figura 22: Daños a la barrera, estacionamiento 45+500, sentido Caldera – San José



Figura 23: Daños a la barrera, estacionamiento 36+700, sentido Caldera – San José



Figura 24: Daños a la barrera, estacionamiento 34+700, sentido Caldera – San José

En el Anexo 5, se muestran tanto la ubicación de las barreras laterales que presentan problemas, así como un catálogo fotográfico completo de estos sitios.

4. ESTADO DE LOS TALUDES Y TERRAPLENES ADYACENTES A LA RUTA

Como parte del proyecto de evaluación, funcionarios de la Unidad de Evaluación de la Red Vial Nacional han efectuado un seguimiento sistemático y constante a lo largo del año 2012, evaluando el estado de los taludes, terraplenes y obras afines, para analizar la efectividad de las obras de mantenimiento que la empresa concesionaria realiza sobre esta ruta. Los sitios visitados se indican en la Figura 25.

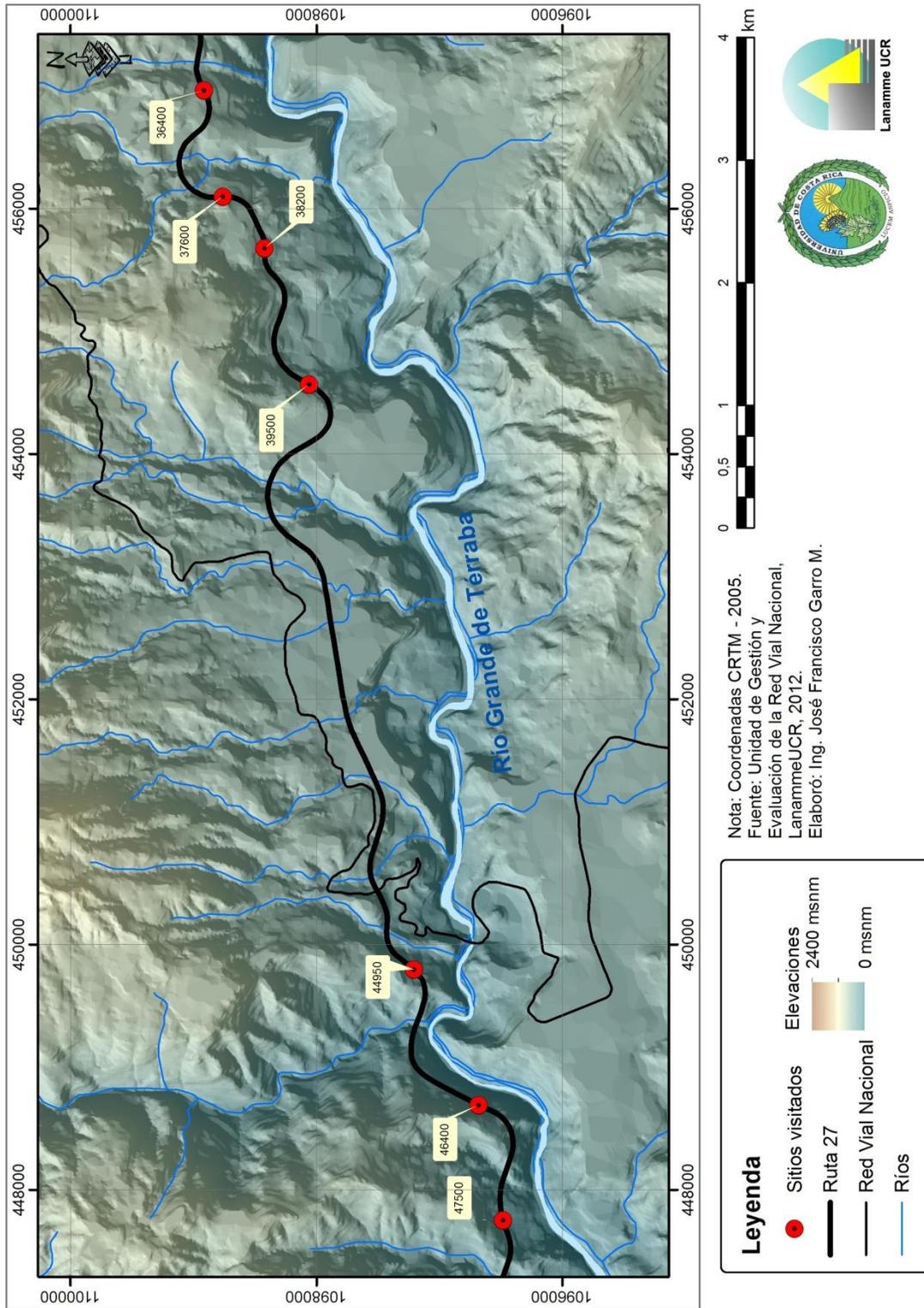


Figura 25: Sitios visitados, gira realizada en noviembre del año 2012

A continuación se detallan cada uno de los sitios visitados:

4.1 Estacionamiento 36+400

Corresponde a una sección de corte en el lado derecho de la vía, en el sentido San José – Caldera, la cual ha generado problemas desde la apertura de la ruta. Se han construido terrazas con el mismo material del sitio, sin embargo y debido a la falta de estructura de acarreo de aguas superficiales, en varios sitios estas terrazas se han lavado, propiciando la caída y acumulación de material rocoso en su base. La cuneta al lado de la carretera exhibe de nuevo agrietamientos, sin embargo no se nota una deformación visible en la carpeta asfáltica, como ha ocurrido en evaluaciones anteriores (especialmente, en la del 2011) (Figura 26).



Figura 26: Deslizamiento de material, estacionamiento 36+400

4.2 Estacionamiento 37+600

Presenta un talud en el lado derecho de la vía (sentido San José – Caldera), de aproximadamente 30 metros de altura, una pendiente muy pronunciada y se encuentra recubierto por una malla metálica y geotextil. Esta protección ha fallado en diversos sitios, propiciando la acumulación de material que en varios puntos ha provocado la falla de la malla. Así mismo, en un extremo del sitio la protección se ha desprendido por completo, dejando al descubierto de los elementos el material del talud, el cual puede provocar un deslizamiento de presentarse las condiciones de lluvia necesarias (Figura 27).



Figura 27: Falla del material protector, estacionamiento 37+600

4.3 Estacionamiento 38+200

Corresponde con un corte de talud en el lado derecho de la vía, el cual presenta una cubierta de concreto lanzado. Debido al hidrotermalismo del talud, dicha cubierta ha estado expuesta a humedad que acarrea gran cantidad de minerales, los cuales manchan y afectan la estructura misma del concreto. Es probablemente por esta razón que en varios sitios, la cubierta presenta grietas importantes, e incluso se ha perdido parte de la misma, lo que deja expuesto el material del talud y puede propiciar su deslizamiento en caso de que se presenten las condiciones adecuadas de lluvia (Figura 28).



Figura 28: Falla de la cubierta de concreto lanzado, estacionamiento 38+200

Al frente de este talud, existe uno más pequeño y cubierto por una protección de geotextil. Sin embargo, en varias partes dicha cubierta se ha desprendido, dejando al descubierto en material del talud, tal y como se observa en la Figura 29.



Figura 29: Falla de la cubierta de geotextil, estacionamiento 38+200

4.4 Estacionamiento 39+500

Talud del lado derecho, de aproximadamente unos 15 metros de altura y de pendiente pronunciada. De un lado, presenta una malla metálica para atrapar el material que cae, y que en ciertos sitios está anclada a rocas que se aprecian sueltas de la matriz del talud. En el otro lado, no presenta protección alguna, pero se notan cárcavas que ha provocado pequeños deslizamientos de material, y que ha obligado a colocar una barrera de concreto para la contención del mismo, la cual no está anclada (Figura 30).



Figura 30: Talud del estacionamiento 39+500; detalle del anclaje de la malla.

4.5 Estacionamiento 44+950

Talud ubicado en el lado derecho de la vía, y que ya había sido mostrado en informes anteriores. Presenta una altura aproximada de 20 metros, y en su punto más alto presenta paredes casi verticales, de la que se desprende continuamente material. Existe una malla de retención a media altura, la cual ha fallado en varios puntos, debido probablemente al tipo de anclaje utilizado; y también por el impacto de rocas más grandes (Figura 31).

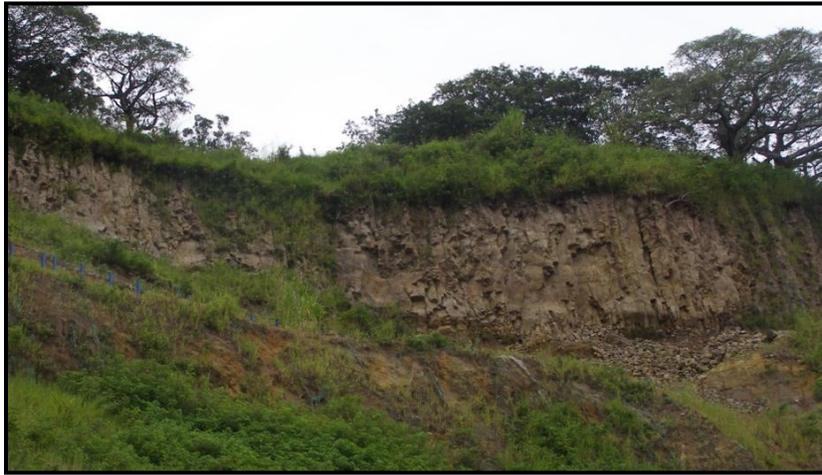


Figura 31: Talud del estacionamiento 44+950

4.6 Estacionamiento 46+400

Talud en el lado derecho de la vía, de unos 10 metros de altura, cubierto con concreto lanzado que exhibe grietas, daños por humedad y en algunos sitios, inclusive desprendimiento de la cubierta (Figura 32).



Figura 32: Talud del estacionamiento 46+400

4.7 Estacionamiento 47+500

Corresponde con la obra de talud más alta de la ruta, en el lado derecho en el sentido San José – Caldera. En su base, se ha construido un *pedraplén*, y a media altura se dispuso de una malla de geotextil a manera de protección. Sin embargo, dicha cubierta se encuentra rota en varios sitios, con la consecuente caída de material. Además, existe evidencia de deslizamientos en la parte alta del talud, así como deformaciones en el muro de retención construido (Figura 33).



Figura 33: Talud del estacionamiento 47+500



5. CONCLUSIONES

5.1 Conclusión General

Según se establece en el artículo 5 de la Ley No. 8114 sobre la Simplificación y Eficiencia Tributaria, “para garantizar la máxima eficiencia de la inversión pública de reconstrucción y conservación óptima de la red vial costarricense...”, la Universidad de Costa Rica, a través del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (en adelante, LanammeUCR), deberá efectuar una evaluación anual de los proyectos y puentes en concesión. De conformidad con lo señalado, el presente es un informe técnico que se enmarca dentro de las funciones de fiscalizador que la citada ley le confiere al LanammeUCR.

El análisis integral del pavimento, en la sección de la troncal principal, debe realizarse tomando en consideración la influencia de una serie de aspectos que afectan, en mayor o menor medida, la calidad general del proyecto. Se debe tomar en consideración la calidad de los materiales utilizados, es decir, el diseño de la mezcla asfáltica, el diseño estructural o de los espesores de las distintas capas del pavimento, el nivel de servicio que el pavimento brinda a los usuarios en términos de confort, costos de operación vehicular, seguridad vial y por último, el nivel de deterioro superficial. Ninguno de estos aspectos son independientes entre sí, dado que existe una estrecha correlación entre cada uno de ellos y deben ser ponderados dentro del ámbito de un proyecto en concesión de obra pública.

De esta forma, los análisis realizados revelan un proyecto con una adecuada capacidad estructural y funcional, pero con una tendencia normal al deterioro, condición que se manifiesta en la pérdida de la capacidad estructural, donde se pasa de un 4,1% del proyecto con inadecuada capacidad estructural en el 2011 a un 7,2% en promedio para esta condición en el año 2012. Es necesario recalcar que es una condición normal que los pavimentos se deterioren con el paso de los años y de vehículos. Por lo tanto, el monitoreo de la condición de la Ruta Nacional 27 es muy importante para los ingenieros a cargo de la obra, para así determinar de manera oportuna las intervenciones que ayuden a mantener un excelente nivel de servicio de dicha ruta. Con los datos a obtener de las evaluaciones de los años 2013 y 2014, se podrá ponderar de manera más precisa si el deterioro que sufre esta ruta es normal, o bien acelerado; dado que aún no existe información suficiente para generar un criterio técnico en este tema.

Así mismo, la capacidad funcional (IRI) mostró en esta tercera evaluación anual del proyecto, una condición de deterioro, donde se ha dado una reducción de la longitud con regularidades bajas, y un aumento de la longitud con regularidades moderadas a altas. Esto se nota especialmente en el Tramo 2 del proyecto, donde se han dado obras de recarpeteo en longitudes importantes. Dado que en este mismo tramo se ha dado un aumento de las deflexiones obtenidas, las labores de recarpeteo aparentan ser obras de poca durabilidad, lo cual debería evaluarse más a fondo por parte del CNC.

En cuanto a la resistencia al deslizamiento, la condición del sentido Caldera – San José es preocupante, debido a que casi la mitad de la ruta presenta niveles bajos de adherencia, lo que la convierte en una ruta peligrosa cuando se presentan condiciones de lluvia. En el sentido San José – Caldera, se está dando una tendencia hacia el aumento de este deterioro, aunque no tan marcada como en el anterior.



En cuanto al parámetro de retroreflectometría, la señalización horizontal presenta valores bajos, lo cual perjudica la conducción segura en condiciones adversas, como lluvia, presencia de neblina o en condiciones nocturnas. Por lo tanto, se recomienda que se tomen las medidas necesarias para devolver a la ruta las condiciones óptimas en este parámetro.

En términos generales, el proyecto presenta una pérdida de capacidad estructural que se ha mantenido constante en un 3.2% anualmente, es decir, desde el año 2010 se ha perdido cerca de un 6.4% de su capacidad estructural, así mismo, se ha detectado un aumento, en relación con el año 2010, de un 10% de tramos con irregularidades entre moderadas y altas. Los niveles de deterioro mostrados en el año 2013, tanto en la parte estructural como funcional, aún mantienen al proyecto en una condición aceptable, sin embargo, deben calibrarse los planes de mantenimiento y refuerzo, tomando en consideración la tasa con que ha venido aumentando el deterioro.

5.2 Conclusiones Específicas

5.2a Sobre la condición estructural

Los resultados de la deflectometría de impacto revelan un pavimento que mantiene una buena capacidad estructural en la mayor parte del ramal principal del proyecto. Aunque el nivel de deterioro no es significativo, aún no se tienen suficientes datos de evaluaciones como para emitir un criterio técnico respecto a la velocidad con que la ruta está perdiendo su capacidad estructural. En investigaciones realizadas en el LanammeUCR, una pérdida del 6% puede ser normal bajo determinadas condiciones de clima, tránsito y materiales. Se debe esperar los resultados de las evaluaciones 2013 y 2014 para generar un criterio más robusto acerca del deterioro de esta ruta.

5.2b Sobre la condición funcional

Un 20% de la troncal principal es calificada con valores donde la calidad de manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos, y pueden presentar problemas para altas velocidades de tránsito, aumentos en los costos de operación vehicular y disminución de la durabilidad del proyecto al aumentar el número de cargas dinámicas sobre el pavimento. Los defectos superficiales en pavimentos flexibles pueden incluir ahuellamiento, parches y agrietamiento.

Es notable como el nivel capacidad funcional es inferior en el sentido Caldera – San José, condición que es consistente con la presencia de mayor cantidad de vehículos pesados que transitan en este sentido de circulación.

Sobre el desempeño del proyecto, los análisis muestran como en julio de 2011 la troncal principal del proyecto mostraba un estado casi invariable con el mostrado en la evaluación del año 2010.

5.2c Sobre la resistencia al deslizamiento como parámetro de seguridad vial

Los resultados de la evaluación de la resistencia al deslizamiento revelan zonas de alta peligrosidad por los bajos coeficientes de rozamiento. En varios estudios de accidentes a



nivel internacional se ha llegado a demostrar que las rutas con pavimento deslizante facilitan la mayor incidencia de accidentes de tráfico. Debido a esto, y en perspectiva dentro de un proyecto con velocidades de circulación superiores a los 90 km/h (según mediciones realizadas por LanammeUCR, octubre 2010) y en condiciones de humedad superficial, es donde las secciones denominadas como “deslizantes” o “muy deslizantes” toman una ponderación mayor en la calificación del nivel de seguridad asociado con la resistencia al deslizamiento de los vehículos. Debido al porcentaje alto de zonas con superficies deslizantes, es indispensable que la Administración pida al Concesionario intervenciones prioritarias en las secciones donde los riegos de derrape de los vehículos son altas y muy altas. Dentro de las alternativas de intervención recomendadas para mitigar los efectos de la microtextura en rutas deslizantes podemos encontrar la colocación de tratamientos de preservación tales como lechadas asfálticas tipo *slurry seals*, o tratamientos como *chip seals*, micropavimentos, *cape seals*, entre otros y la incorporación de restricciones de velocidad mayores en aquellas secciones identificadas como susceptibles de accidentes detectadas en este informe.

5.2d Sobre los deterioros superficiales de la mezcla asfáltica

El proceso de auscultación visual por medio del equipo de cámaras digitales, permite realizar un análisis de los deterioros superficiales encontrados en el proyecto. La presencia de deterioros estructurales es mínima en la mayoría del proyecto; sin embargo, los deterioros de tipo funcional se presentan de forma prematura y acelerada en el proyecto, siendo el deterioro conocido como “desprendimientos” el más generalizado.

Otros deterioros que se presentan en la ruta son la exudación, el bombeo de finos y el agrietamiento en 2 direcciones. Además, el bacheo extenso que se ha realizado, especialmente en el Tramo 2, consiste en sí mismo un deterioro. Todo lo anterior tiene un impacto inmediato en aspectos relacionados con el confort, costos de operación vehicular para el usuario y la seguridad vial y en el mediano y largo plazo van evolucionando en deterioros de tipo estructural que pueden disminuir la durabilidad del proyecto.

5.2e Sobre el estado de la señalización horizontal de la ruta

Con base en los resultados obtenidos con el retroreflectómetro láser, la señalización horizontal presenta un estado que se puede mejorar, ya que más de la mitad presenta valores de retroreflectividad considerados bajos en la literatura relacionada. Sin embargo, es importante mencionar que la existencia de reflectores, mejor conocidos en el ámbito nacional como “ojos de gato”, tanto en el centro de la vía como en sus extremos, mejora enormemente este aspecto conocido como “seguridad pasiva”.

5.2f Sobre el estado de los taludes y terraplenes adyacentes a la ruta

La evaluación de los taludes y terraplenes ha sido objeto de una evaluación constante desde la apertura misma del proyecto, a inicios del año 2010. Con base en lo anterior, se ha visto como la condición de muchos taludes ha ido evolucionando: muchos han detenido de manera aparente su actividad, debido en parte a la construcción de estructuras para la evacuación de aguas superficiales. Otros, debido a que llegaron a un estado de “estabilidad” temporal, y podrían volver a activarse cuando se presenten los factores disparadores adecuados, tales como lluvias fuertes, o sismos de determinada



magnitud. Mientras que otros, con la construcción de obras como muros de retención en pedraplén, disminuyeron su progreso en el año 2012. Sin embargo, existen aún muchos sitios que muestran actividad, como aquellos detallados en este informe, y en los que ni la presencia de concreto lanzado ha impedido que evolucionen. En este aspecto, y como fue mencionado en el informe del año 2011, la presencia del fenómeno de hidrotermalismo ácido es muy importante en varios sitios. Este fenómeno debilita las estructuras de los taludes, daña los materiales del concreto lanzado, tales como el acero y el concreto, y se convierte en un peligro latente principalmente en el Tramo 2 del proyecto, especialmente en las cercanías de pasos importantes de aguas, como las inmediaciones de la Quebrada Salitral.

5.3 Recomendaciones

Como recomendaciones se plantea al Consejo Nacional de Concesiones (CNC) la necesidad que se evalúe y analice de forma oportuna la factibilidad y viabilidad técnica y legal de ejecutar las siguientes acciones:

5.3a *Sobre la evaluación funcional, estructural, resistencia al deslizamiento y de deterioro superficial del proyecto*

- Ordenar al Concesionario realizar intervenciones tempranas del tipo sellos de lechadas asfálticas o similares (*slurry seals, fog seals, chip seals, microsurfacing* u otras técnicas) en aquellas zonas con deterioros de tipo funcional y problemas relacionados con la baja resistencia al deslizamiento, con el fin de detener la propagación de los deterioros detectados y las condiciones de inseguridad vial. Junto con lo anterior, se recomienda el realizar el consecuente trabajo de señalización horizontal (pintura) que surge luego de este tipo de intervenciones correctivas.
- Prever cualquier disminución de los estándares de calidad del proyecto, mediante un análisis de modelos de deterioro obtenidos con los datos de las evaluaciones anuales del proyecto, con el fin de detectar a tiempo pérdidas en la calidad del proyecto y exigir al concesionario las acciones preventivas correspondientes que garanticen al Estado Costarricense obtener un proyecto de altos estándares al final del periodo de concesión.

5.3b *Sobre el estado de los taludes y terraplenes adyacentes a la ruta*

- Se recomienda a la Administración y al Consejo Nacional de Concesiones, aplicar los mecanismos contractuales que procedan, con el fin de recomendar al concesionario a mejorar el mantenimiento de las obras de contención de taludes a lo largo de todo el proyecto, especialmente en los puntos mencionados en el desarrollo de este informe.



5.4 Bibliografía

- LanammeUCR, *Informe de evaluación de la Ruta Nacional 27*, año 2010, PITRA.
- LanammeUCR, *Informe de evaluación de la Ruta Nacional 27*, año 2011, PITRA.
- LanammeUCR, *Informe de Evaluación del la Red Vial Nacional año 2010*, PITRA.
- LanammeUCR, Informe Proyecto N° UI-PE-03-08, *Variaciones a los rangos de clasificación de la red vial nacional de Costa Rica*, Unidad de Investigación, Año 2008.
- LanammeUCR. (2000). *Metodologías para la evaluación del riesgo asociado con eventos sísmicos*. Memorias de taller: Metodologías de análisis de vulnerabilidad de corredores viales ante sismo y lluvias intensas. San José, Costa Rica: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa Rica.
- Piedra Rodríguez, Jonathan. *Coefficiente de fricción de las carreteras nacionales en Costa Rica*, Proyecto final de graduación, año 2007, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica
- Vargas, W. “*Guía para elaborar perfiles de vulnerabilidad de infraestructura vial ante amenazas naturales*” LANAMME. UCR. 2002.
- Vargas, W.; Garro, J. “*Gestión de riesgos naturales en infraestructura vial*” LANAMME. UCR. 2003.
- Vargas, W.; Garro, J. “*Relación entre las características geométricas y la vulnerabilidad de algunas rutas de montaña en Costa Rica*” I Congreso Ibero-Americano de Seguridad Vial (I CISEV). Costa Rica. 2008.



Anexo I
Resultados obtenidos
Deflectómetro de Impacto

Tabla A1.1: Estacionamientos con deflexiones moderadas, altas y muy altas, sentido
San José – Caldera, Ruta Nacional 27

Deflexión	Estacionamientos						
Moderada	05+550	05+950	06+800	09+150	09+250	10+950	11+300
	12+650	13+400	13+550	14+100	14+750	14+850	15+350
	16+750	18+250	18+300	20+550	20+950	21+500	21+850
	22+200	27+250	27+550	28+250	29+950	33+450	34+100
	34+650	36+300	36+300	37+200	43+300	64+250	64+300
	67+050	67+450	68+650	68+850	69+250	76+050	
Alta	02+350	03+150	03+900	04+000	04+150	04+850	05+850
	09+050	11+000	11+050	11+211	14+900	15+650	15+800
	17+150	18+150	18+350	18+700	19+950	19+800	20+200
	20+250	20+350	20+650	21+000	21+100	21+150	21+200
	21+250	21+550	21+900	22+050	22+400	22+700	22+900
	24+350	25+750	29+050	29+600	33+150	34+050	34+250
	34+700	36+200	36+600	36+800	36+850	36+600	36+800
	36+850	37+250	60+300	60+350	63+850	63+900	64+000
	67+400	68+000					
Muy alta	04+450	04+500	09+300	10+850	10+900	11+100	14+050
	15+450	15+700	15+750	15+850	16+000	16+050	17+350
	18+050	18+100	18+450	19+750	20+400	20+450	20+600
	20+700	20+800	21+300	21+350	21+450	22+150	22+250
	22+300	25+700	27+300	29+550	33+700	34+550	36+250
	36+900	36+950	67+750				

Tabla A1.2: Estacionamientos con deflexiones moderadas, altas y muy altas, sentido
Caldera – San José, Ruta Nacional 27

Deflexión	Estacionamientos						
Moderada	00+650	00+750	03+050	03+250	08+400	09+001	11+850
	12+550	12+650	12+800	13+550	14+850	15+901	15+950
	19+050	21+450	36+750	39+450	39+550	39+950	40+550
	43+450	45+800	46+750	47+500	47+800	47+900	49+900
	50+750	50+800	51+700	53+550	56+150	56+250	56+300
	56+550	57+950	58+650	60+600	61+050	61+700	61+750
	62+350	62+400	65+800	70+400	70+500	70+850	74+400
Alta	04+500	05+550	05+550	05+600	06+900	13+400	13+450
	13+500	16+250	16+300	19+700	20+700	20+900	33+100
	33+800	39+350	39+400	39+700	39+900	40+400	41+550
	41+950	42+350	44+200	48+500	48+550	48+650	48+700
	48+800	48+950	49+300	49+350	49+650	49+760	50+250
	50+350	54+550	54+800	54+950	55+150	55+200	55+300



	55+350	55+550	56+000	56+750	56+800	56+900	58+000
	58+100	58+800	58+850	58+950	59+000	60+350	60+400
	60+800	61+200	61+300	61+350	61+400	61+500	61+550
	61+800	64+100	64+250	65+251	65+451	67+500	70+550
	71+450	72+200	72+250	72+300	72+600	73+800	
Muy alta	08+900	09+100	09+150	20+950	39+200	39+250	39+750
	40+450	40+500	42+650	42+800	45+950	46+550	46+850
	47+350	48+250	48+350	48+400	48+450	49+100	50+050
	50+300	53+500	54+100	54+150	54+500	54+597	54+850
	55+100	55+250	56+600	58+300	58+350	58+400	58+550
	58+600	58+750	58+900	60+650	60+700	60+950	61+250
	61+650	62+300	72+350	74+300			

A continuación, se muestran las figuras con los resultados de la evaluación utilizando el Deflectómetro de Impacto del LanammeUCR, para ambos sentidos de la Ruta Nacional 27.

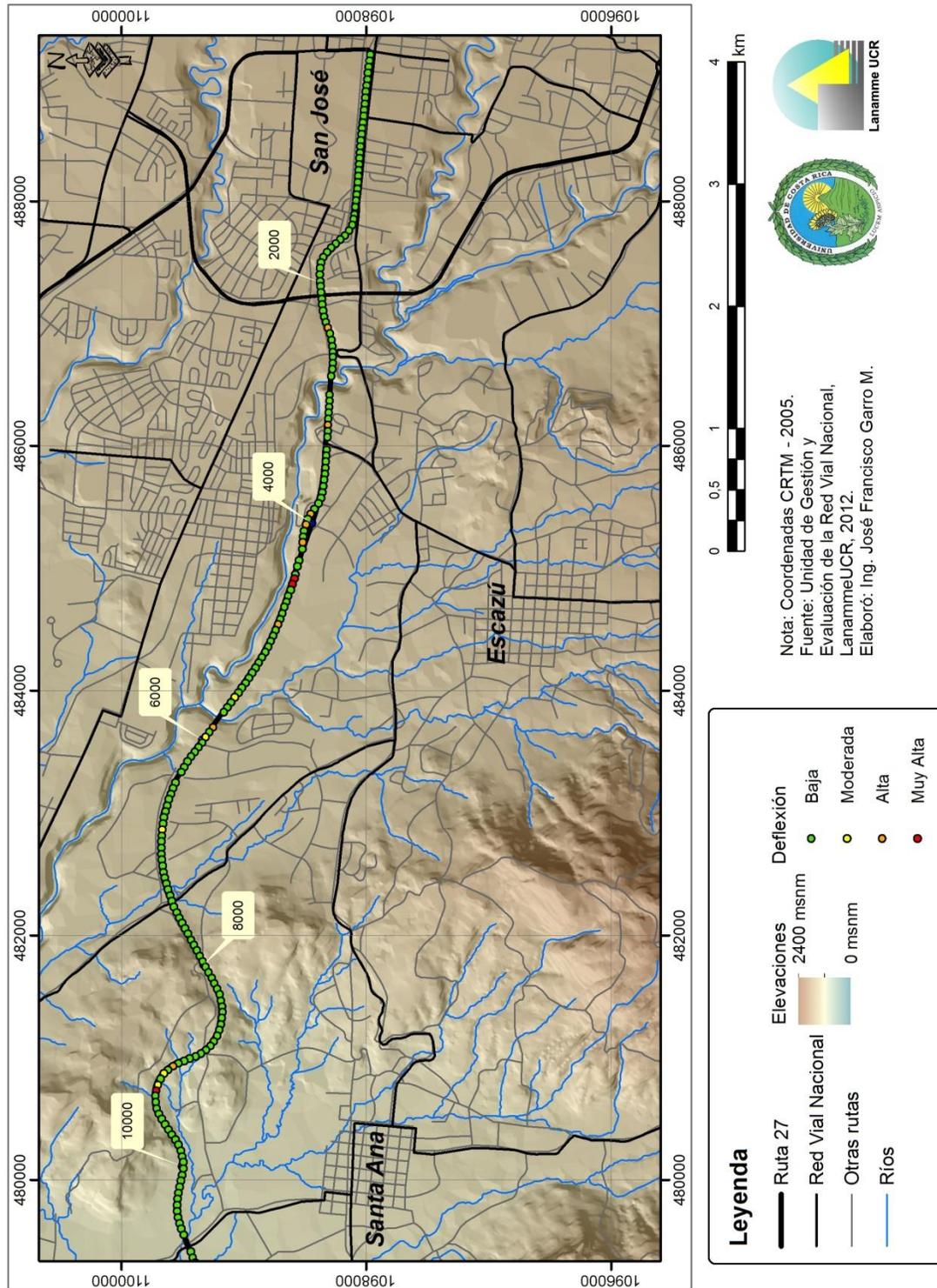


Figura A1.1: Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera

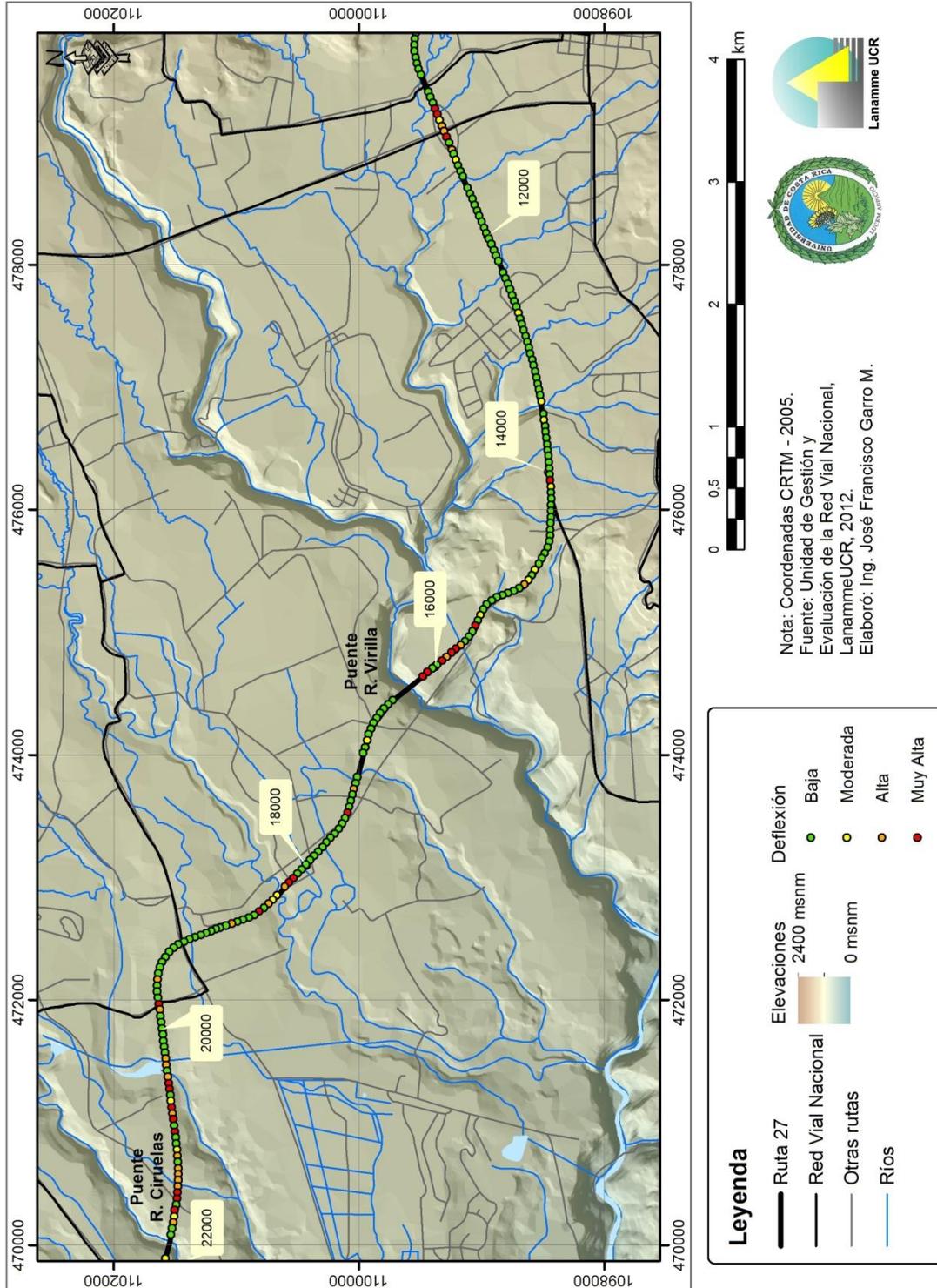


Figura A1.2: Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera

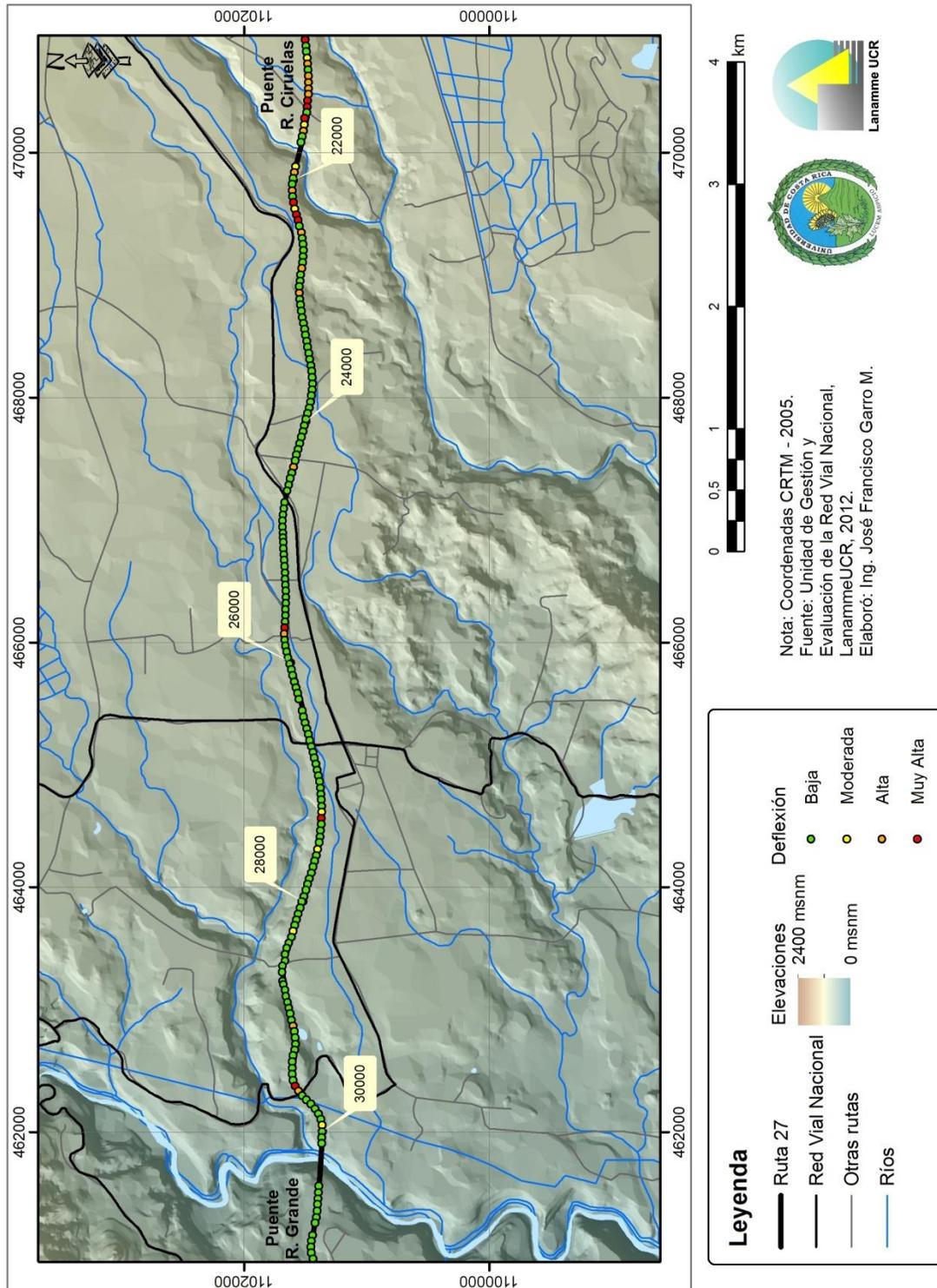


Figura A1.3: Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera

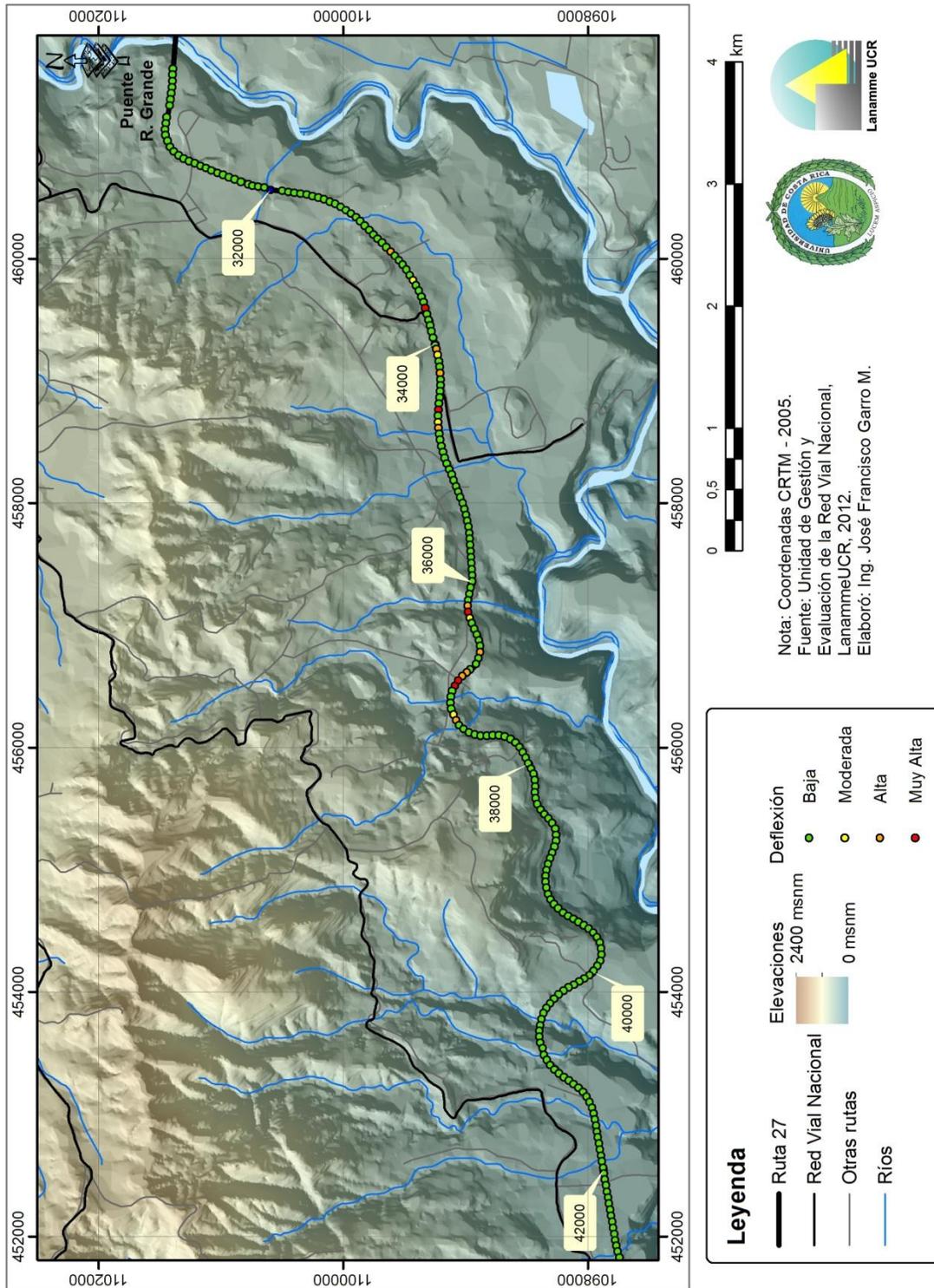


Figura A1.4: Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera

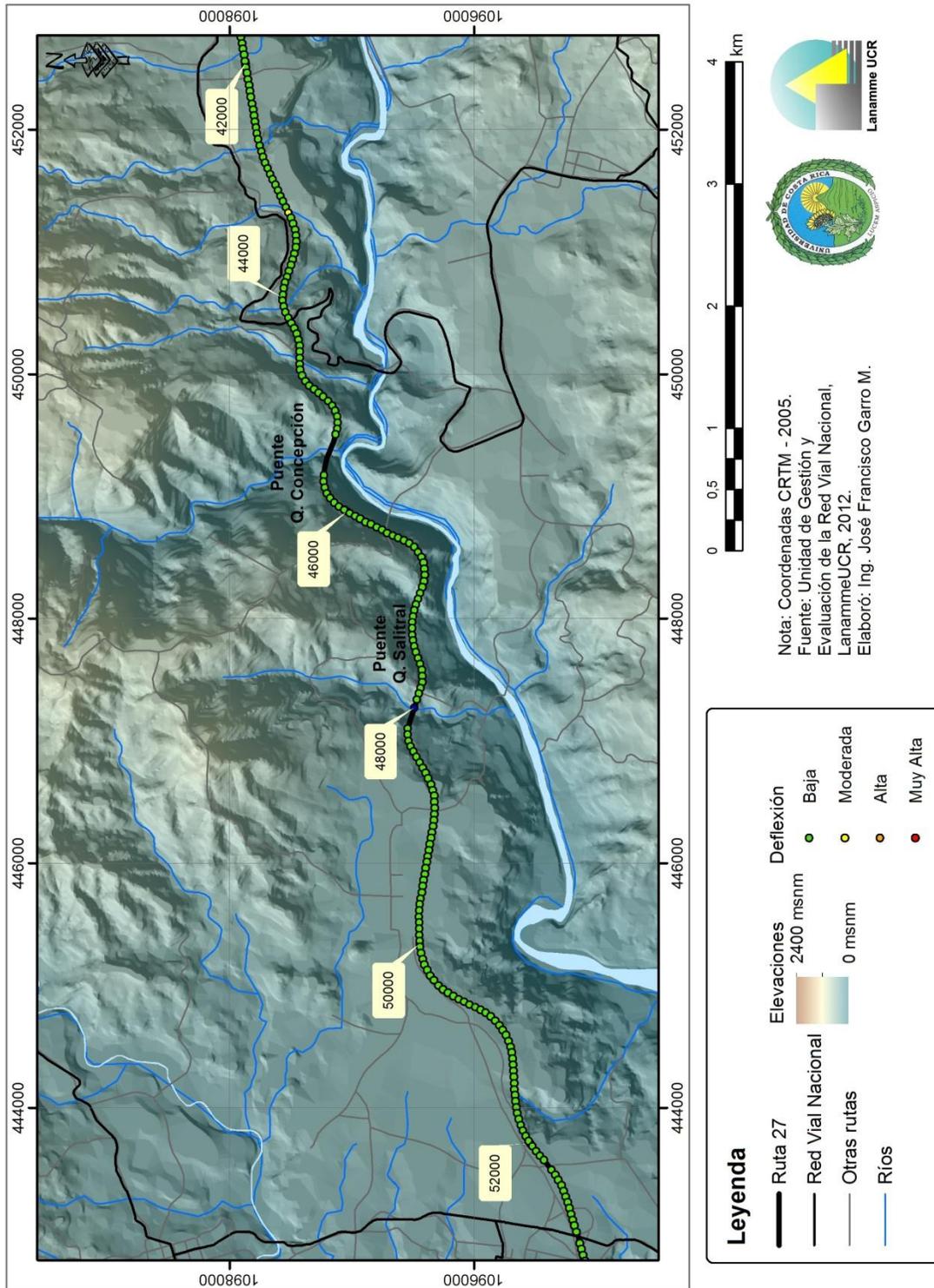


Figura A1.5: Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera

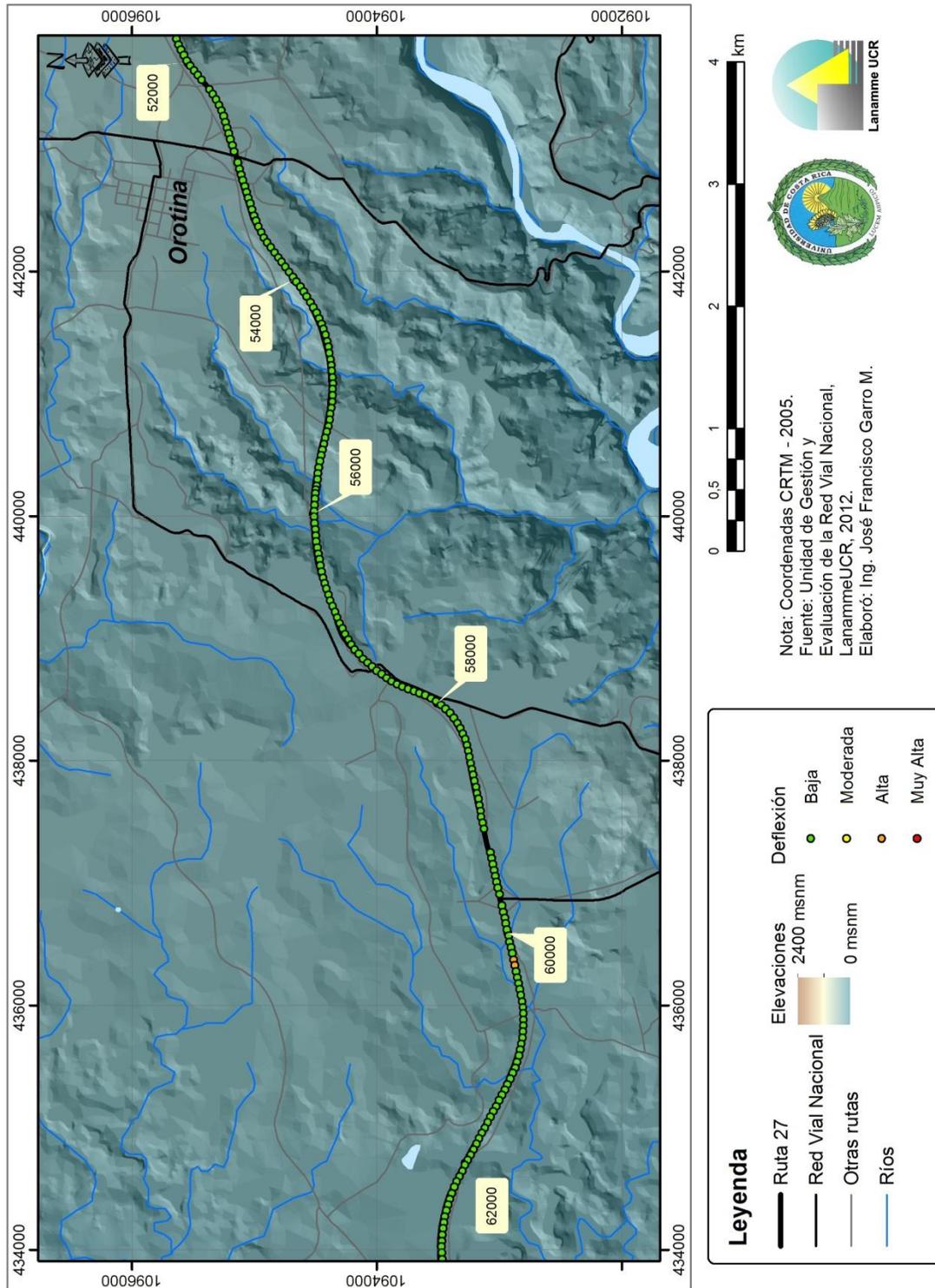


Figura A1.6: Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera

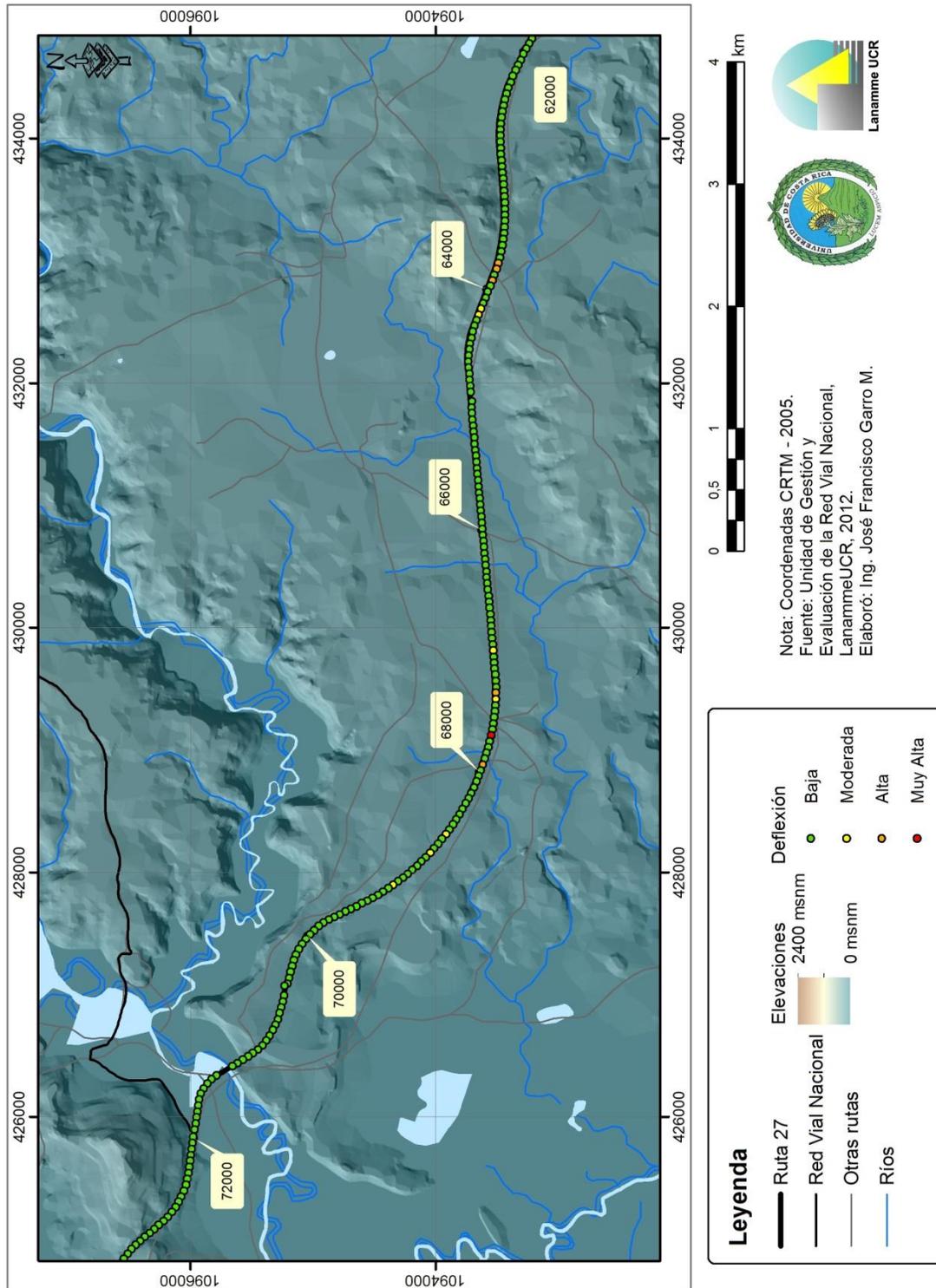


Figura A1.7: Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera

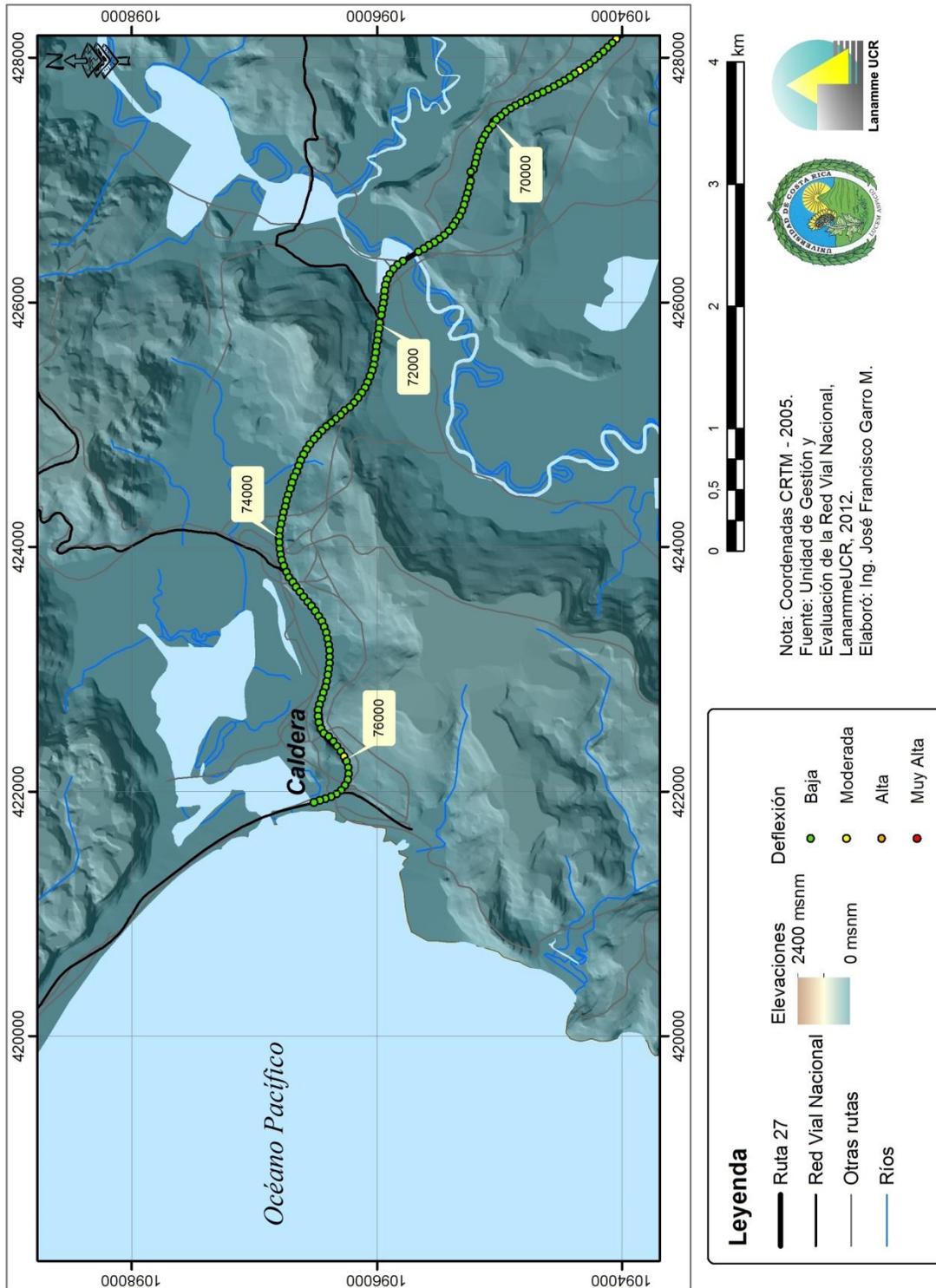


Figura A1.8: Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera

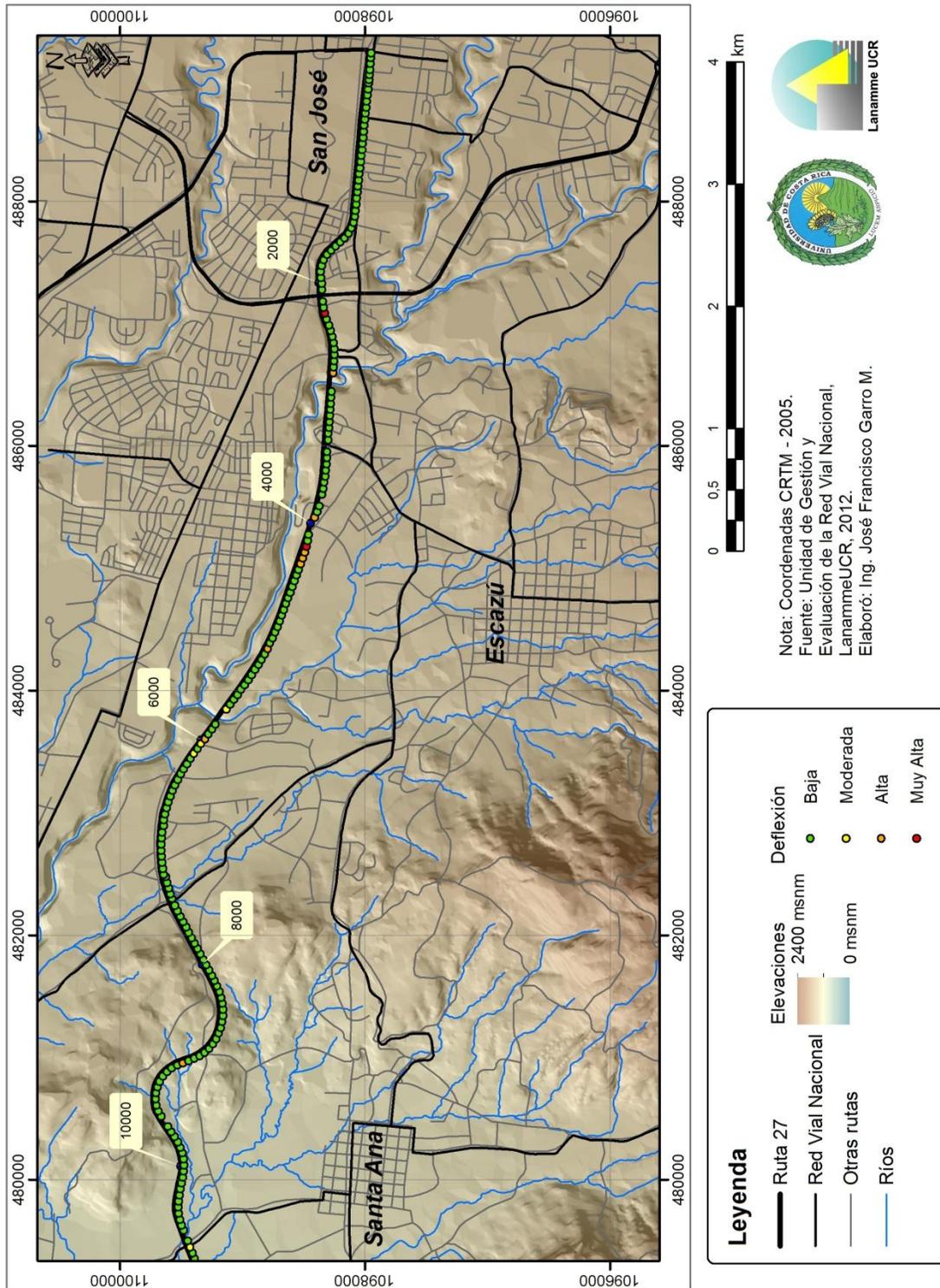


Figura A1.9: Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José

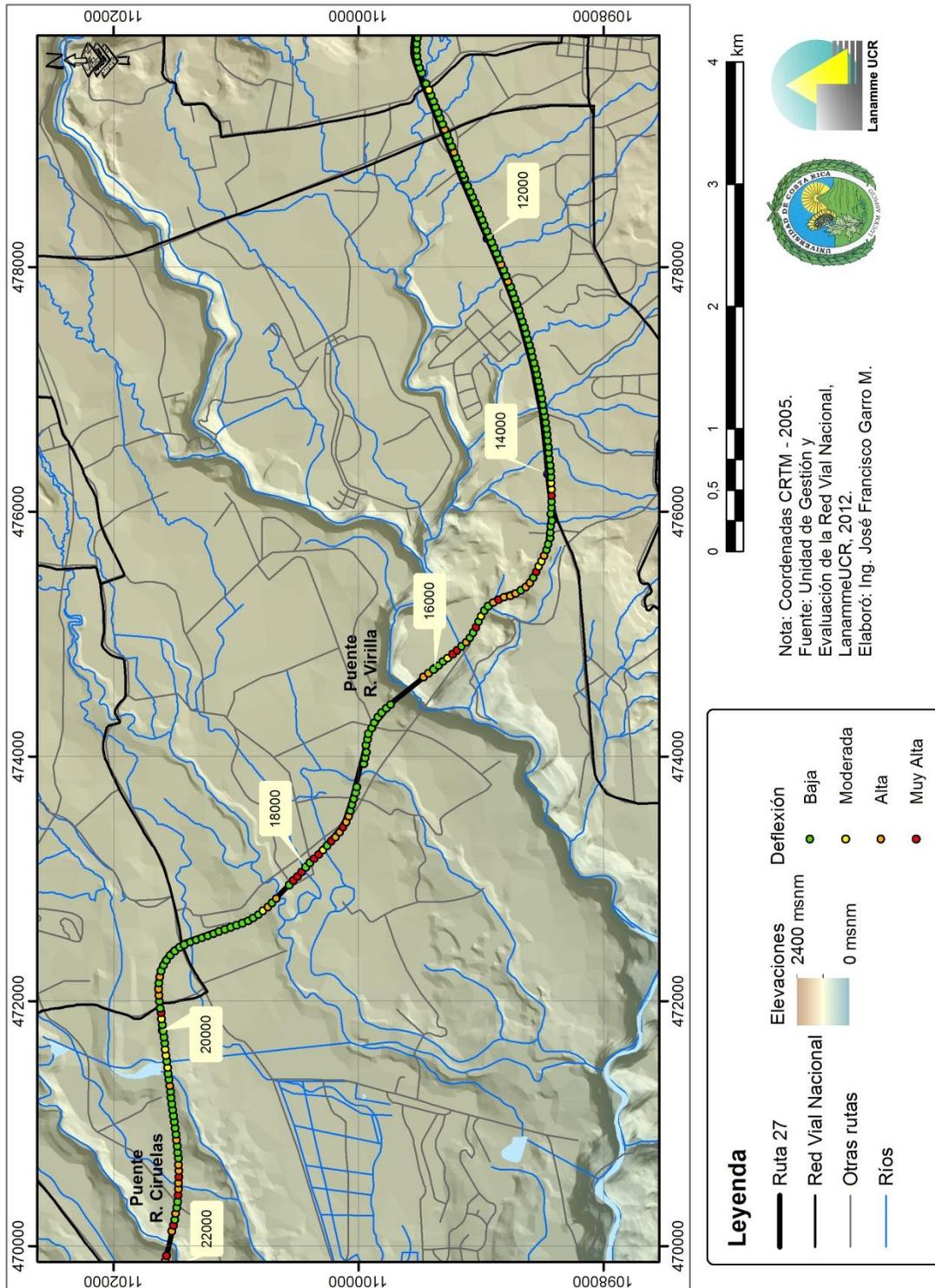
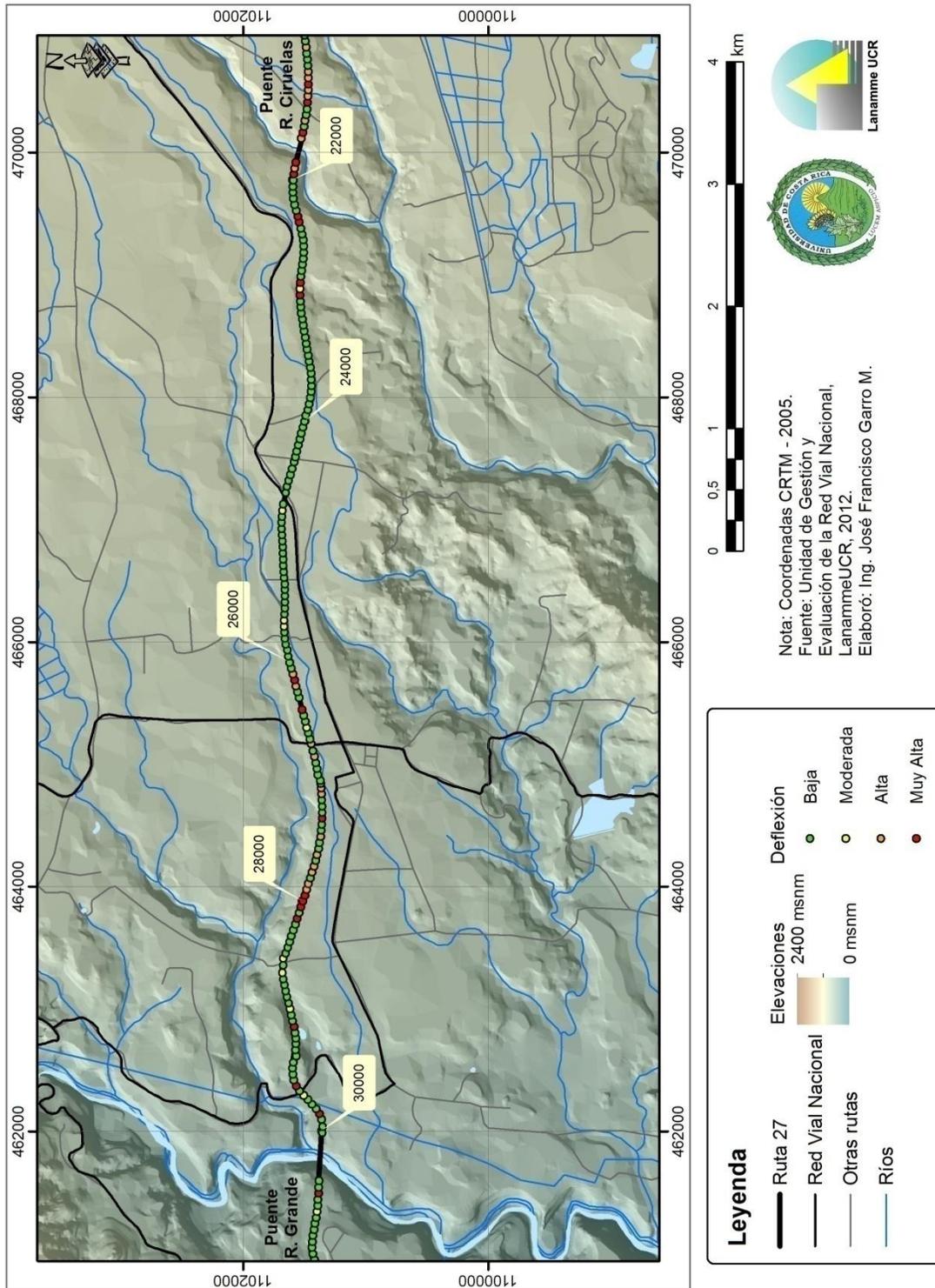


Figura A1.10: Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José



Nota: Coordenadas CRTM - 2005.
Fuente: Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional, LanammeUCR, 2012.
Elaboró: Ing. José Francisco Garro M.

Figura A1.11: Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José

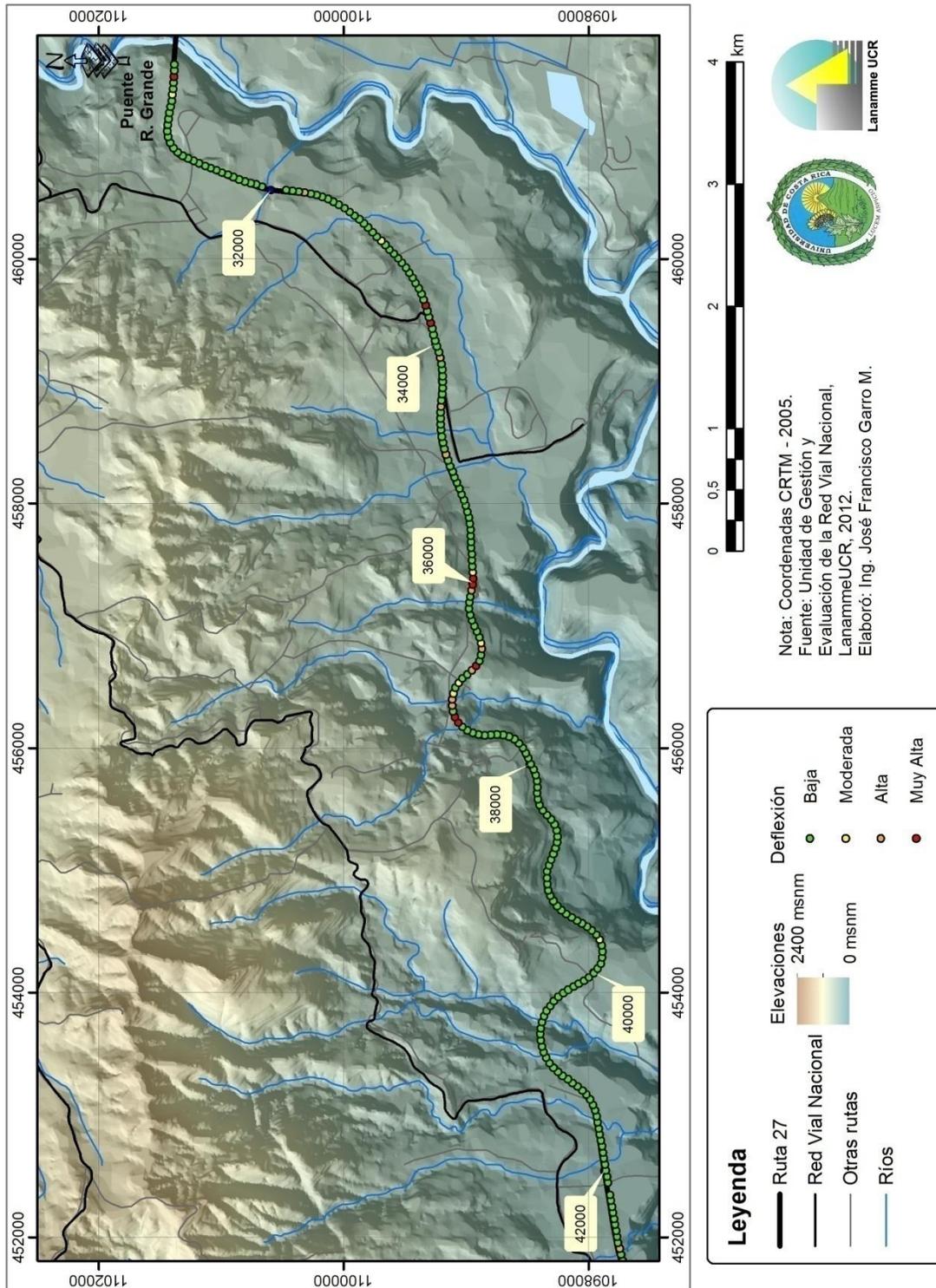


Figura A1.12 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José

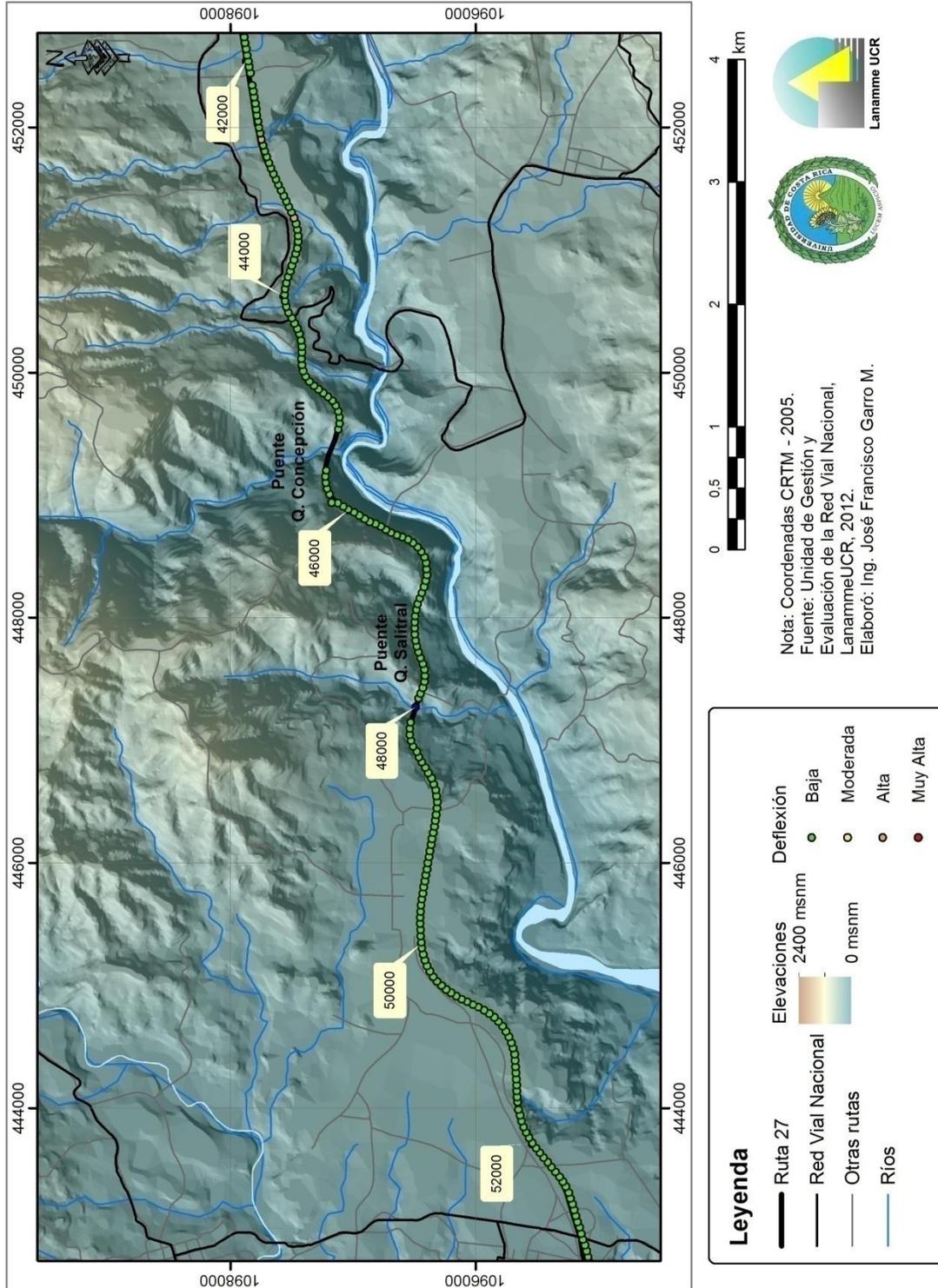


Figura A1.13: Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José

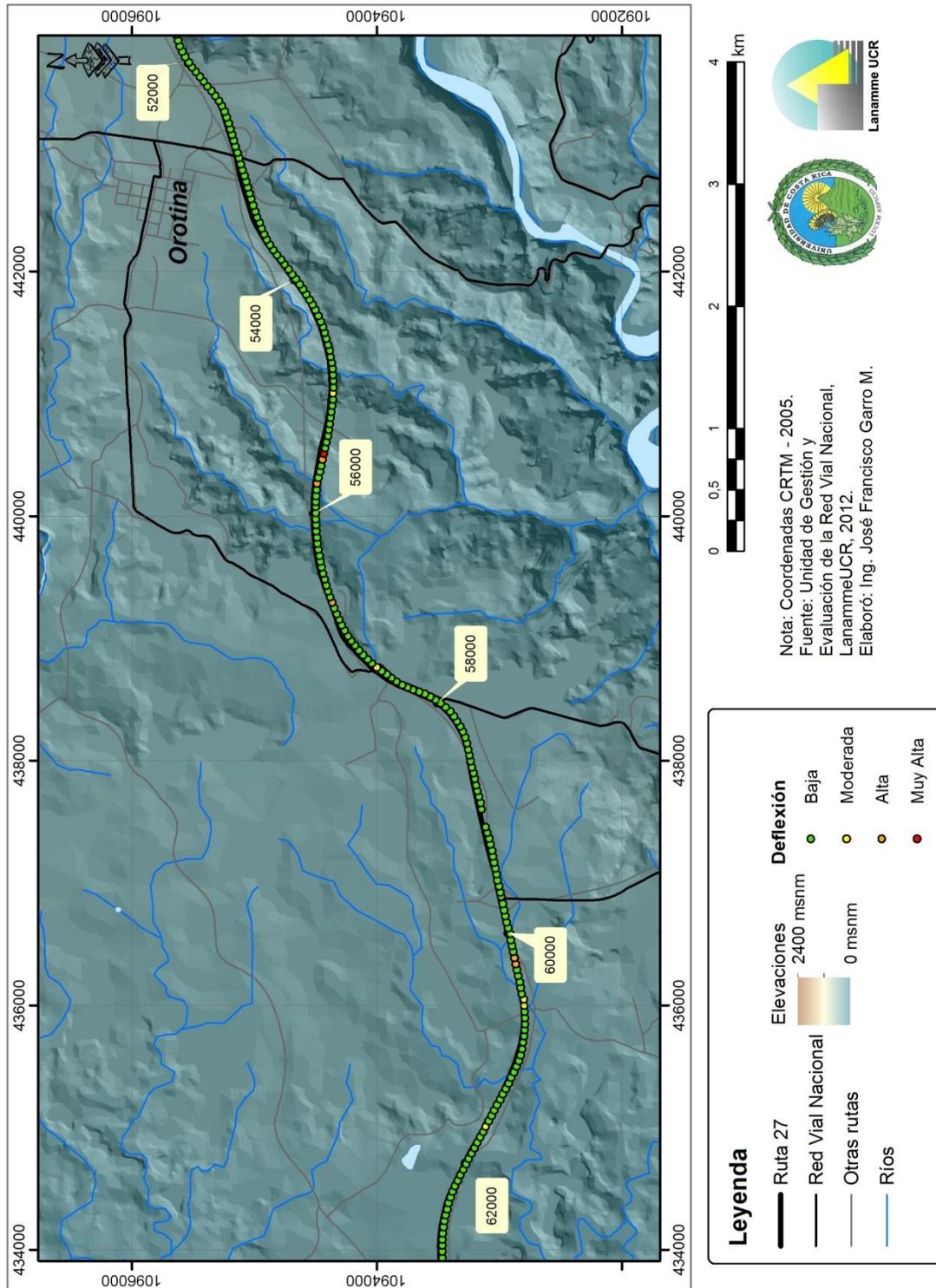


Figura A1.14 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José

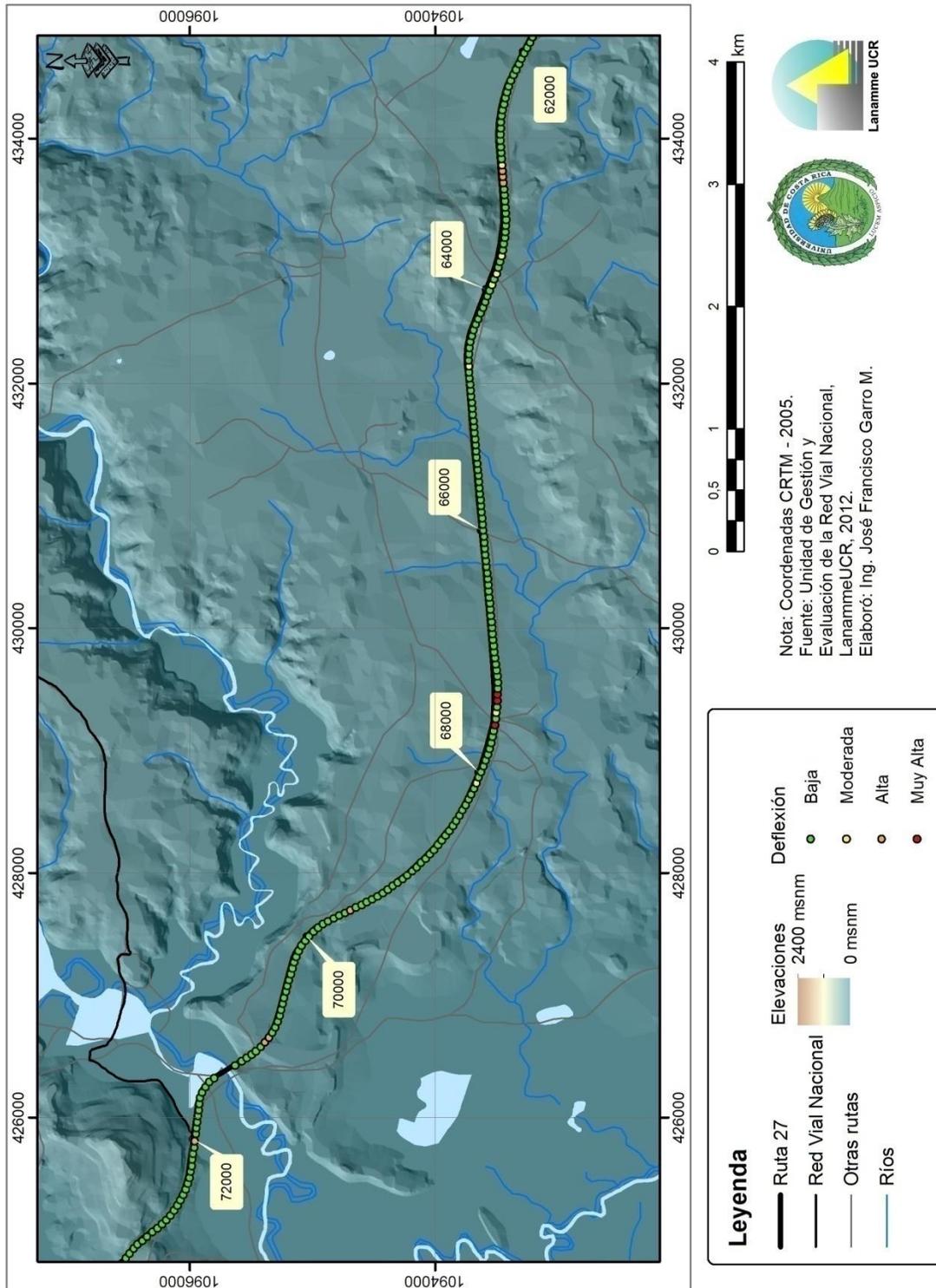


Figura A1.15: Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José

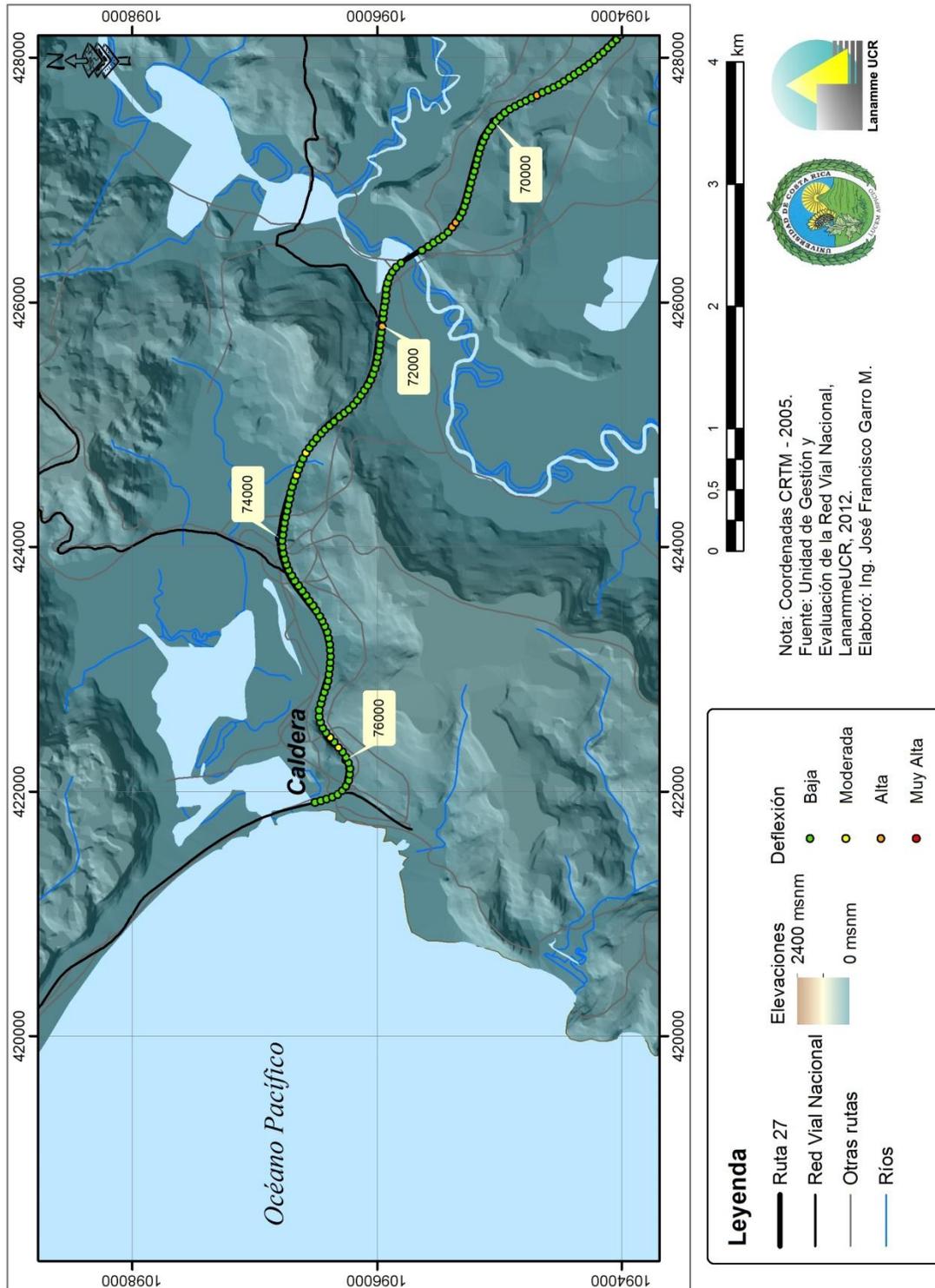


Figura A1.16: Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José



Anexo II
Resultados obtenidos
Perfilómetro Láser

Tabla A2.1: Estacionamientos con regularidades moderadas, bajas y muy bajas, sentido
San José – Caldera, Ruta Nacional 27

Regularidad	Estacionamientos
Moderada	01+170 a 01+270, 02+070 a 02+270, 02+670 a 02+870, 02+970 a 03+070, 03+270 a 03+470, 03+870 a 03+970, 05+170 a 05+370, 08+570 a 08+670 09+170 a 09+270, 10+270 a 10+370, 10+670 a 10+970, 11+070 a 11+170, 13+670 a 13+770, 14+570 a 14+670, 15+070 a 15+170, 15+370 a 15+470, 15+570 a 15+870, 16+070 a 16+170, 16+670 a 16+870, 17+070 a 17+170, 17+970 a 18+070, 18+770 a 18+870, 19+170 a 19+370, 19+470 a 19+670, 19+870 a 18+970, 20+770 a 20+870, 21+070 a 21+370, 21+470 a 21+570, 21+670 a 21+870, 22+070 a 22+170, 22+270 a 22+370, 22+570 a 22+770, 22+870 a 22+970, 24+770 a 24+870, 25+470 a 25+570, 26+470 a 26+570, 27+470 a 27+670, 27+970 a 28+070, 29+470 a 29+570, 29+770 a 29+870, 29+970 a 30+070, 30+570 a 30+670, 31+870 a 32+070, 32+570 a 32+770, 34+070 a 34+170, 34+270 a 34+370, 34+670 a 34+770, 35+970 a 36+070, 36+170 a 36+570, 38+470 a 38+870, 40+770 a 40+870, 41+270 a 41+370, 43+070 a 43+170, 43+470 a 43+570, 44+370 a 44+670, 45+270 a 45+370, 45+770 a 45+870, 46+370 a 46+470, 46+570 a 46+770, 46+870 a 47+170, 47+970 a 48+070, 49+270 a 49+370, 53+270 a 53+370, 53+470 a 53+570, 54+070 a 54+170, 56+070 a 56+170, 56+370 a 56+470, 57+170 a 57+270, 59+370 a 59+670, 59+870 a 60+070, 60+670 a 60+770, 60+870 a 60+970 61+470 a 61+570, 62+970 a 63+170, 63+870 a 64+170, 64+470 a 64+970, 65+070 a 65+170, 66+670 a 66+770, 67+070 a 67+570, 67+670 a 67+970, 68+070 a 68+270, 68+670 a 69+070, 69+670 a 69+770, 70+070 a 71+270, 71+470 a 71+570, 71+770 a 72+170, 72+570 a 72+670, 72+870 a 72+970, 73+770 a 73+970, 74+170 a 74+370, 76+170 a 76+370
Baja	03+470 a 03+570, 03+670 a 03+870, 15+870 a 15+970 15+870 a 16+070, 21+570 a 21+670, 30+070 a 30+370, 44+670 a 44+770 45+570 a 45+770, 48+170 a 48+370
Muy baja	45+470 a 45+570

Tabla A2.2: Estacionamientos con regularidades moderadas, bajas y muy bajas, sentido
Caldera – San José, Ruta Nacional 27

Regularidad	Estacionamientos
Moderada	00+700 a 01+300, 02+100 a 02+200, 02+300 a 02+400, 02+600 a 02+700, 04+200 a 04+300, 04+500 a 04+600, 04+700 a 05+100, 05+200 a 05+400, 05+500 a 06+100, 06+400 a 06+500, 06+800 a 06+900, 07+500 a 07+900, 08+400 a 09+200, 09+400 a 09+500, 11+400 a 12+100, 12+800 a 13+000, 13+100 a 13+200, 13+300 a 13+600, 14+200 a 14+300, 15+400 a 15+600, 15+800 a 15+900, 16+300 a 16+400, 16+600 a 16+800, 17+000 a 17+100, 17+200 a 17+300, 17+500 a 17+700, 18+900 a 19+000, 20+400 a 20+700, 20+800 a 20+900, 21+200 a 21+300, 21+900 a 22+000, 22+700 a 22+800, 24+400 a 24+500, 28+500 a 28+600, 29+800 a 30+000, 31+900 a 32+400, 32+500 a 32+600, 32+800 a 32+900, 33+300 a 33+500, 33+700 a 33+800, 35+500 a 35+600, 38+100 a 38+200, 39+700 a 40+200, 40+400 a 40+800, 40+900 a 41+000, 41+900 a 42+300, 42+400 a 42+500, 42+800 a 42+900, 44+300 a 44+400, 45+700 a 45+800, 46+300 a 46+400, 46+500 a 46+600, 46+900 a 47+000, 47+200 a 47+400, 47+900 a 48+000, 48+700 a 45+100, 49+400 a 49+500, 49+700 a 50+100, 50+800 a 50+900, 51+000 a 51+400, 54+000 a 54+100, 54+200 a 54+300, 54+700 a 55+100, 55+300 a 55+500, 55+600 a 55+800, 55+900 a 56+000, 56+100 a 56+300, 56+400 a 56+500, 56+900 a 57+100, 57+300 a 57+500, 58+800 a 59+000, 59+200 a 59+300, 61+100 a 61+300, 61+400 a 61+500, 61+800 a 61+900, 62+100 a 62+600, 62+700 a 62+800, 63+100 a 63+200, 63+500 a 63+600, 66+700 a 66+900, 71+300 a 71+400, 71+500 a 71+800, 72+900 a 73+100, 73+300 a 73+400, 73+500 a 73+700, 74+000 a 74+200
Baja	17+400 a 17+500, 28+600 a 28+800, 31+100 a 31+500, 32+400 a 32+500, 44+900 a 45+000, 46+600 a 46+700, 46+800 a 46+900, 55+200 a 55+300, 60+100 a 60+200, 60+800 a 61+100, 73+100 a 73+200, 73+400 a 73+500
Muy baja	46+700 a 46+800

A continuación, se muestran las figuras con los resultados de la evaluación utilizando el Perfilómetro Láser del LanammeUCR, para ambos sentidos de la Ruta Nacional 27.

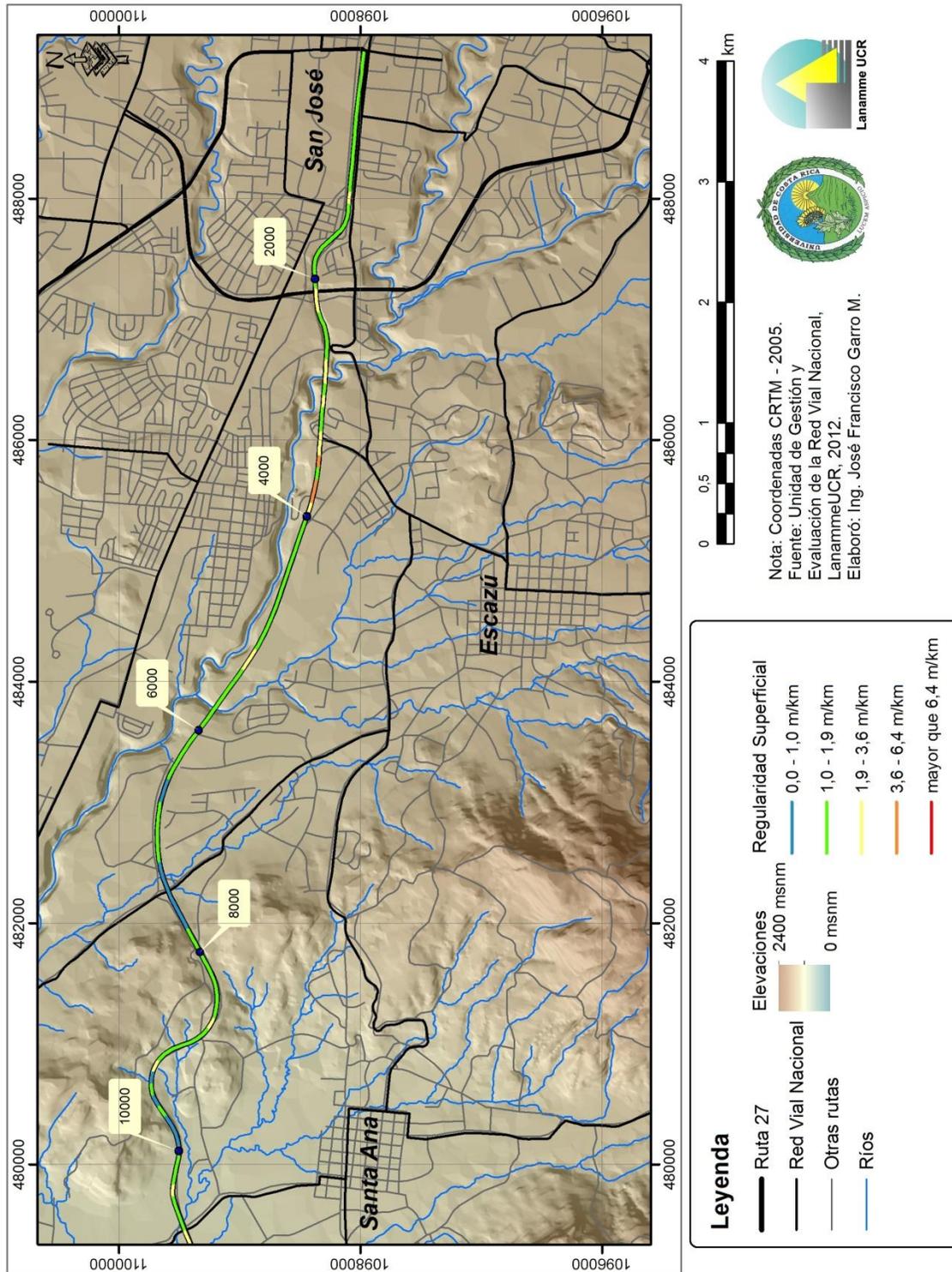


Figura A2.1: Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera

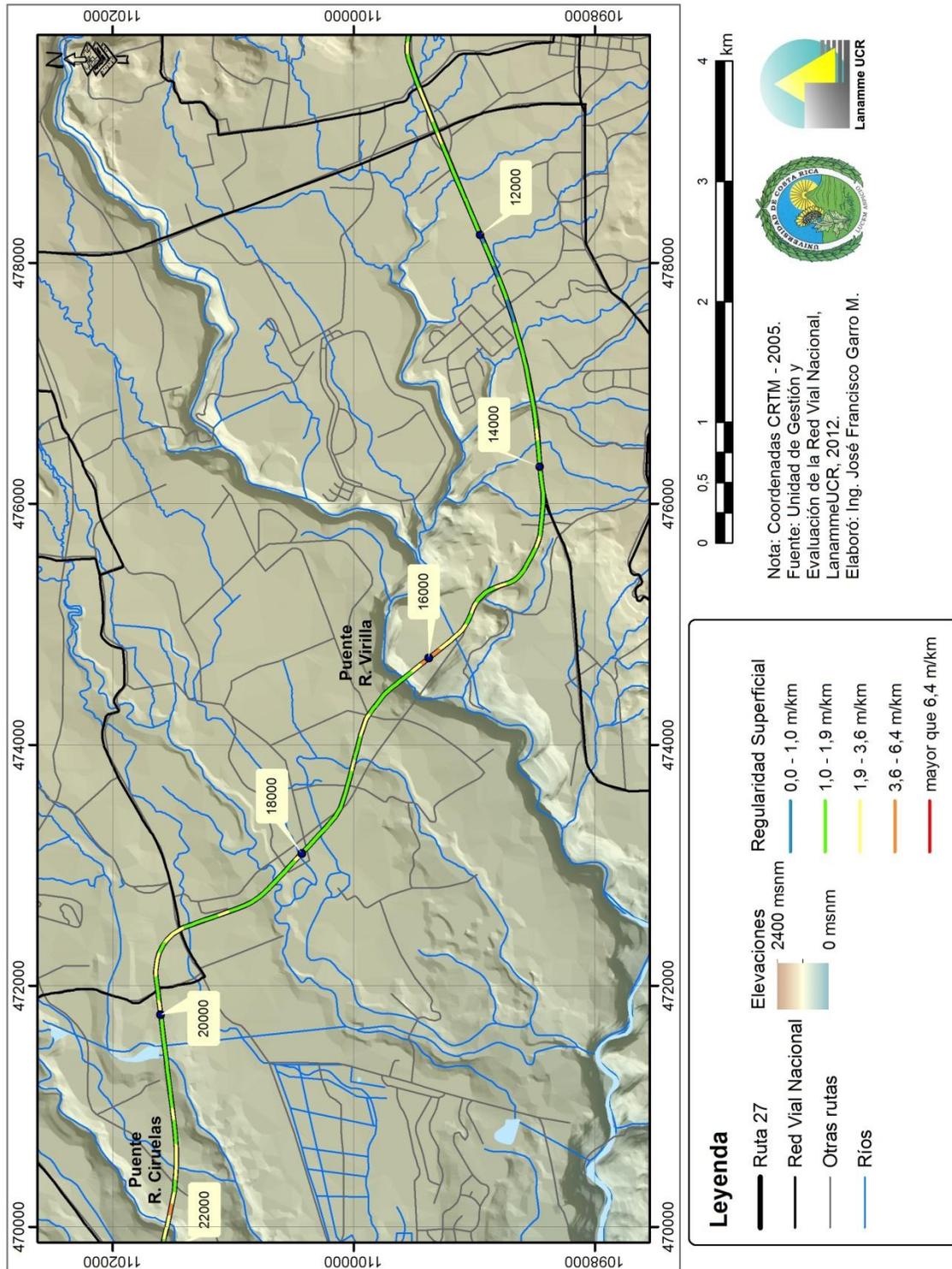


Figura A2.2: Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera

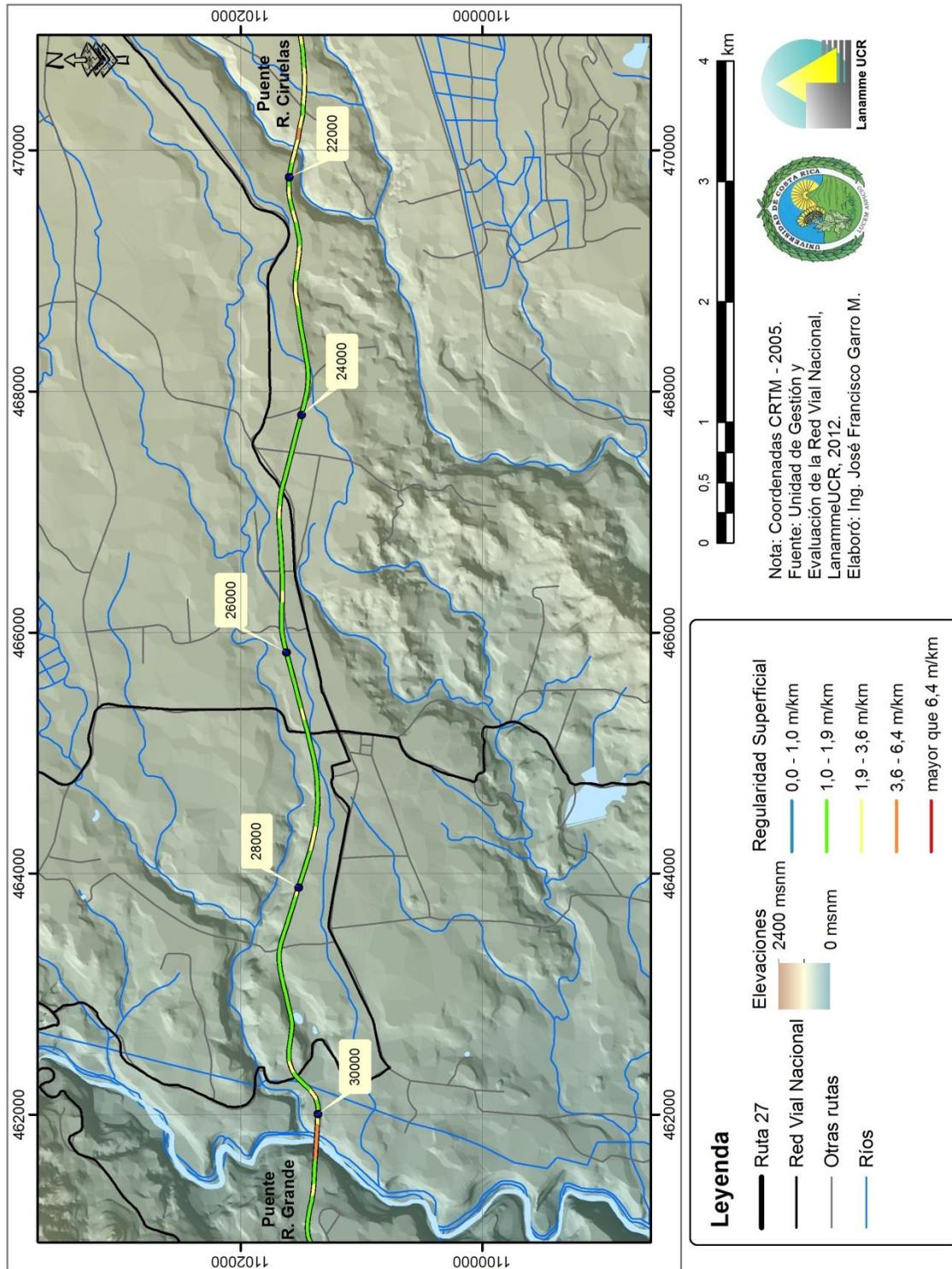


Figura A2.3: Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera

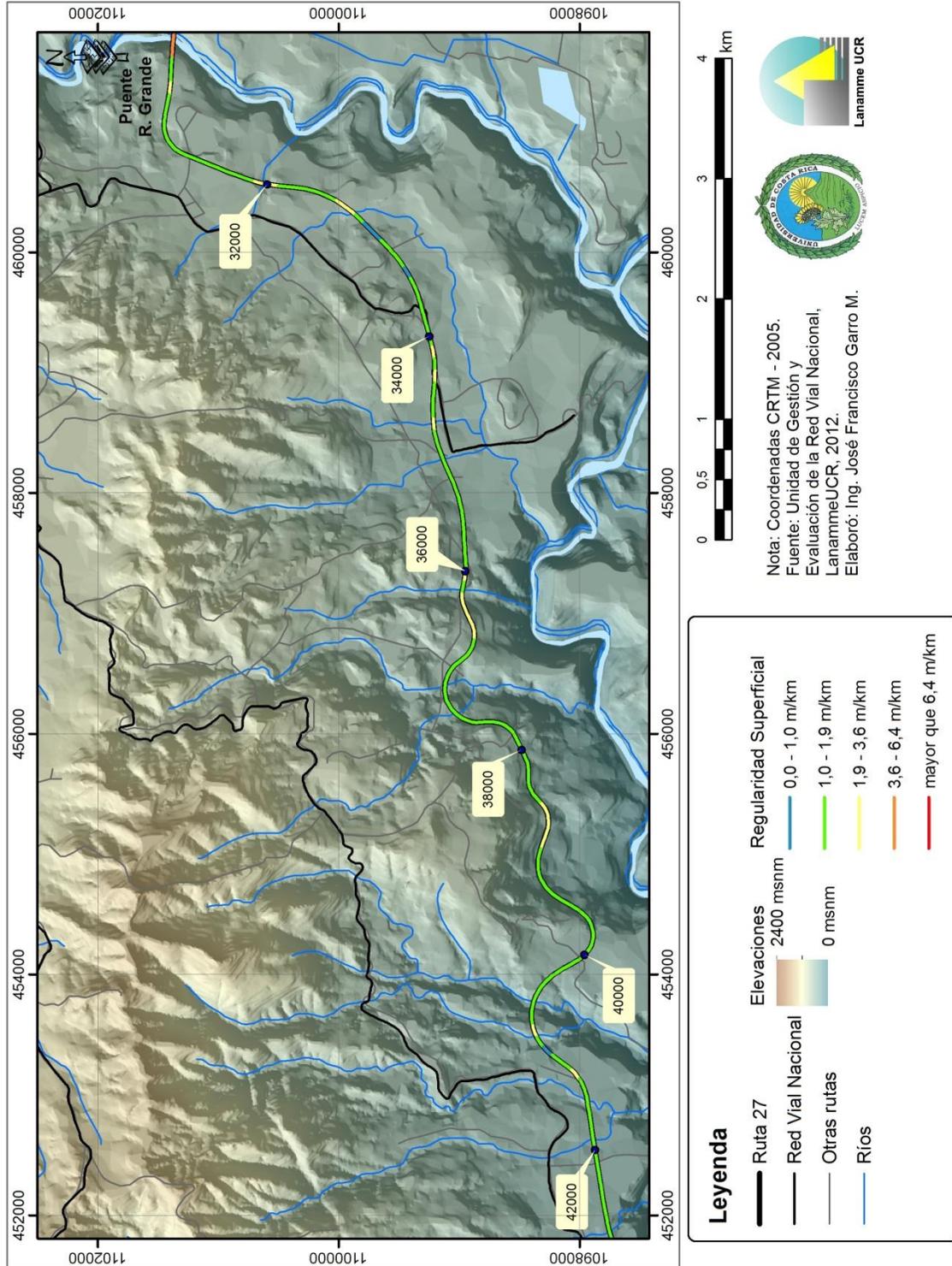


Figura A2.4: Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera

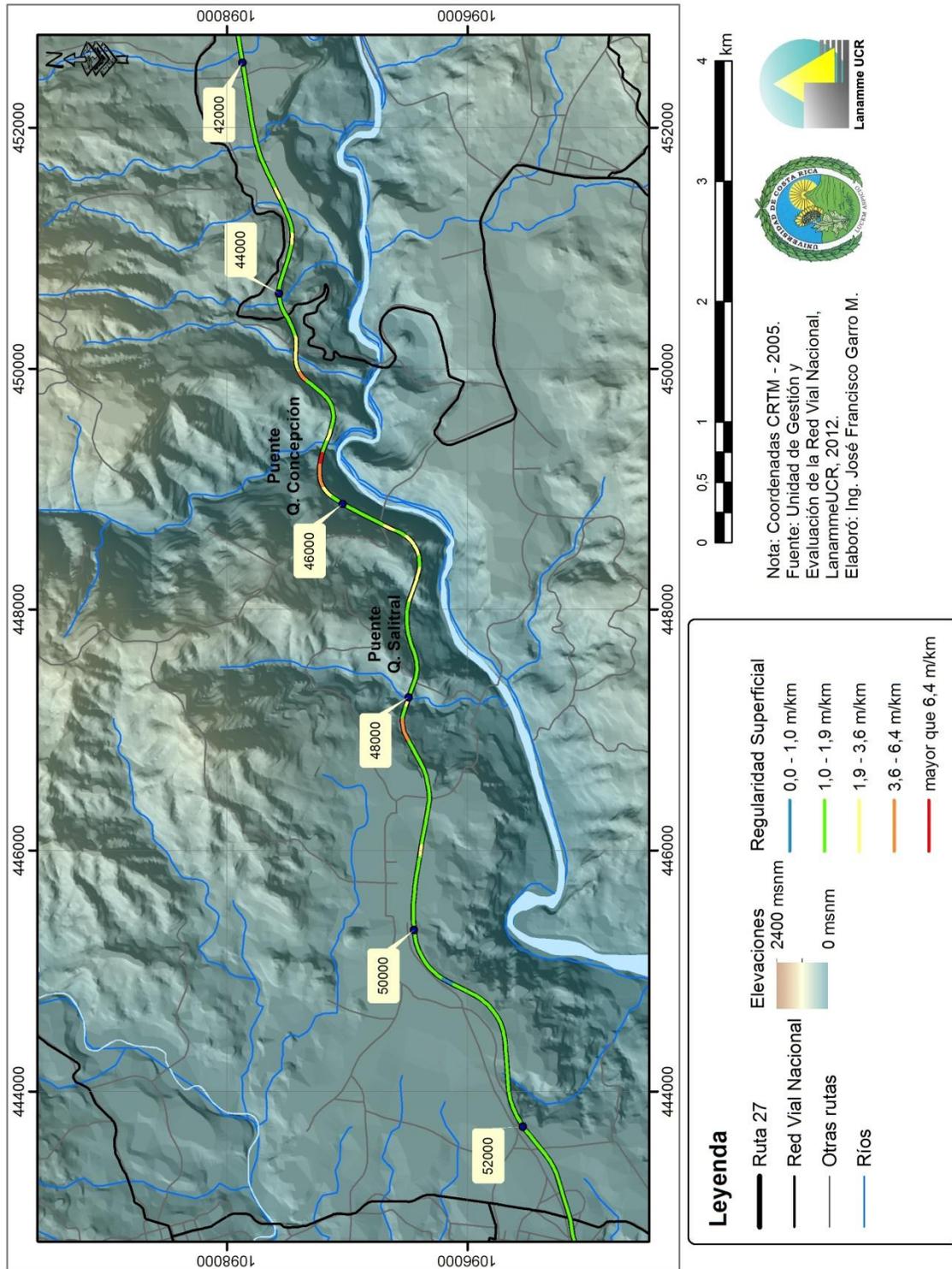


Figura A2.5: Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera

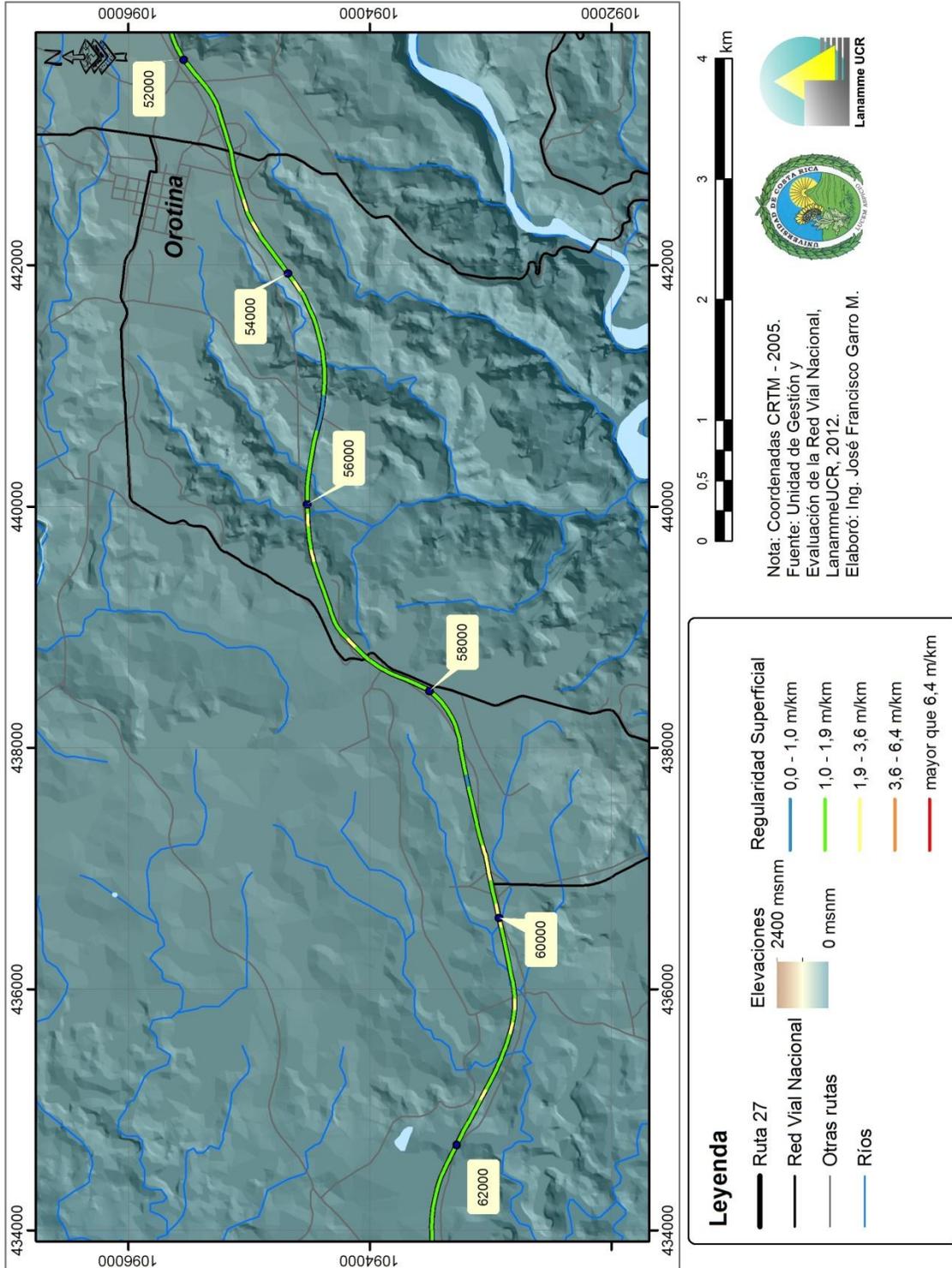


Figura A2.6: Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera

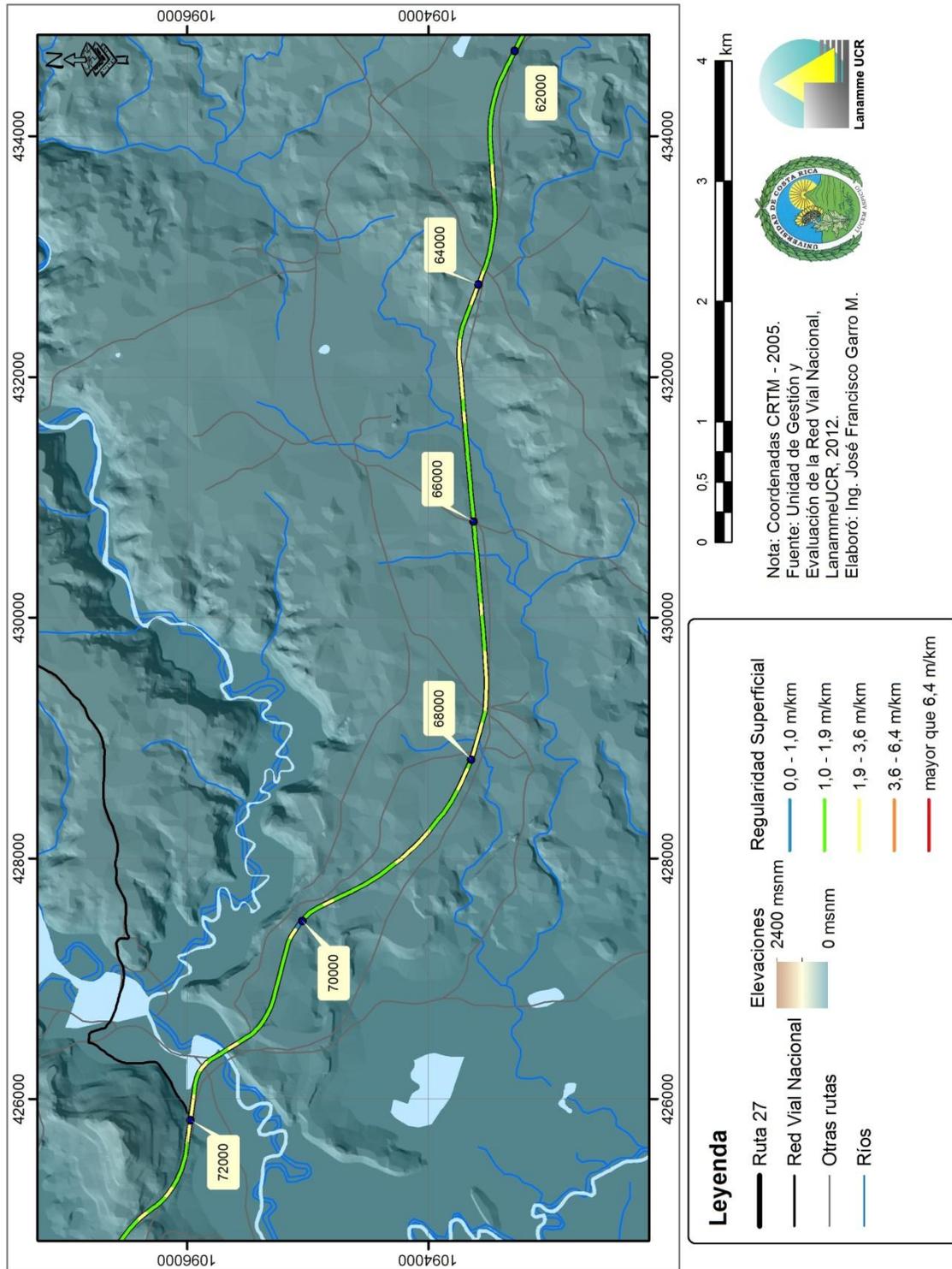


Figura A2.7: Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera

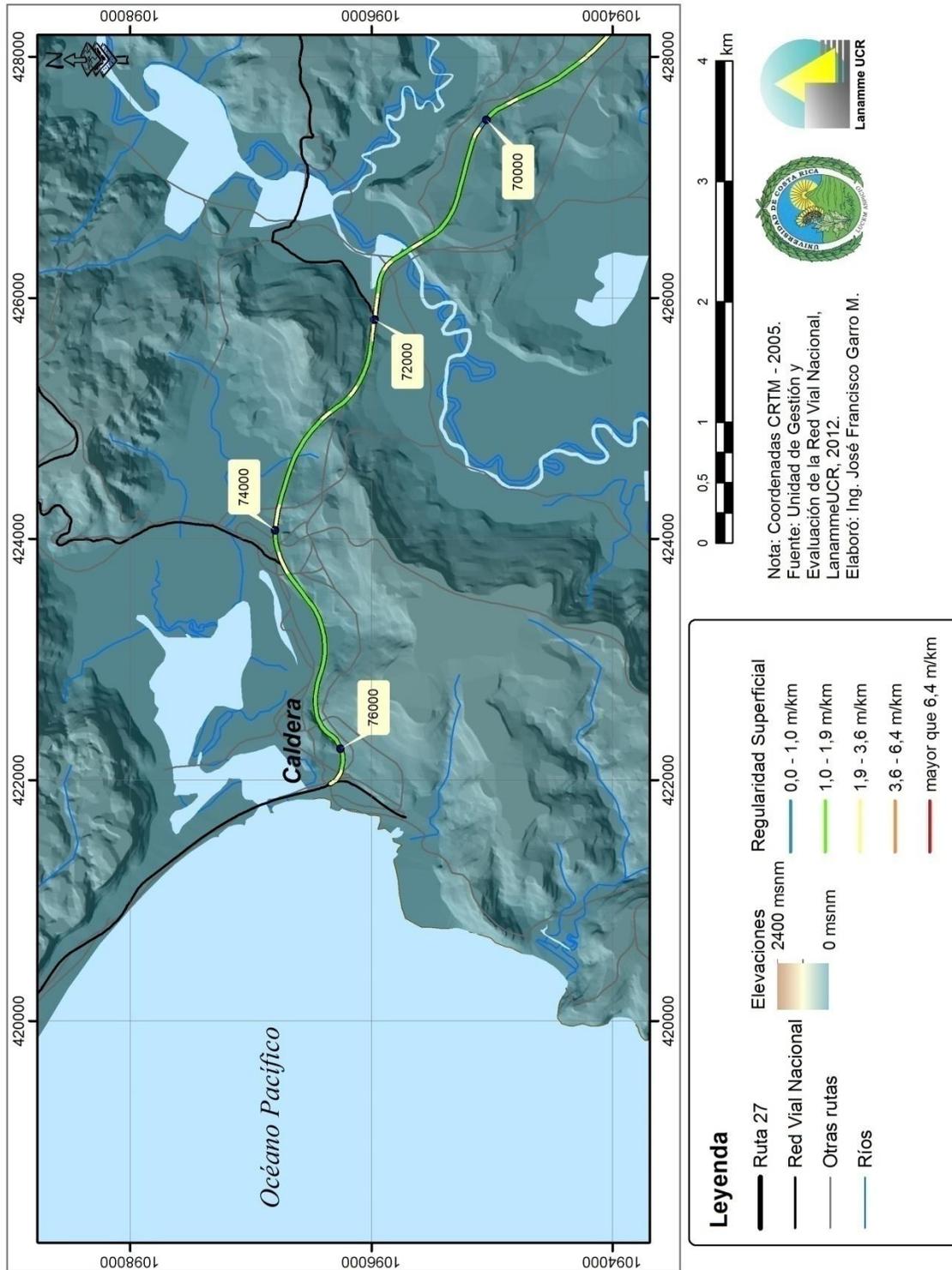


Figura A2.8: Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera

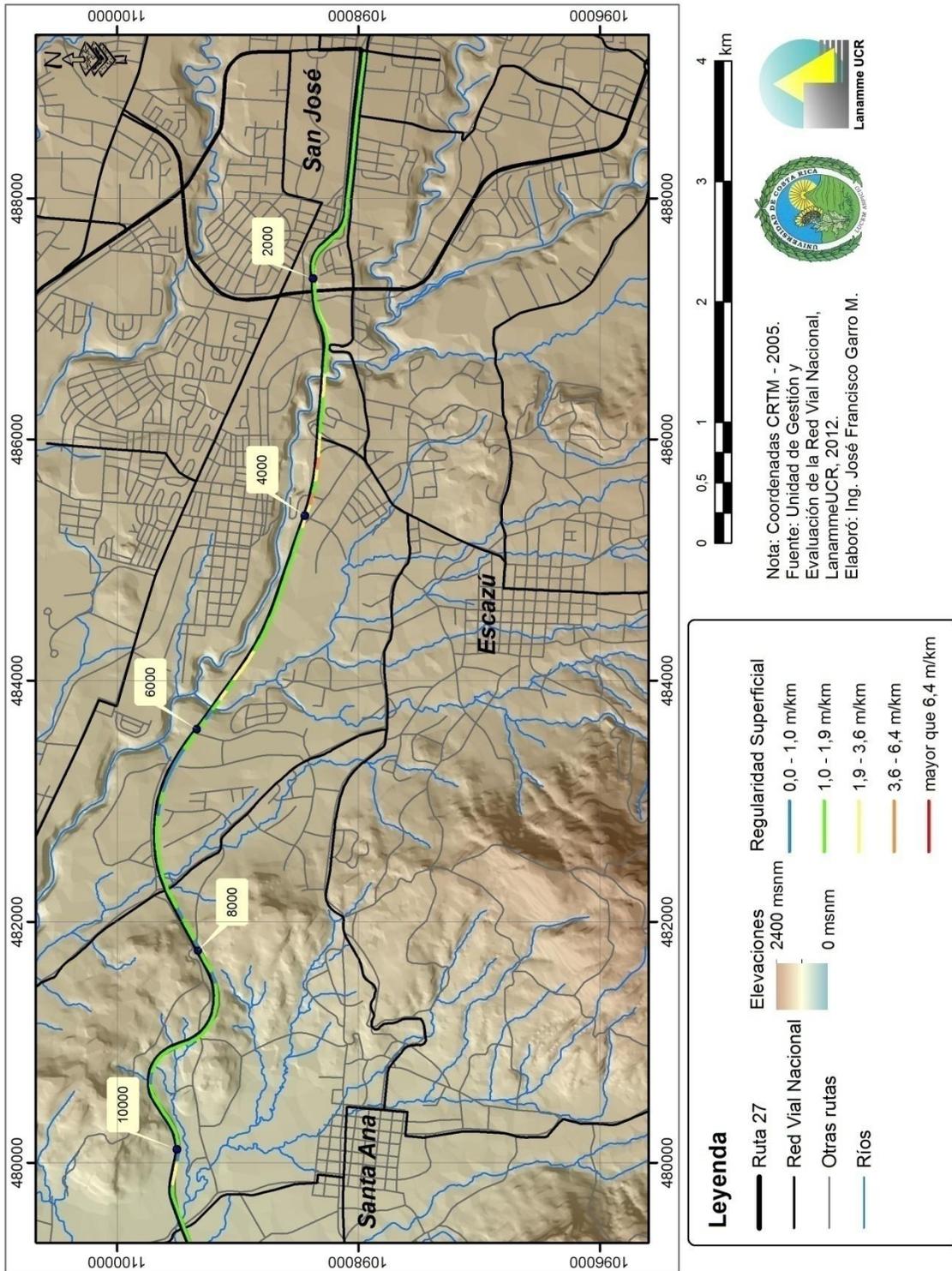


Figura A2.9: Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José

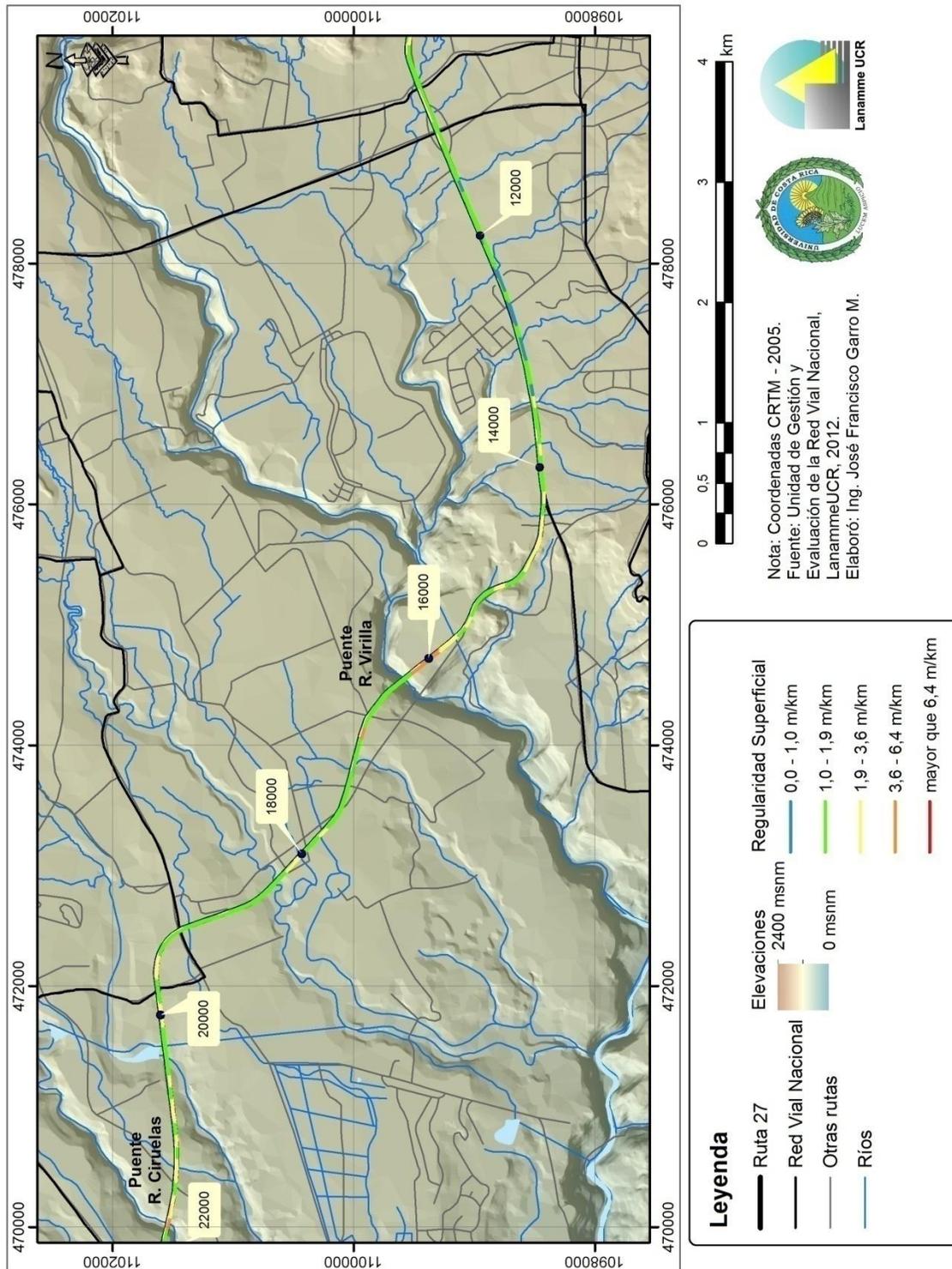


Figura A2.10: Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José

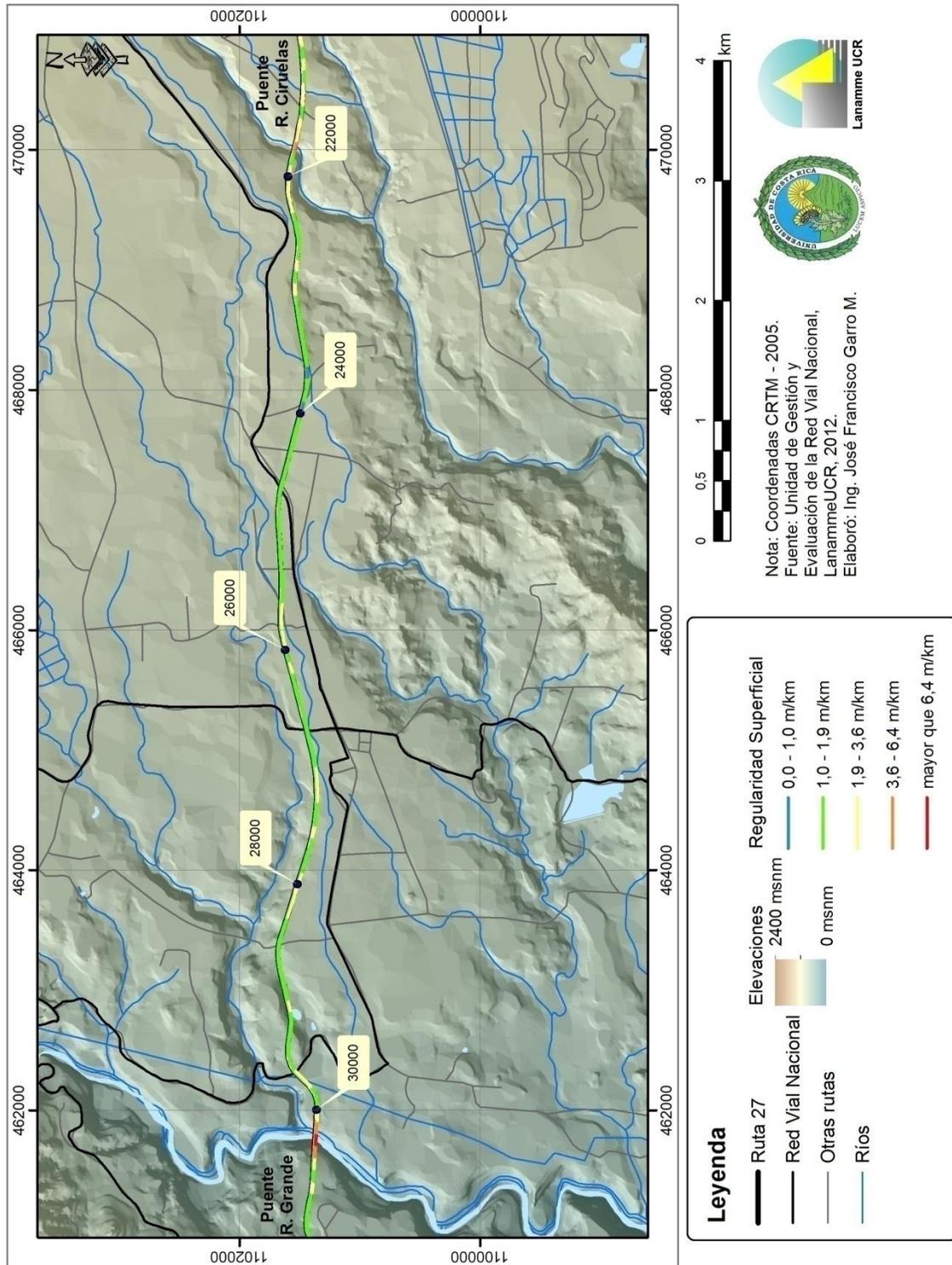


Figura A2.11: Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José

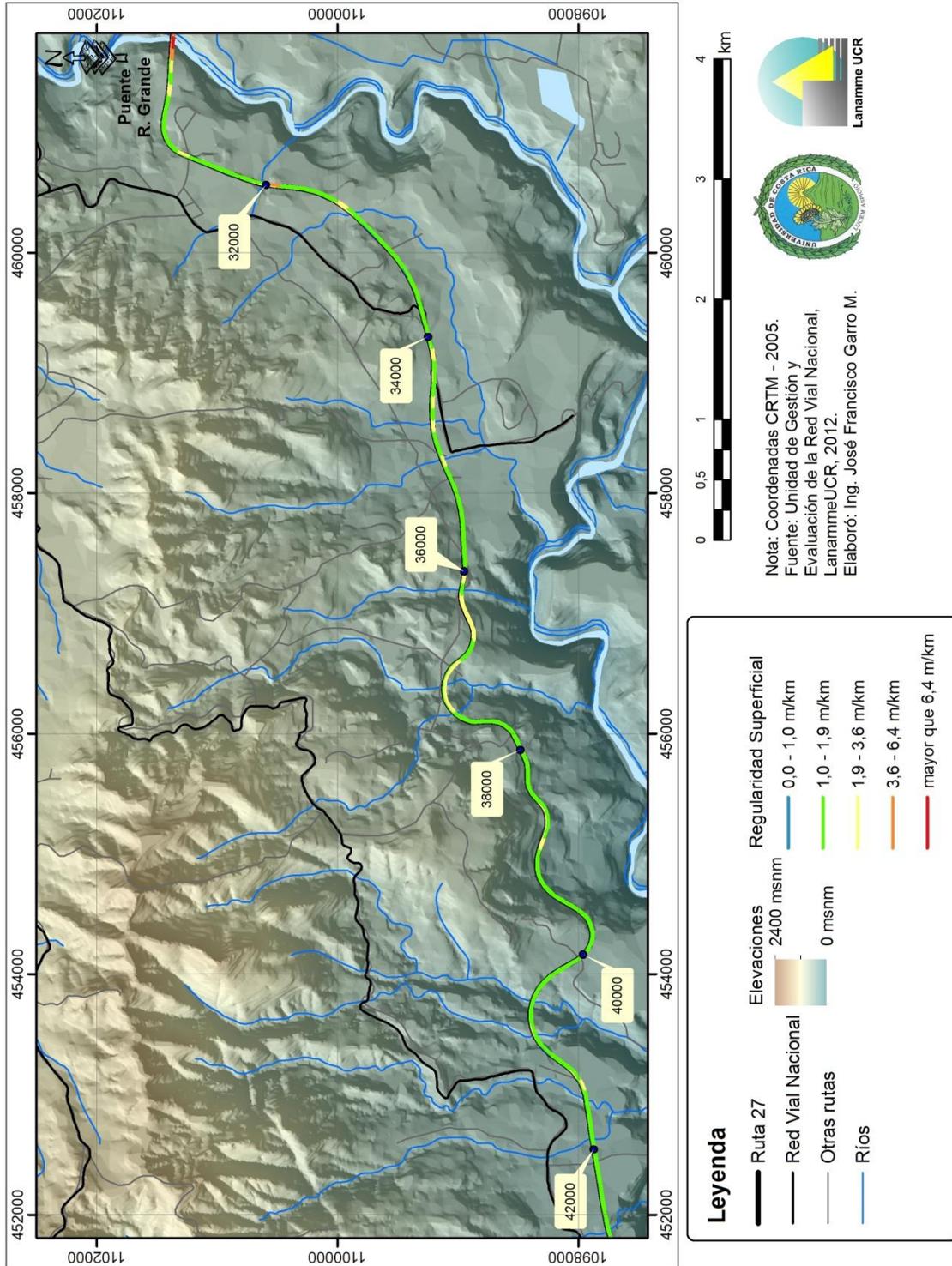


Figura A2.12: Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José

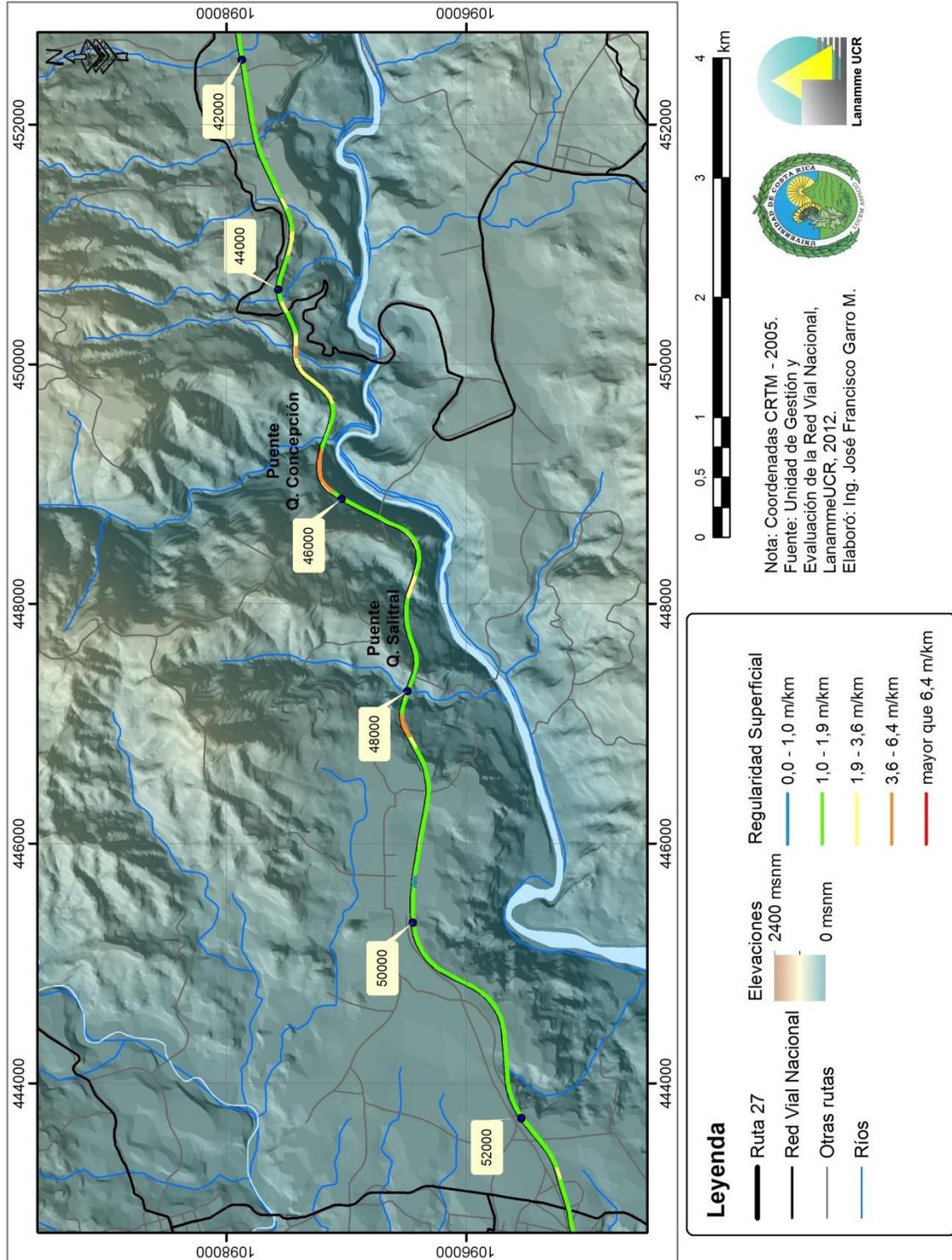


Figura A2.13: Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José

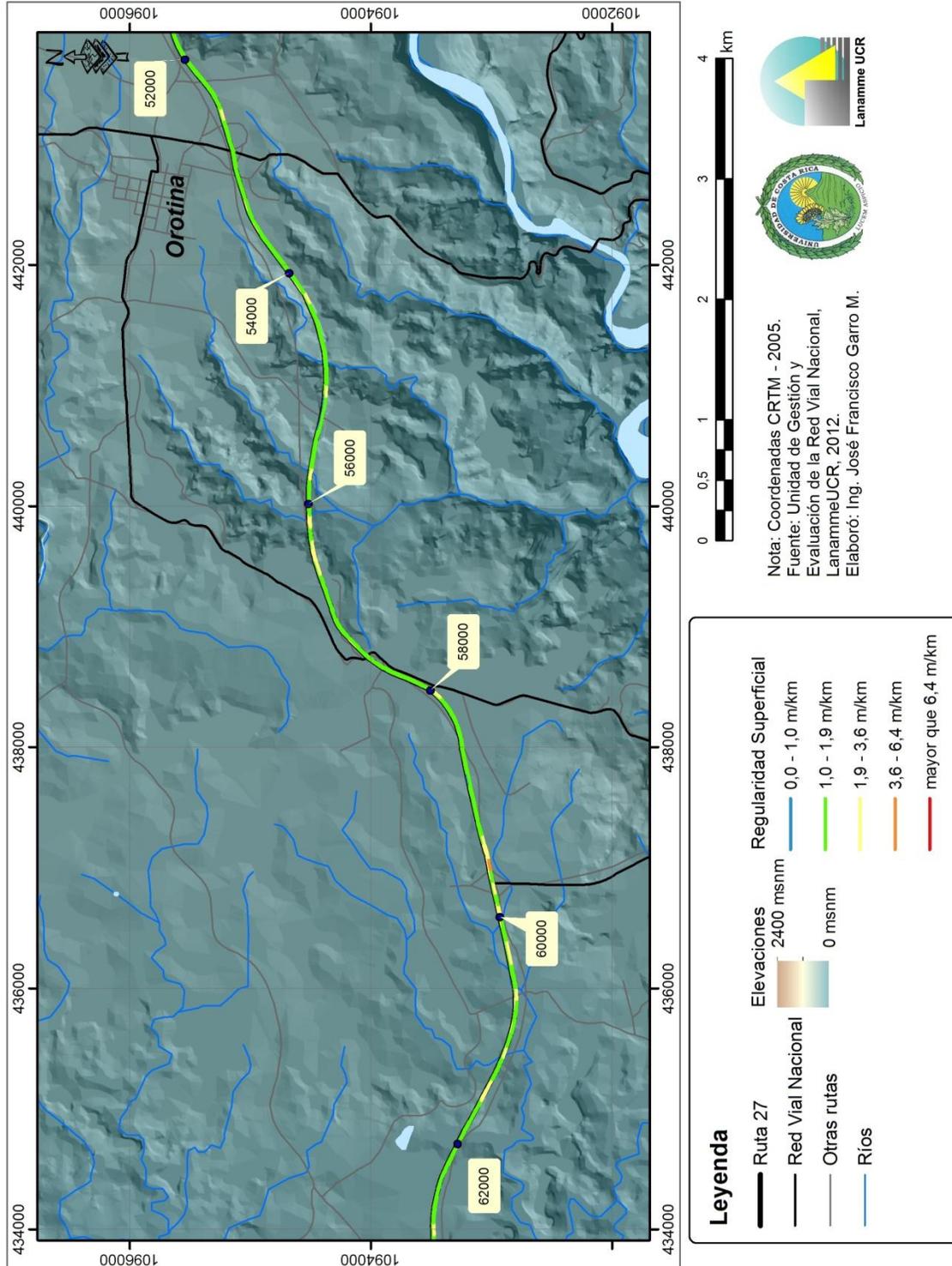


Figura A2.14: Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José

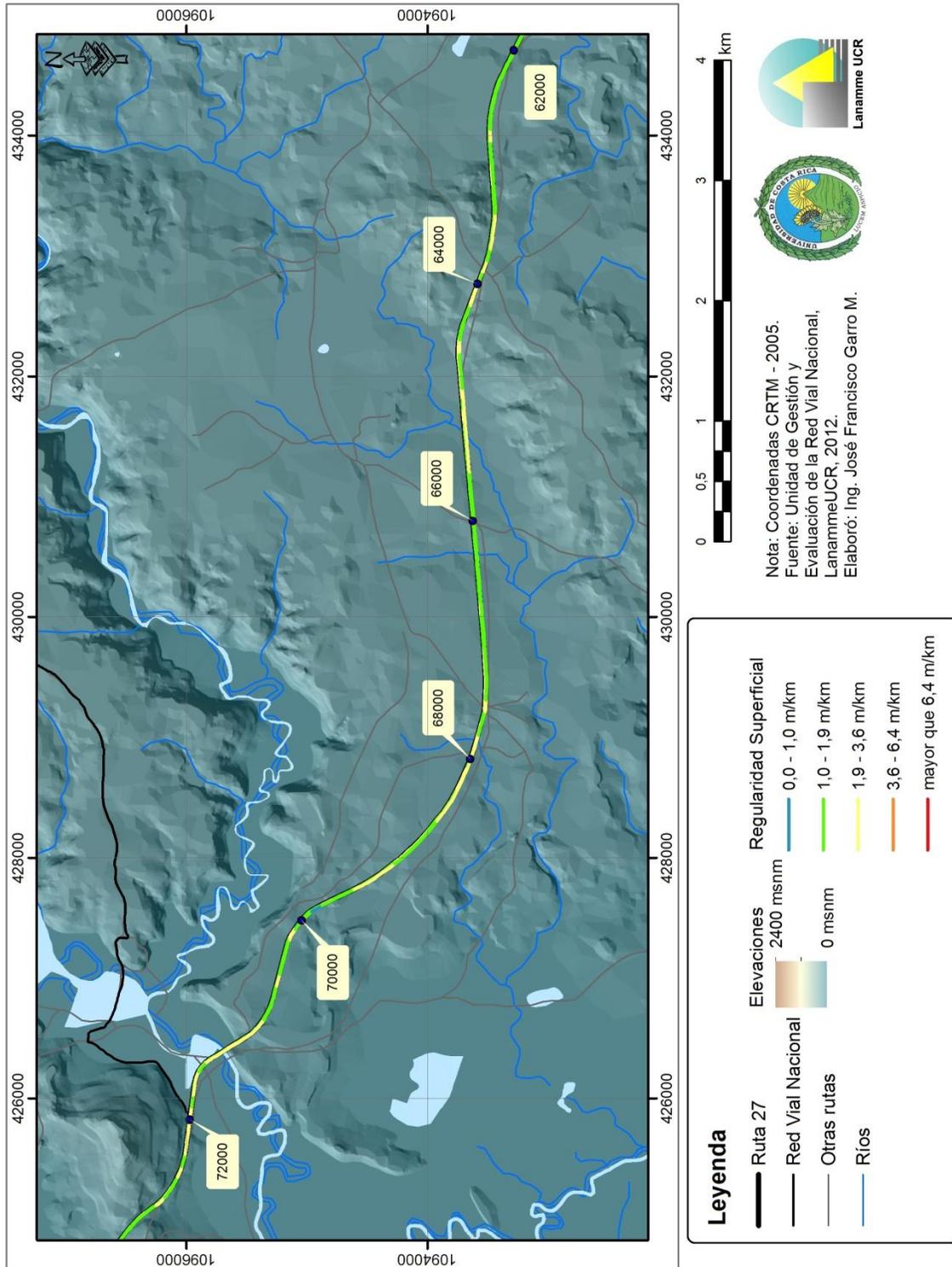


Figura A2.15: Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José

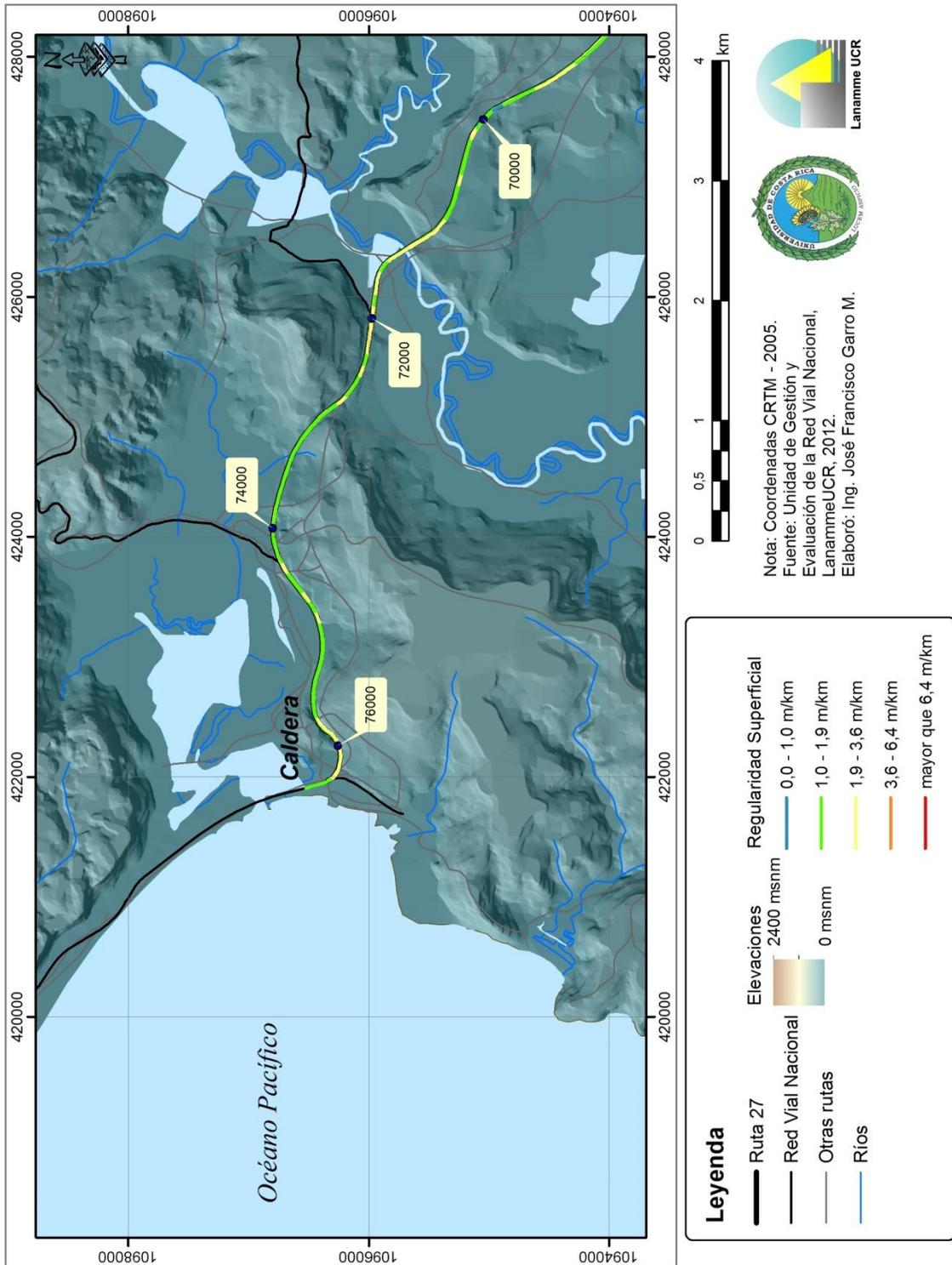


Figura A2.16: Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José



Anexo III
Resultados obtenidos
Medidor de Agarre Superficial

Tabla A3.1: Estacionamientos deslizantes identificados, sentido
San José – Caldera, Ruta Nacional 27

Regularidad	Estacionamientos
Tramos con zonas parciales deslizantes	01+950 a 03+250, 04+350 a 06+750, 07+250 a 09+050, 11+050 a 11+650 12+750 a 13+050, 15+650 a 16+150, 23+050 a 23+550, 27+850 a 28+050, 31+700 a 32+450, 38+700 a 39+700, 40+850 a 41+250, 43+050 a 43+800 45+000 a 46+500, 46+800 a 47+400, 48+300 a 49+150, 50+050 a 51+650, 56+950 a 57+350, 68+350 a 68+750, 69+600 a 73+300, 71+250 a 71+900, 73+600 a 74+000, 75+050 a 76+700,
Tramos deslizantes	09+800 a 10+250, 13+550 a 14+050, 16+100 a 16+150, 16+450 a 16+800, 21+000 a 21+250, 26+550 a 27+500, 29+650 a 30+100, 30+750 a 31+500, 33+450 a 34+350, 35+000 a 35+150, 35+900 a 36+250, 36+550 a 38+700 39+700 a 40+750, 41+250 a 41+550, 44+000 a 44+300, 46+500 a 46+800, 49+150 a 50+050, 52+250 a 52+550, 53+050 a 53+200, 53+800 a 54+800, 55+800 a 56+650, 57+350 a 57+900, 70+900 a 71+250, 72+750 a 73+550 74+000 a 74+400,
Tramos con zonas parciales muy deslizantes	00+050 a 01+950, 03+250 a 03+800, 06+750 a 07+250, 09+050 a 09+800 10+250 a 11+050, 28+050 a 29+600, 31+550 a 31+700, 43+800 a 44+000, 44+300 a 44+650, 44+750 a 45+000, 72+050 a 72+700, 75+750 a 76+300
Tramos muy deslizantes	11+700 a 12+750, 13+050 a 13+550, 30+550 a 30+750, 56+700 a 56+950, 58+000 a 59+100, 74+450 a 75+050,

Tabla A3.2: Estacionamientos deslizantes identificados, sentido
Caldera – San José, Ruta Nacional 27

Regularidad	Estacionamientos
Tramos con zonas parciales deslizantes	00+750 a 01+350, 01+850 a 02+150, 04+500 a 04+800, 15+350 a 16+000, 16+400 a 16+800, 17+200 a 17+400, 17+800 a 18+250, 27+850 a 30+200, 30+500 a 31+350, 36+700 a 37+200, 38+050 a 39+050, 40+050 a 41+250, 43+050 a 44+300, 44+650 a 45+050,
Tramos deslizantes	00+050 a 00+750, 01+350 a 01+850 02+250 a 02+600, 03+650 a 03+950, 05+750 a 06+550, 06+850 a 07+650, 07+300 a 09+950 10+400 a 70+700, 11+300 a 12+000 36+150 a 36+450, 74+900 a 75+350, 75+900 a 76+100
Tramos con zonas parciales muy deslizantes	02+650 a 03+650, 06+550 a 06+850, 07+650 a 08+250, 39+200 a 39+750
Tramos muy deslizantes	

A continuación, se muestran las figuras con los resultados de la evaluación utilizando el Medidor del Coeficiente de Rozamiento del LanammeUCR, para ambos sentidos de la Ruta Nacional 27.

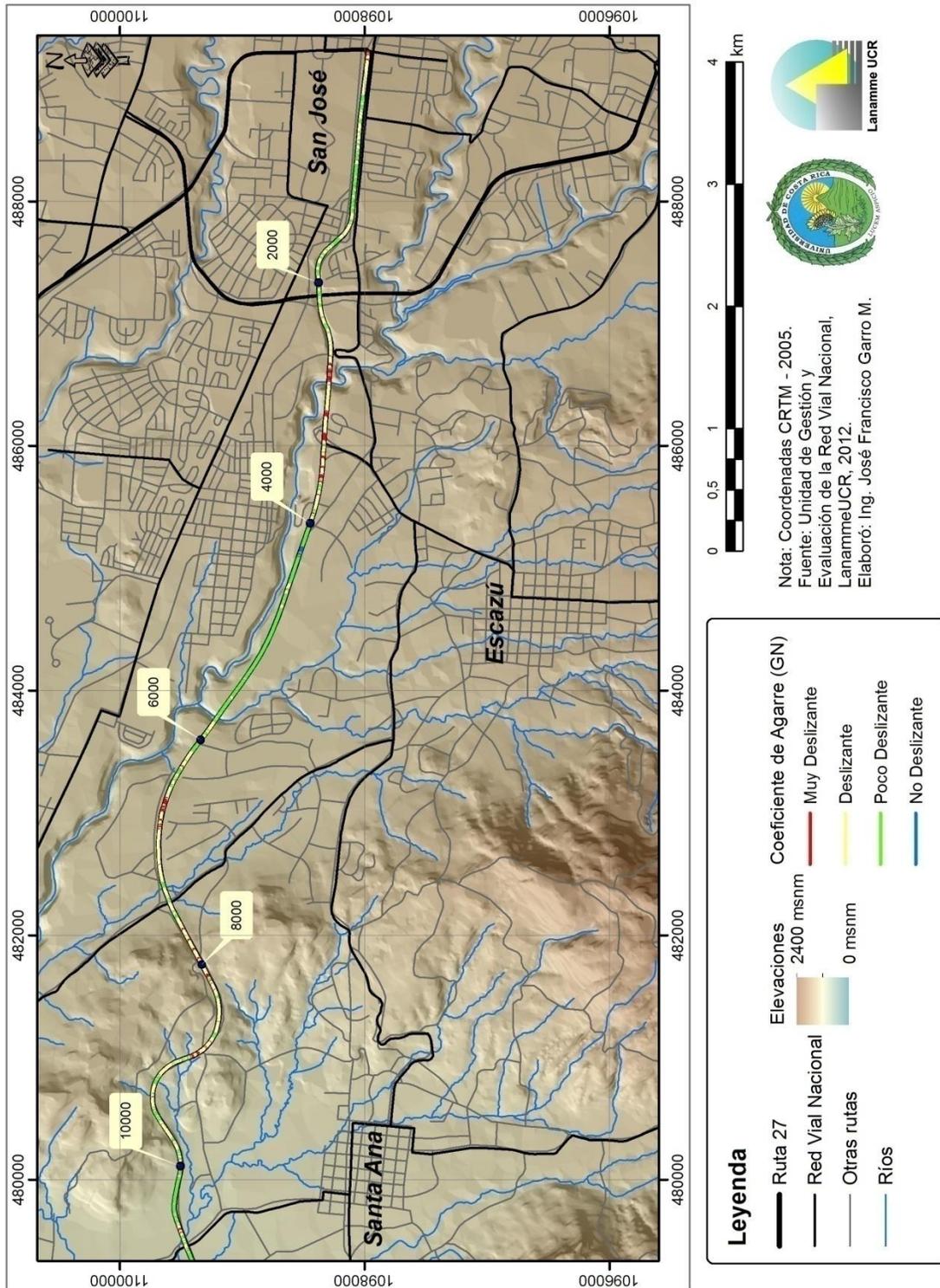


Figura A3.1: Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera

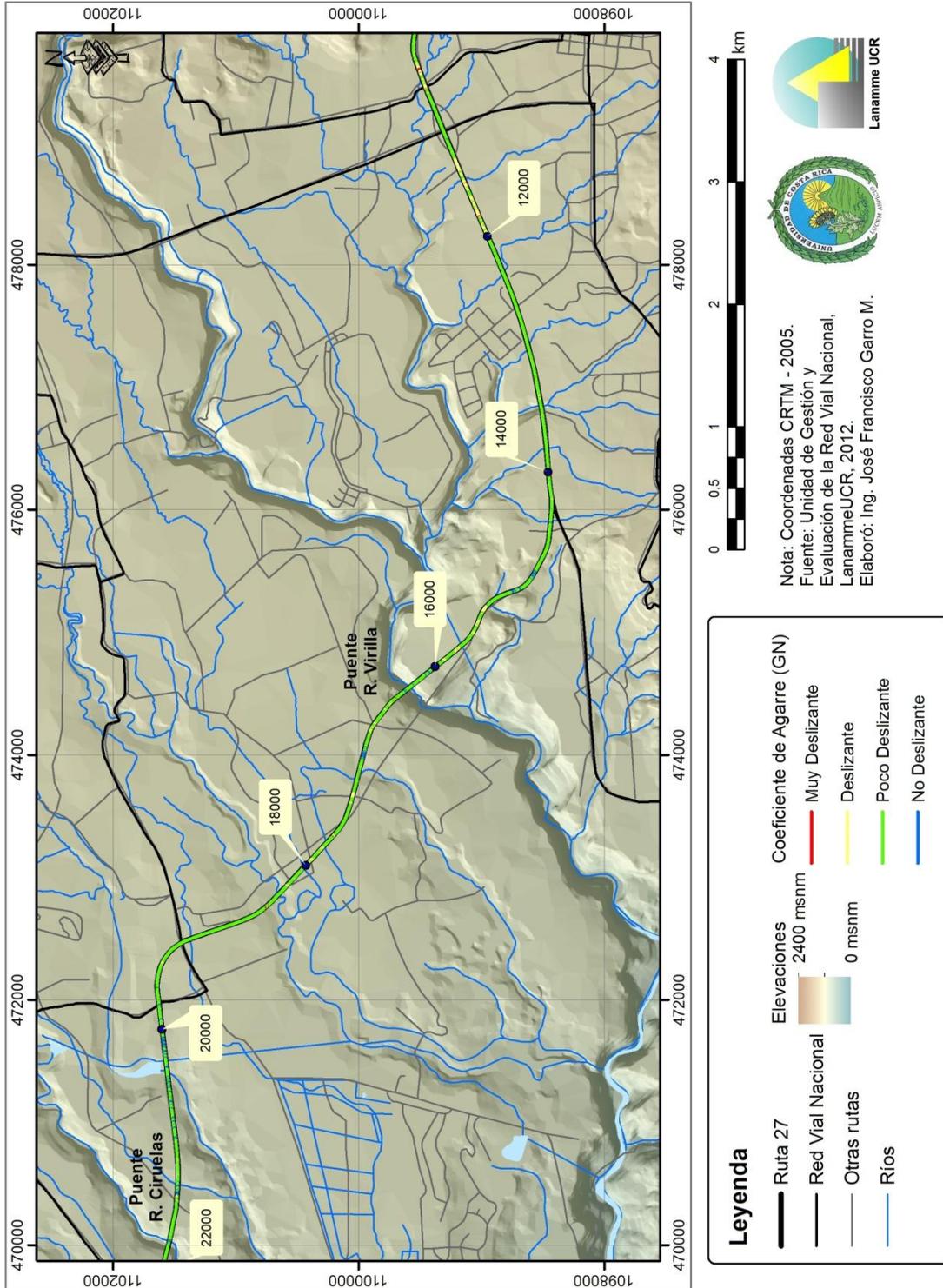


Figura A3.2: Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera

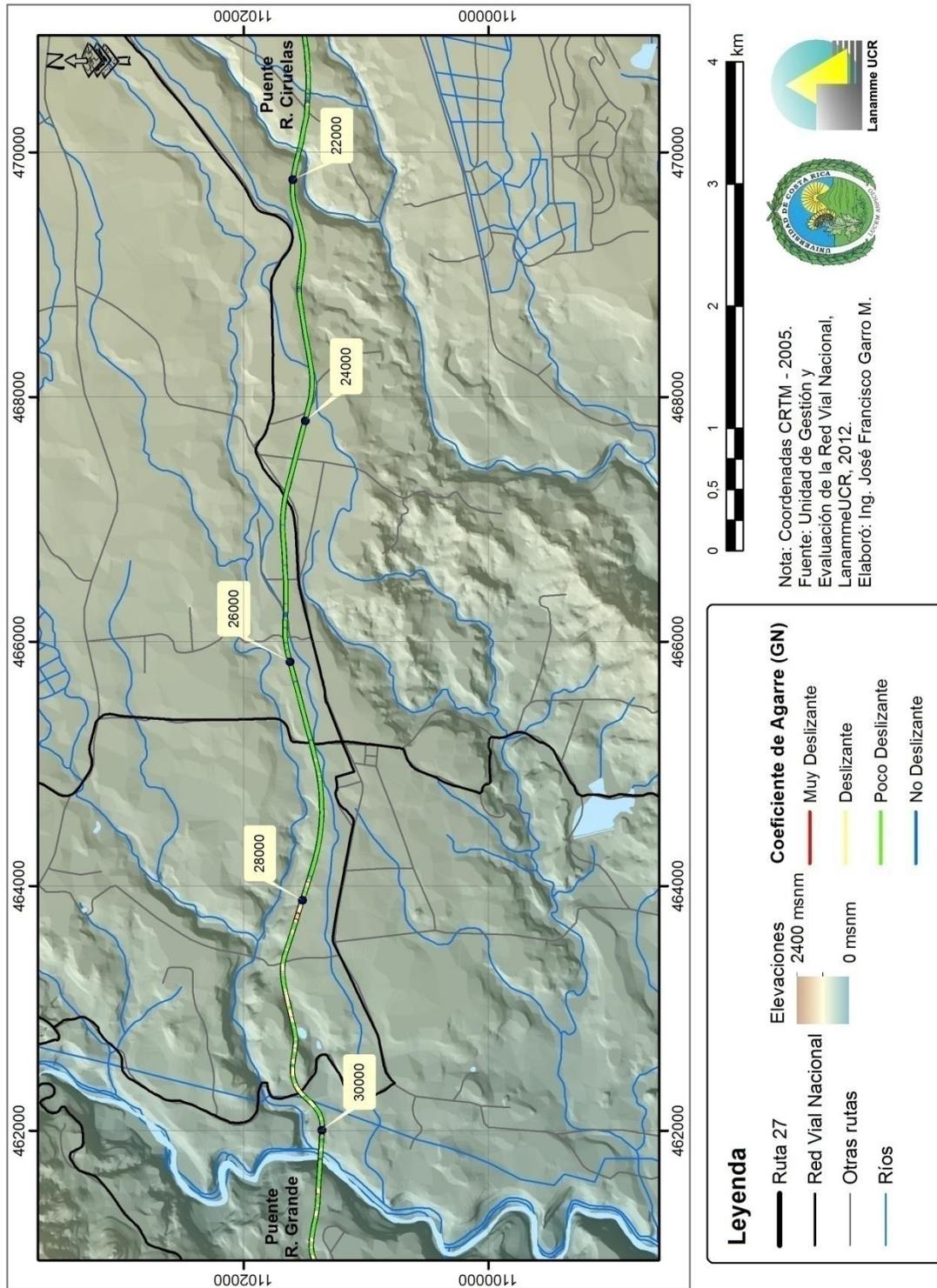


Figura A3.3: Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera

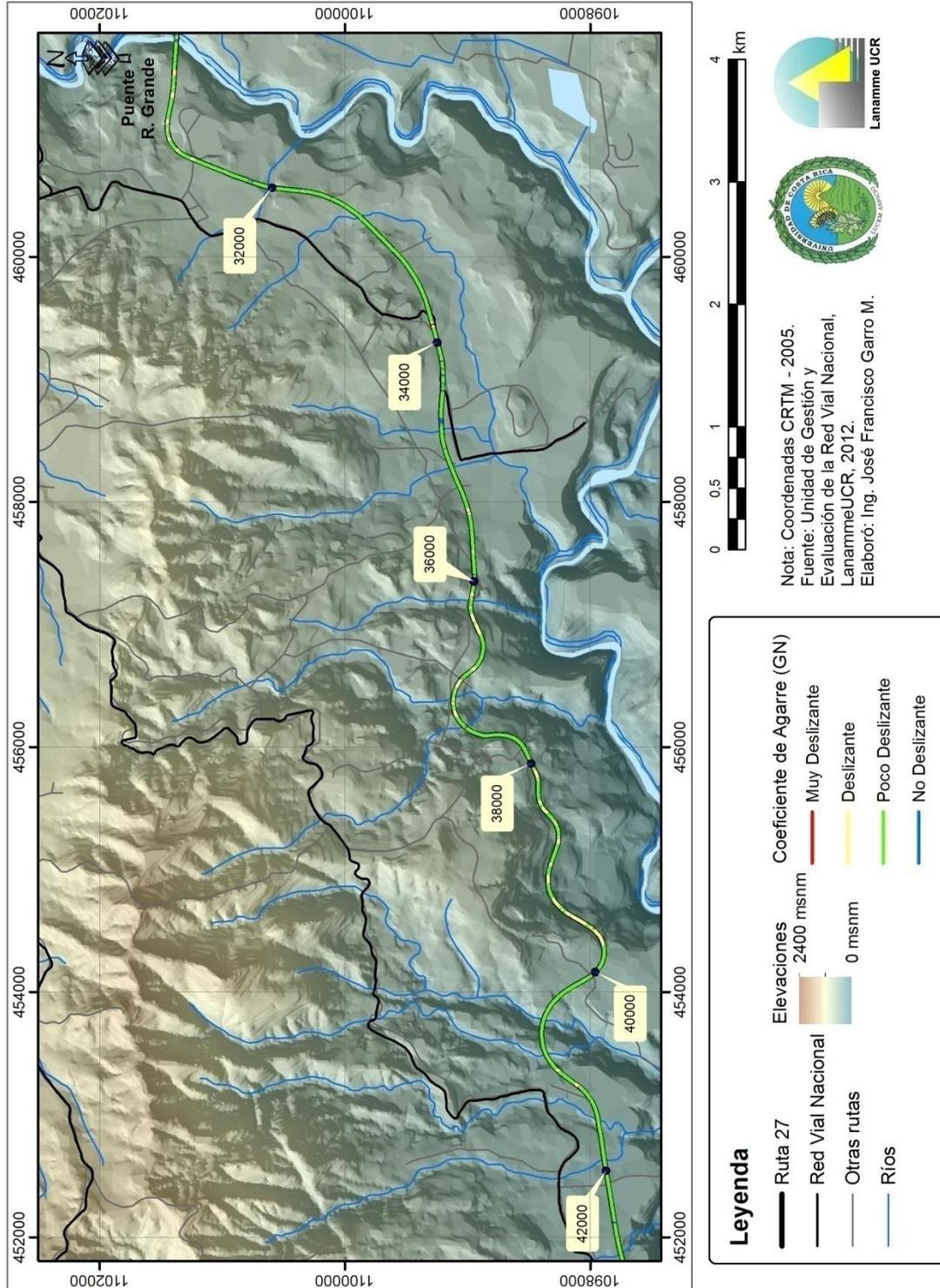


Figura A3.4: Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera

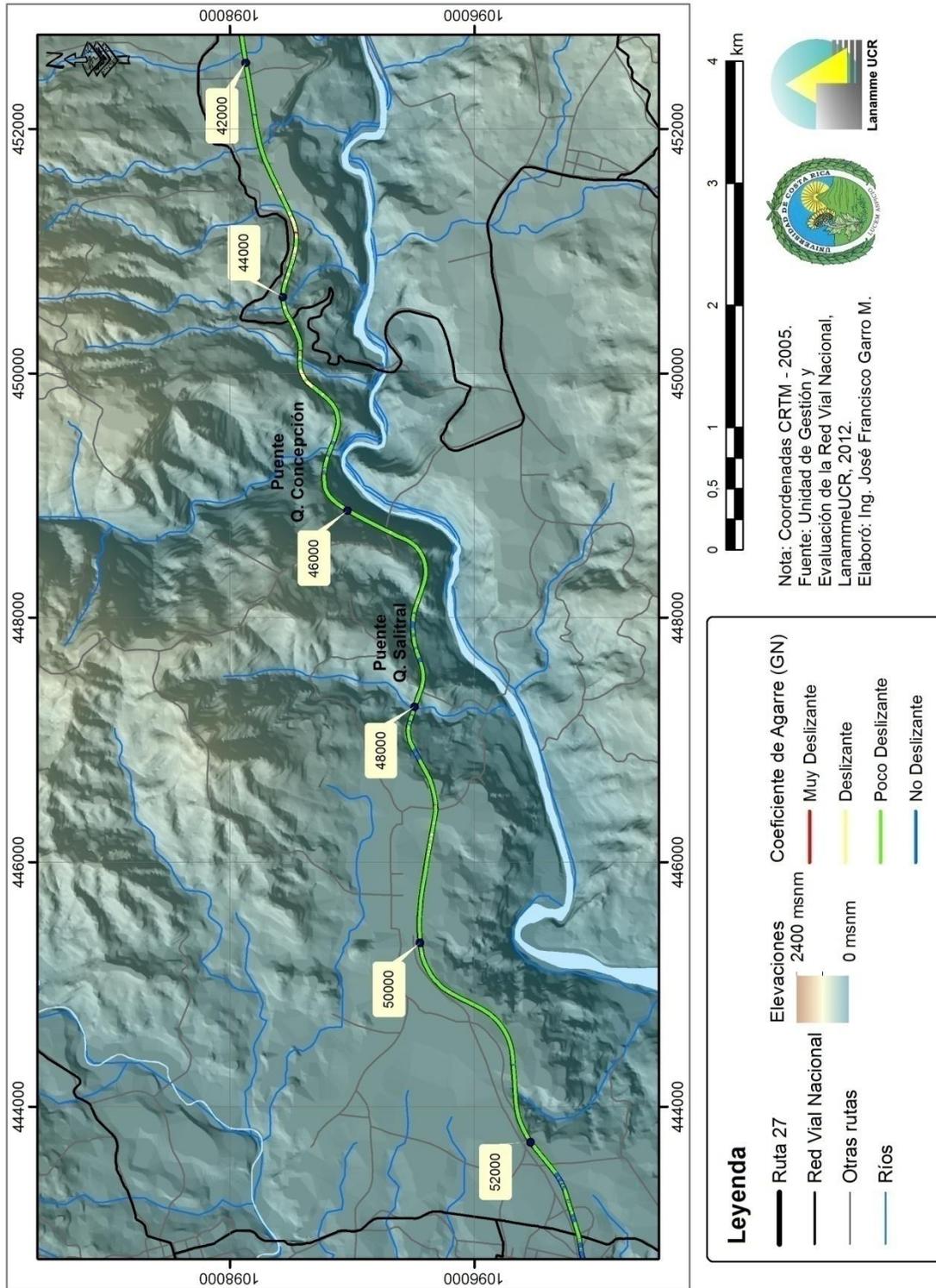


Figura A3.5: Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera

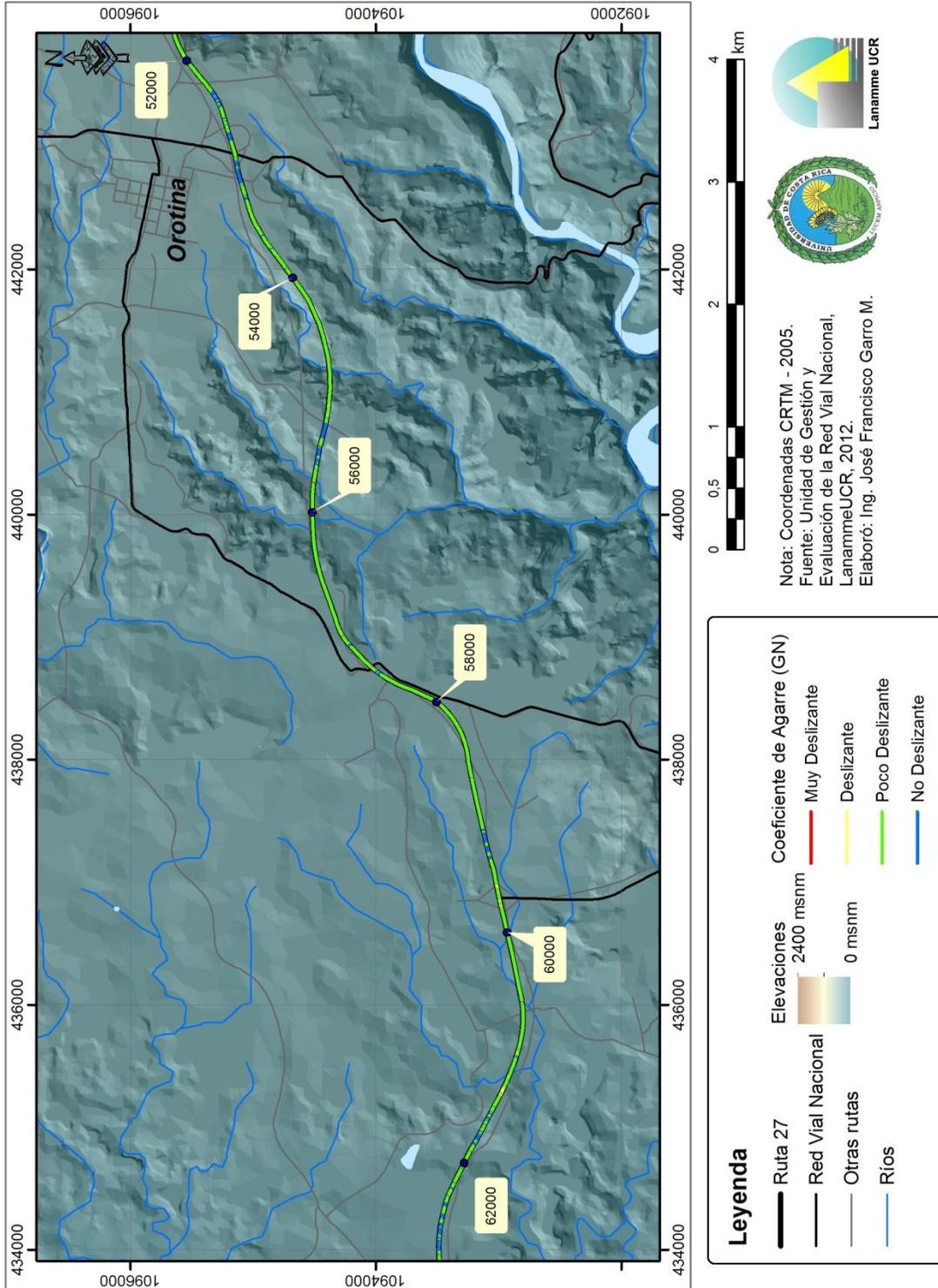


Figura A3.6: Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera

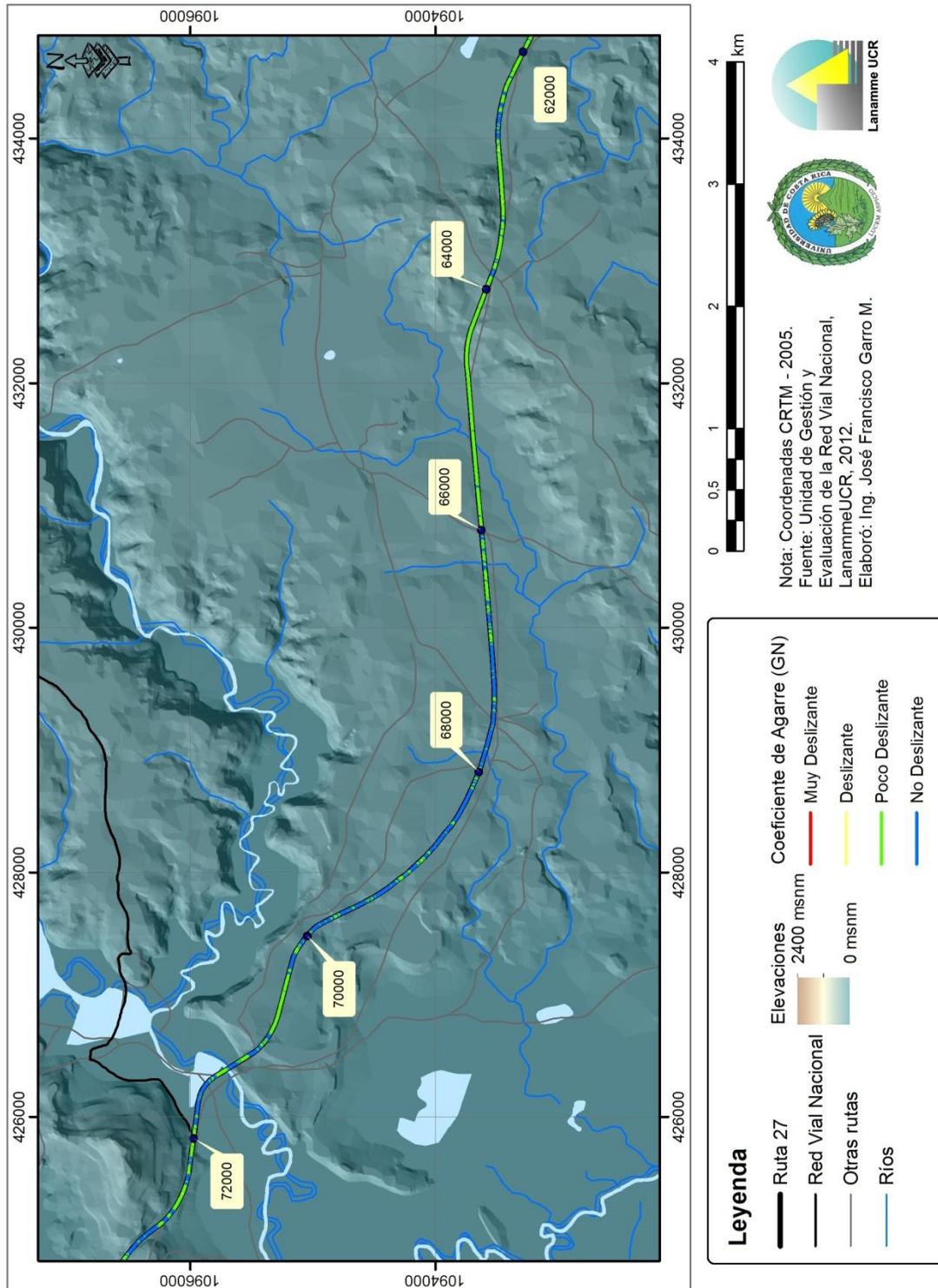


Figura A3.7: Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera

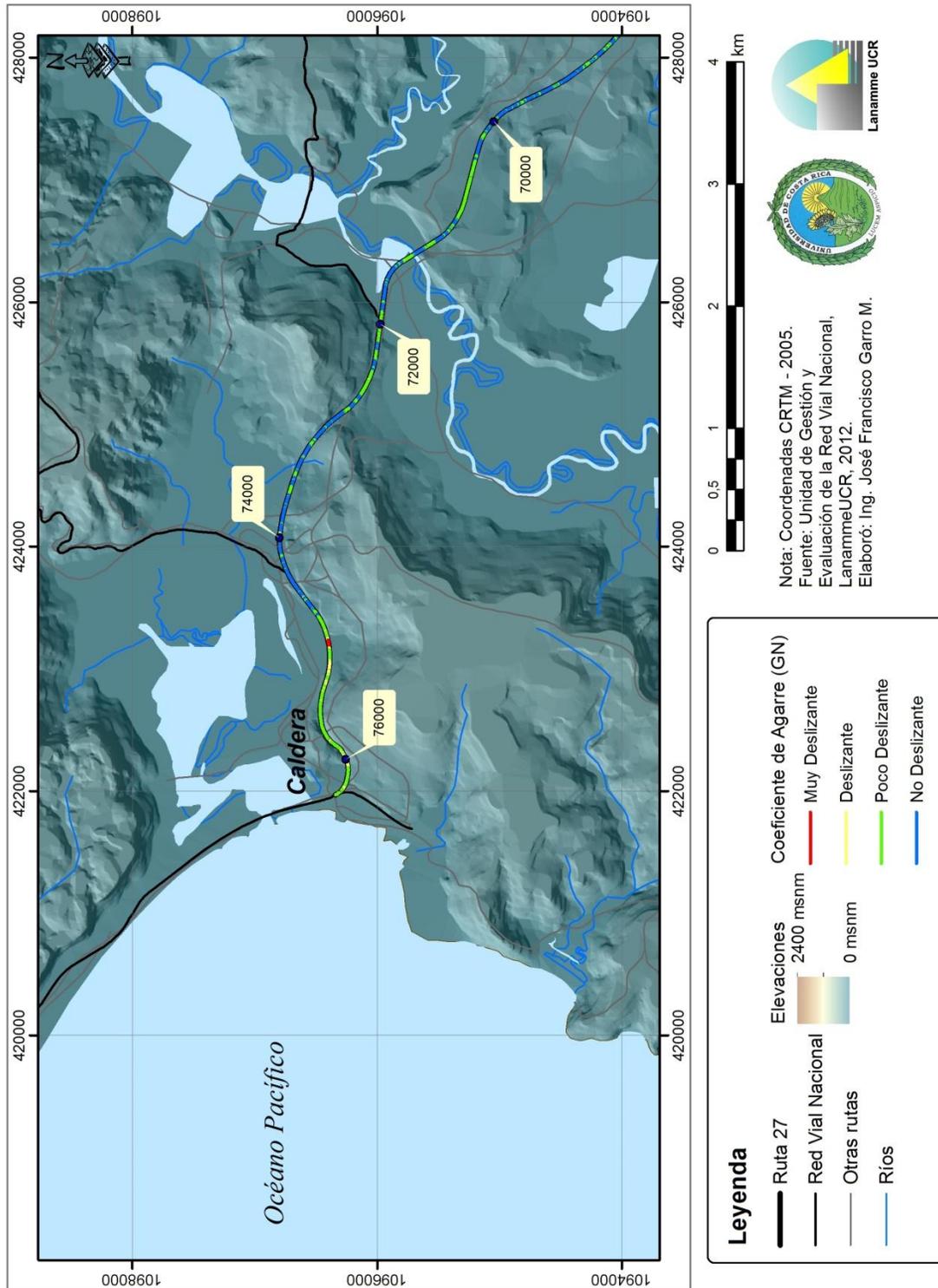


Figura A3.8: Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera

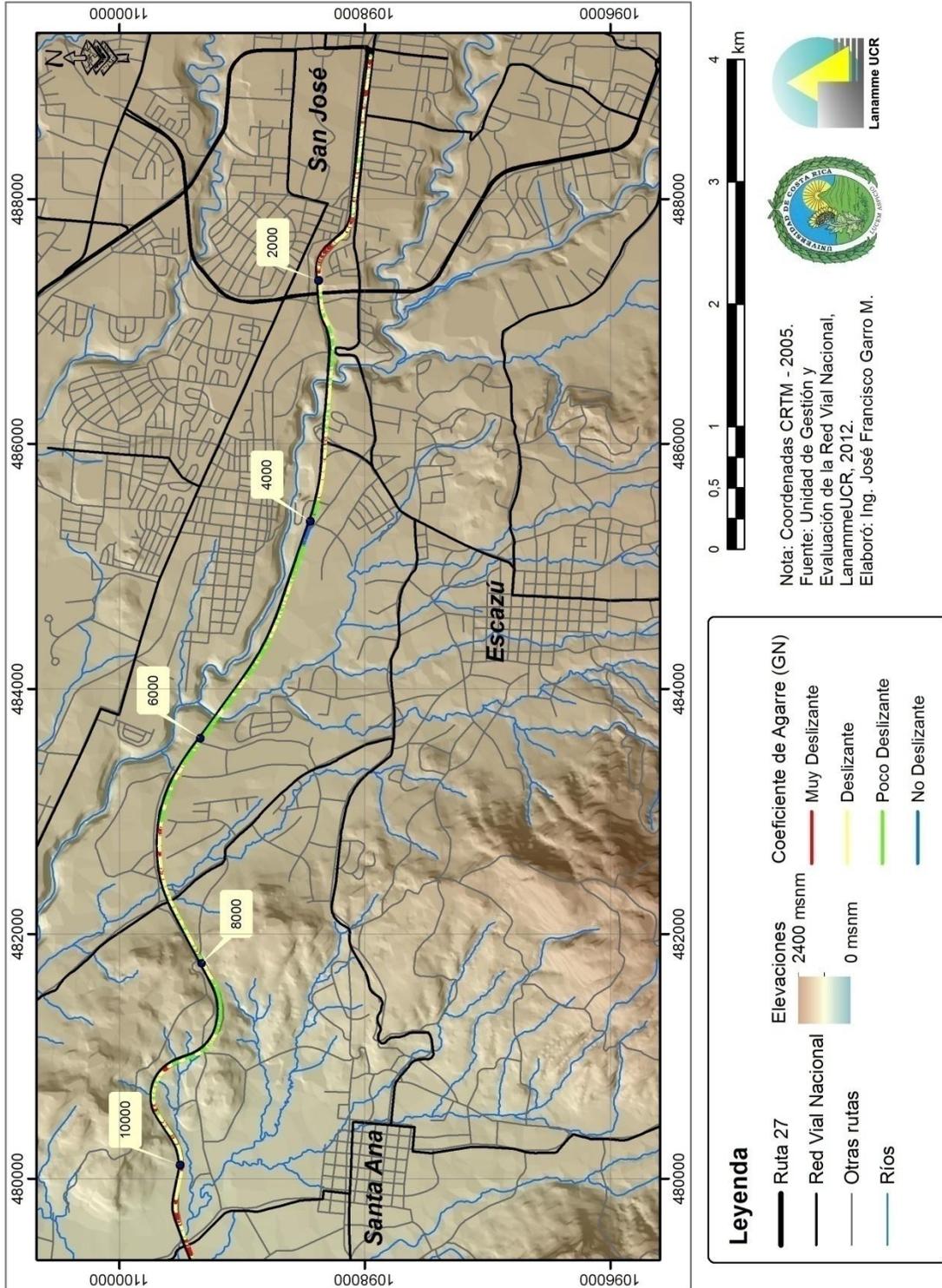


Figura A3.9: Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José

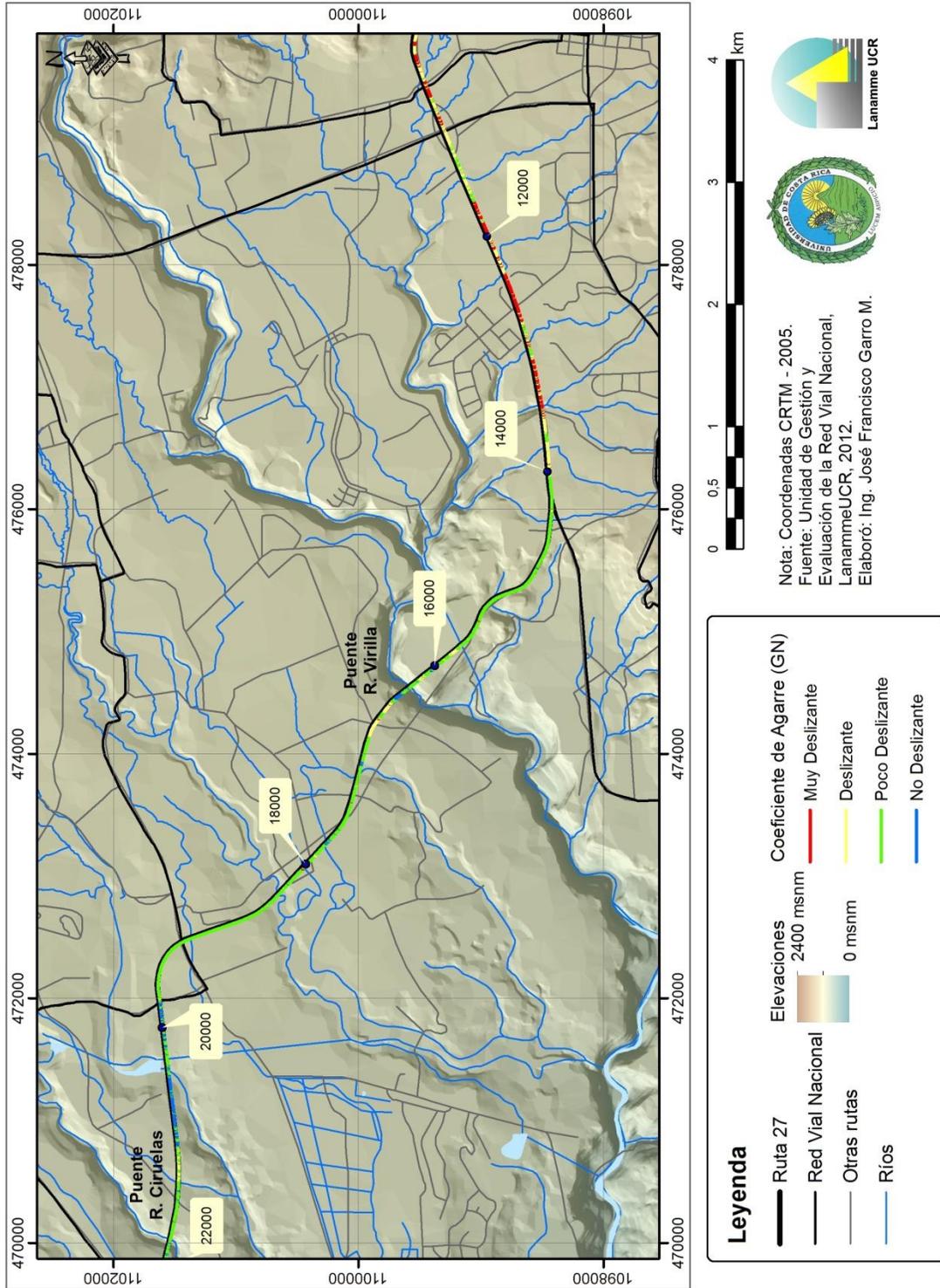


Figura A3.10: Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José

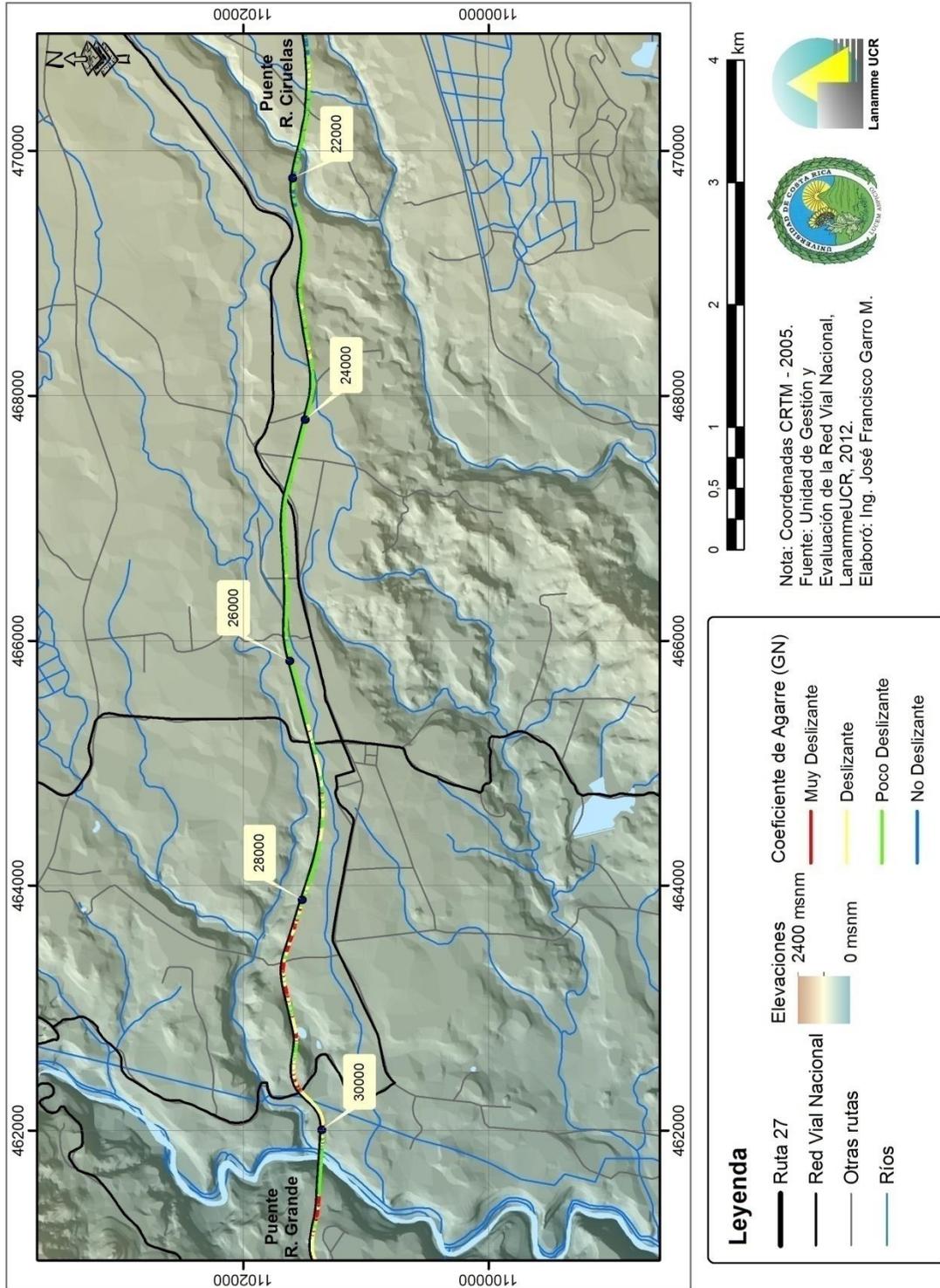


Figura A3.11: Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José

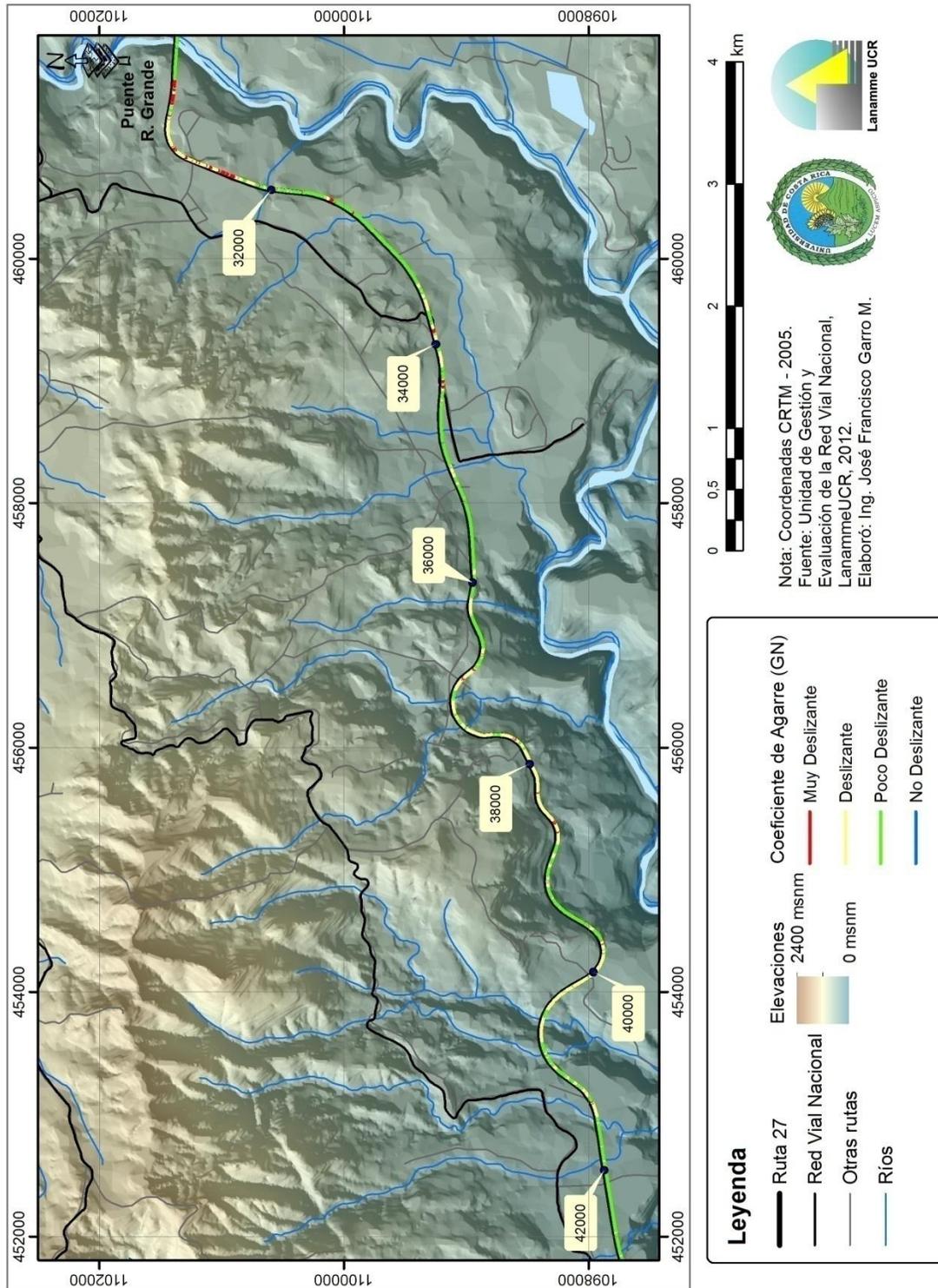


Figura A3.12: Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José

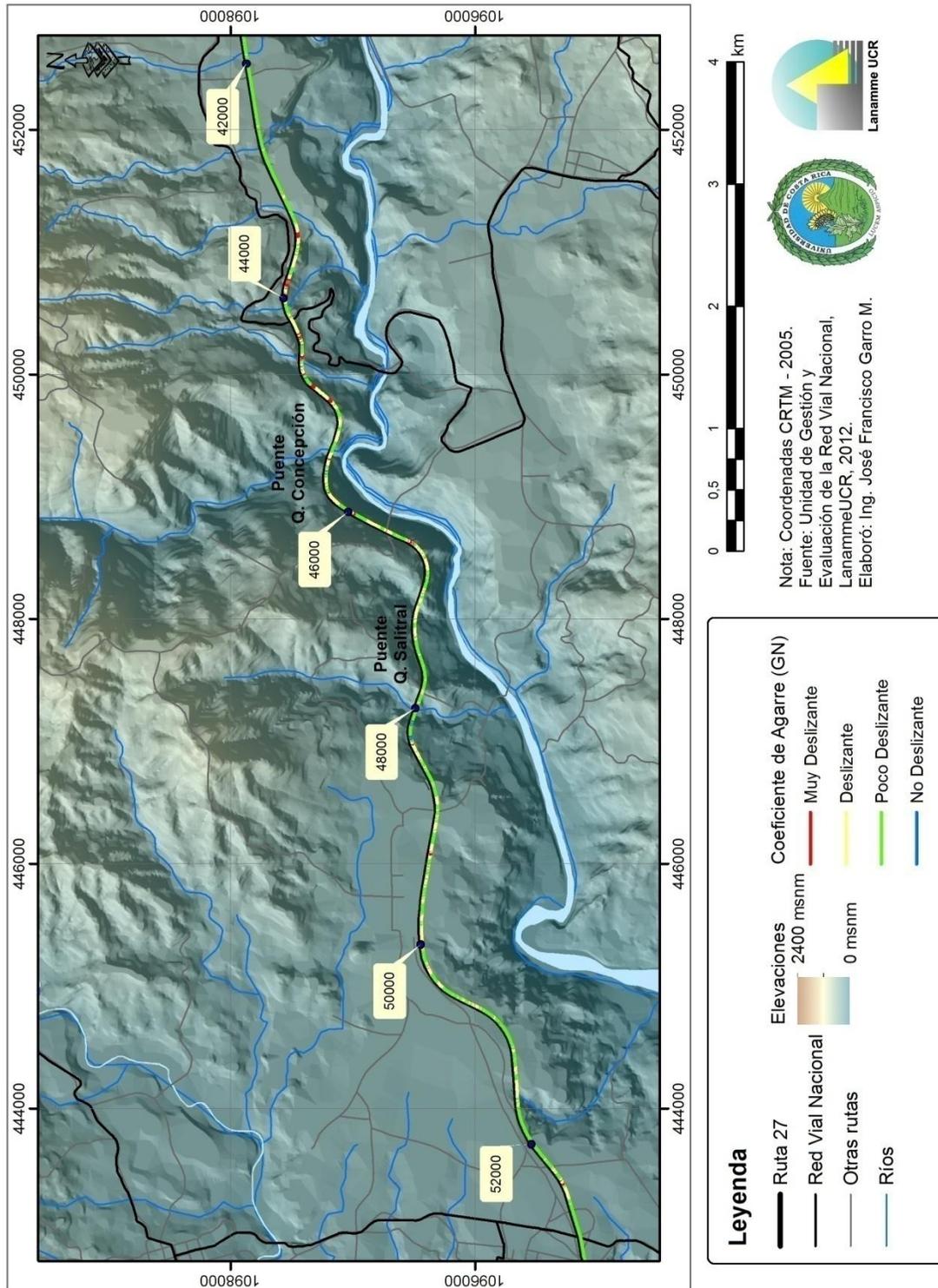


Figura A3.13: Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José

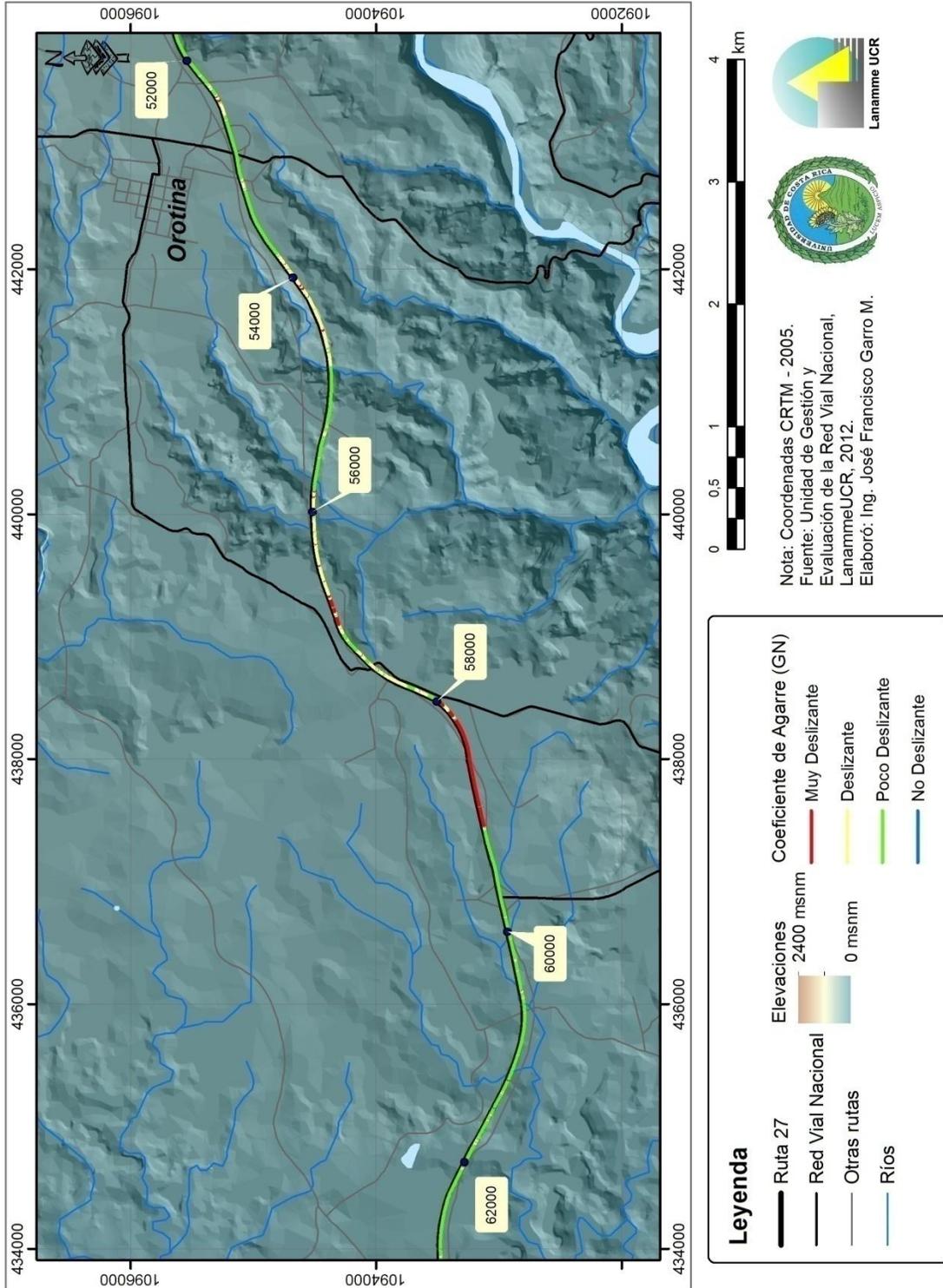


Figura A3.14: Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José

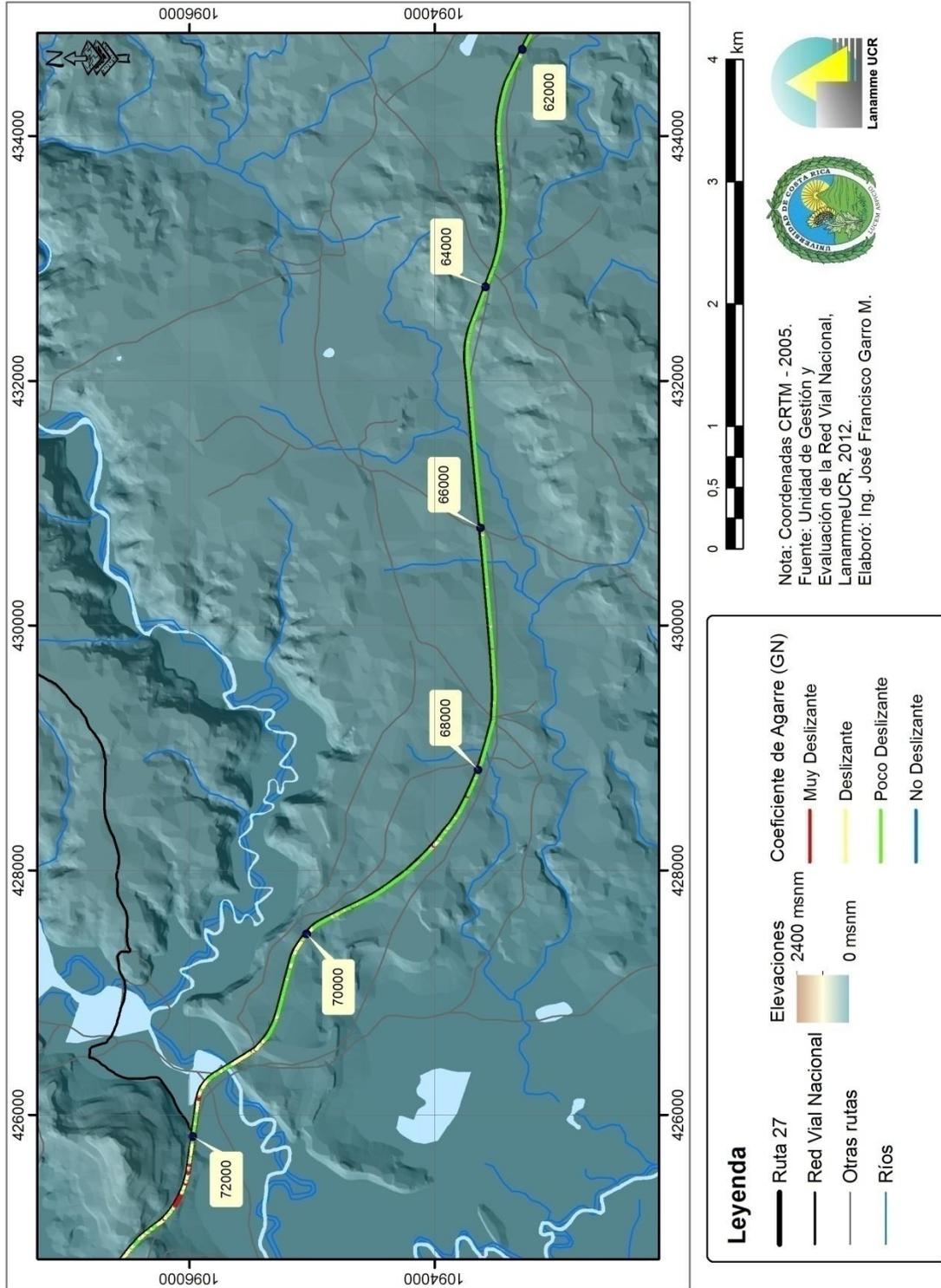


Figura A3.15: Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José

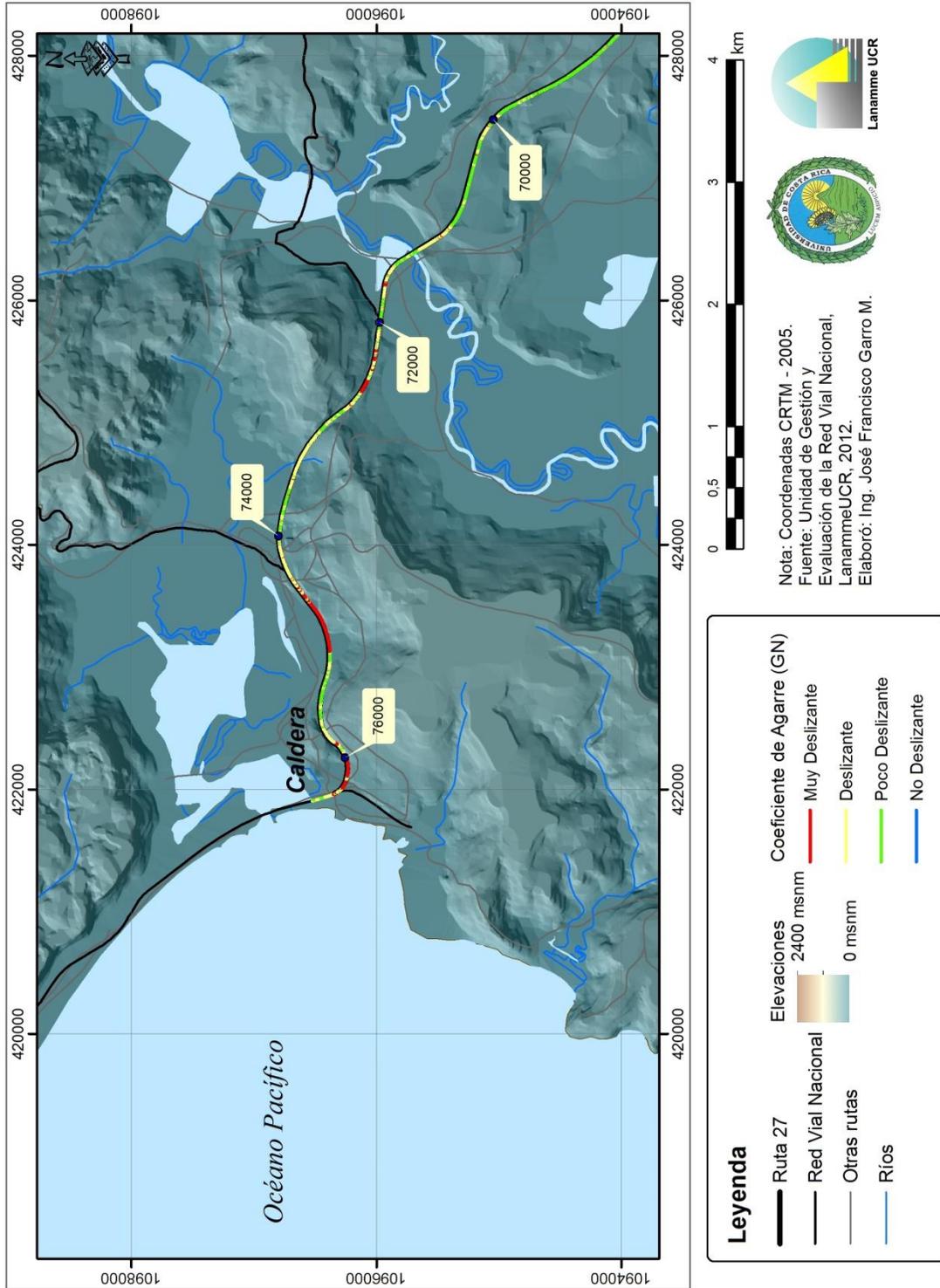


Figura A3.16: Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José



Anexo IV
Mapas obtenidos
Retroreflectómetro Láser

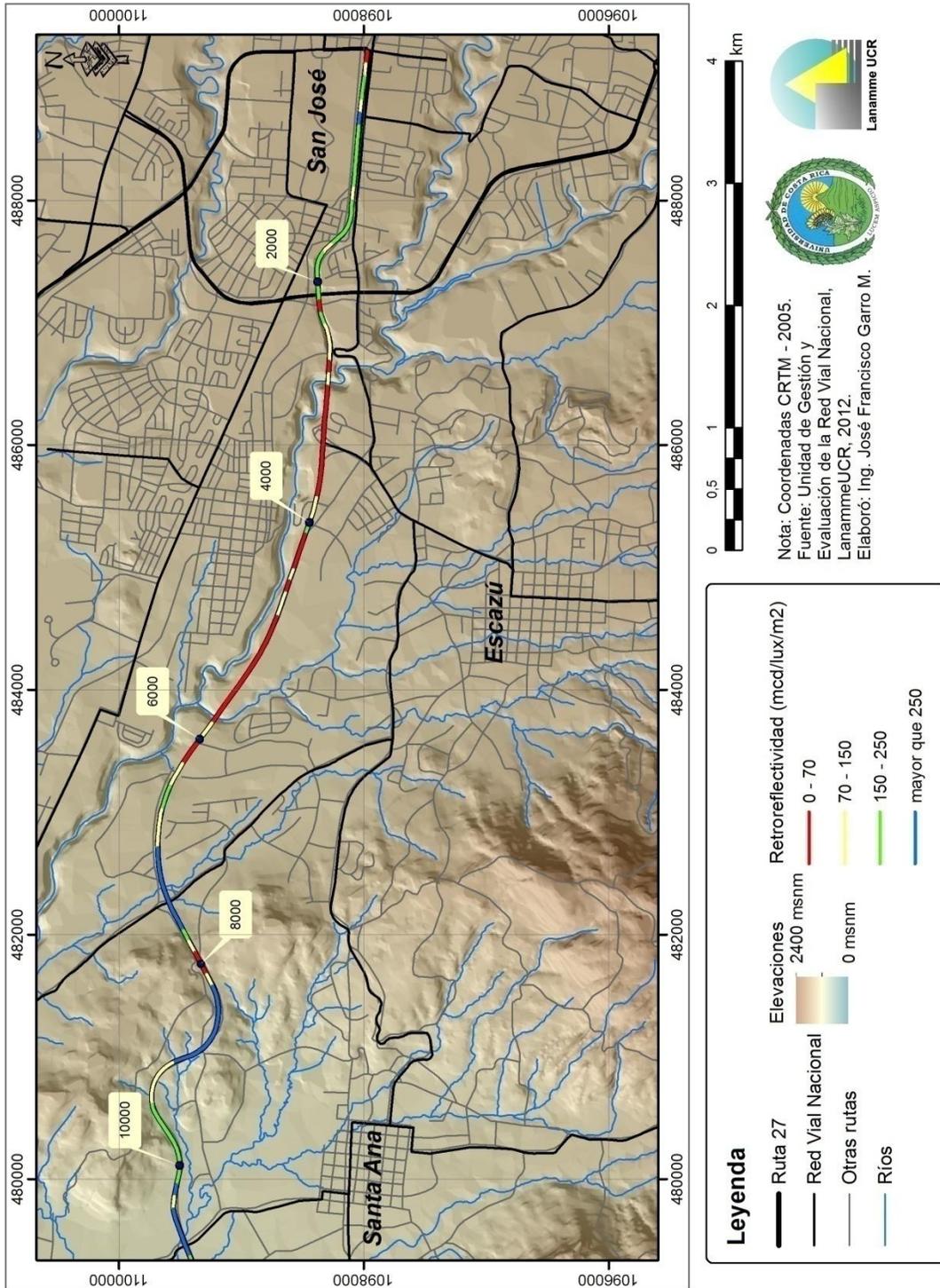


Figura A4.1: Condición de retroreflectometría, línea de centro, Ruta Nacional 27

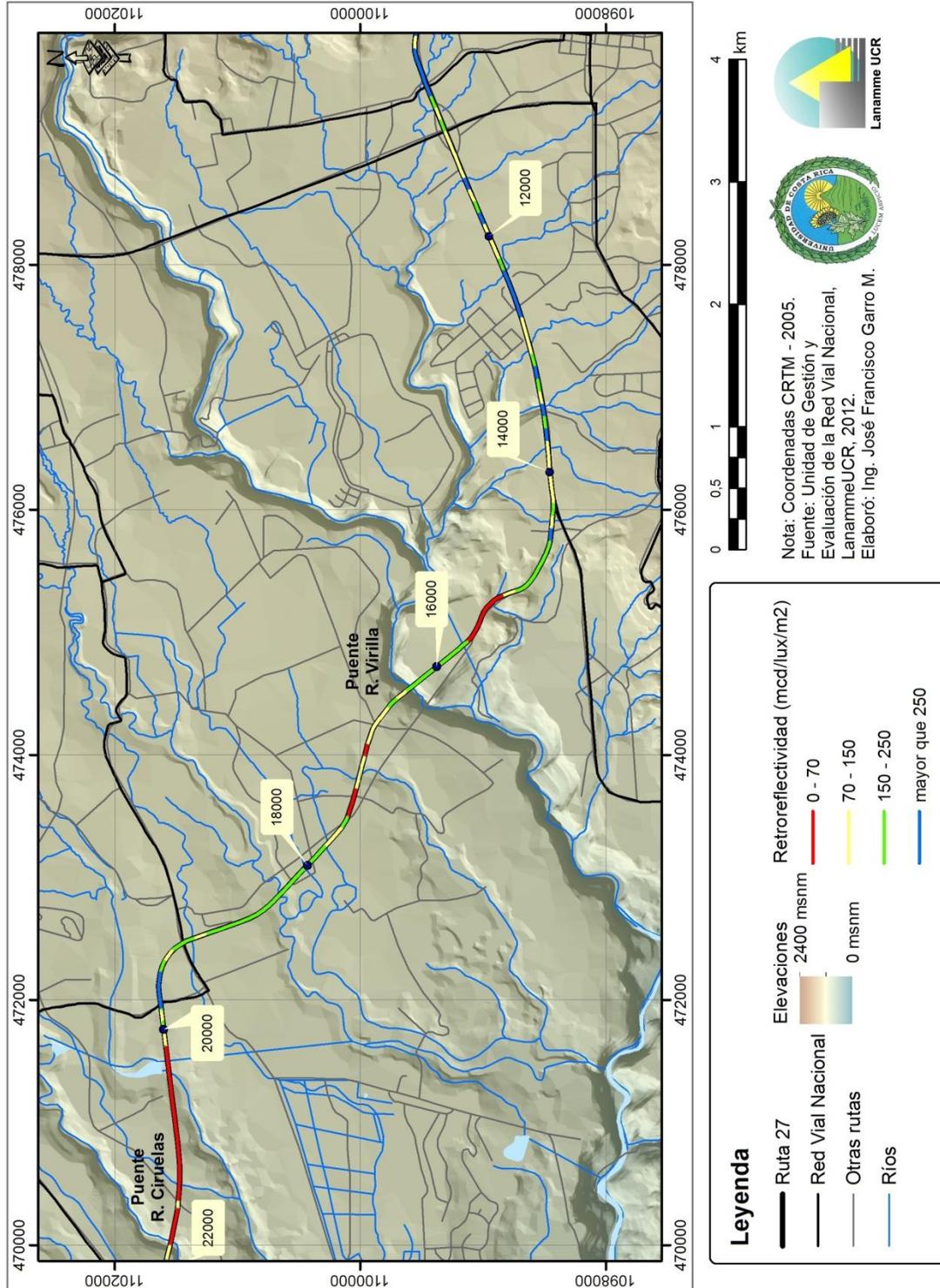


Figura A4.2: Condición de retroreflectometría, línea de centro, Ruta Nacional 27

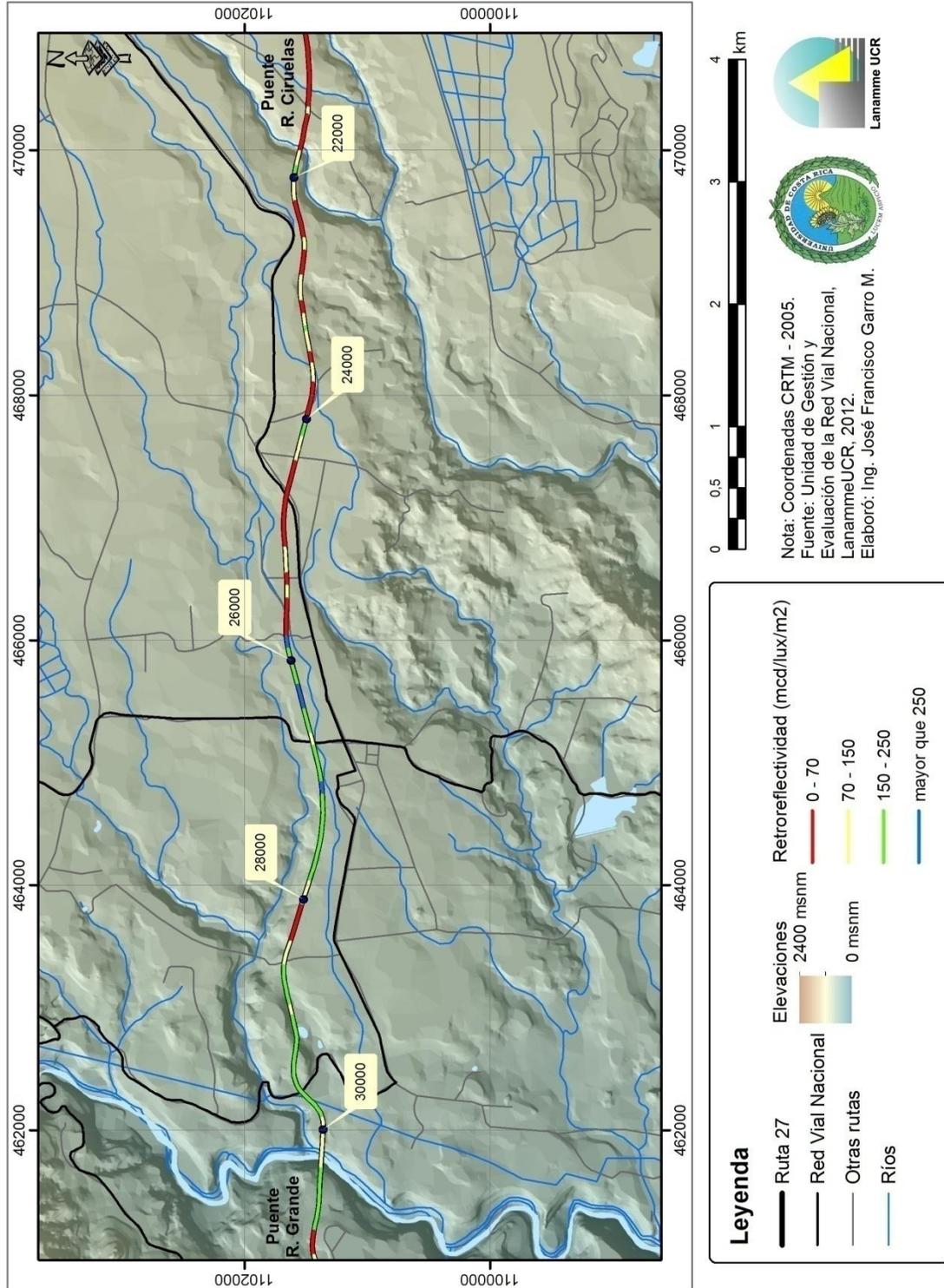


Figura A4.3: Condición de retroreflectometría, línea de centro, Ruta Nacional 27

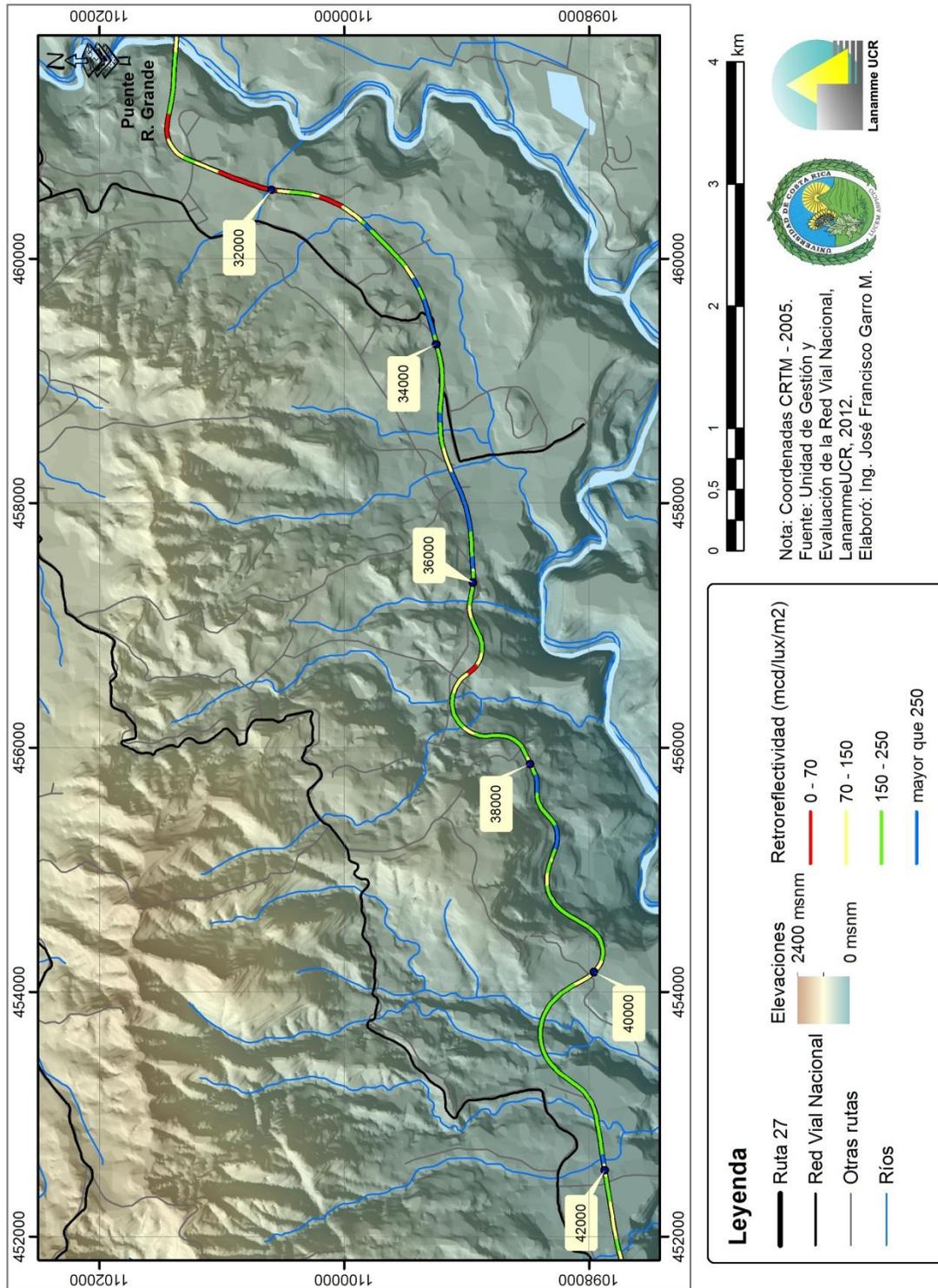


Figura A4.4: Condición de retroreflectometría, línea de centro, Ruta Nacional 27

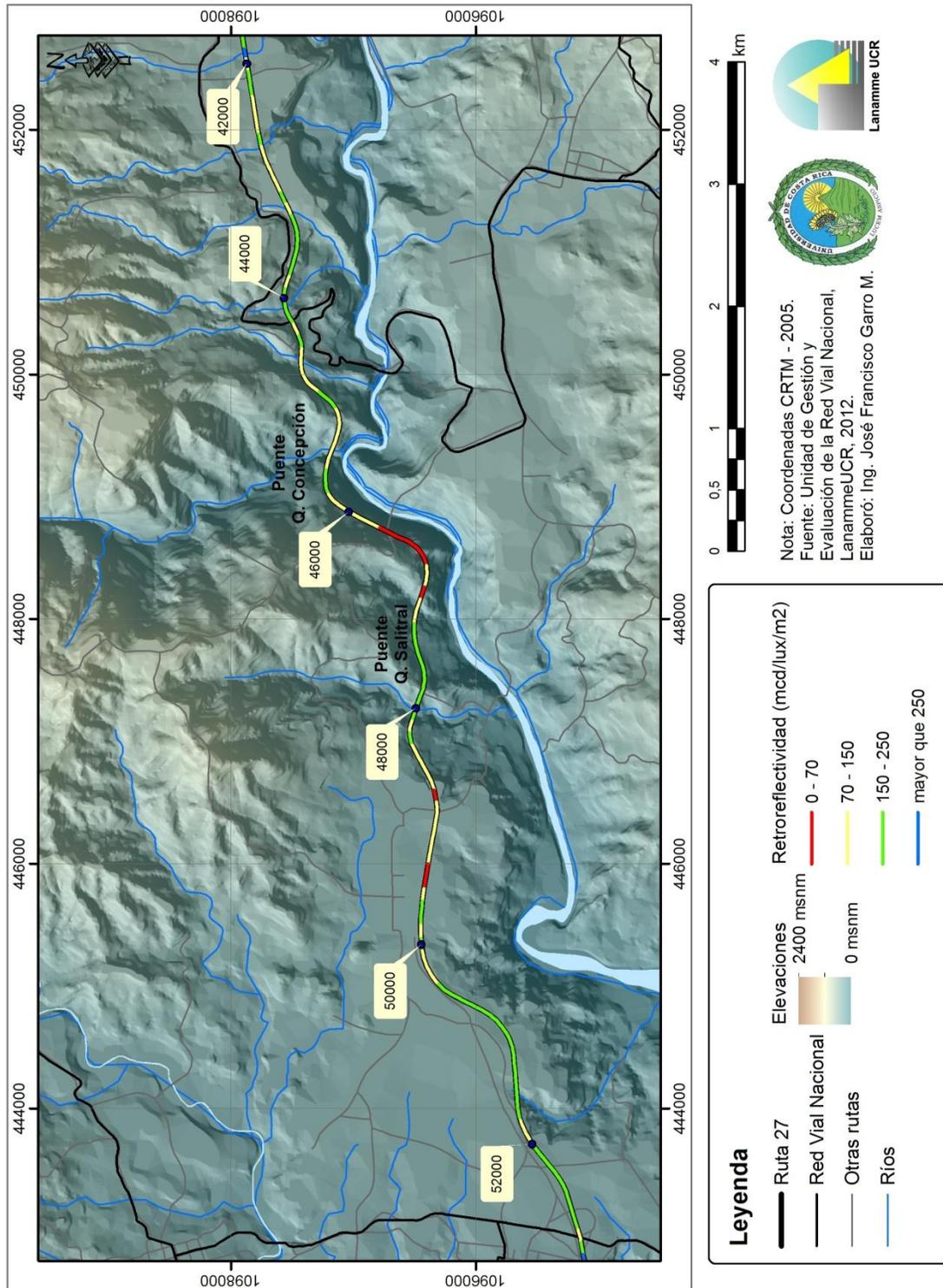


Figura A4.5: Condición de retroreflectometría, línea de centro, Ruta Nacional 27

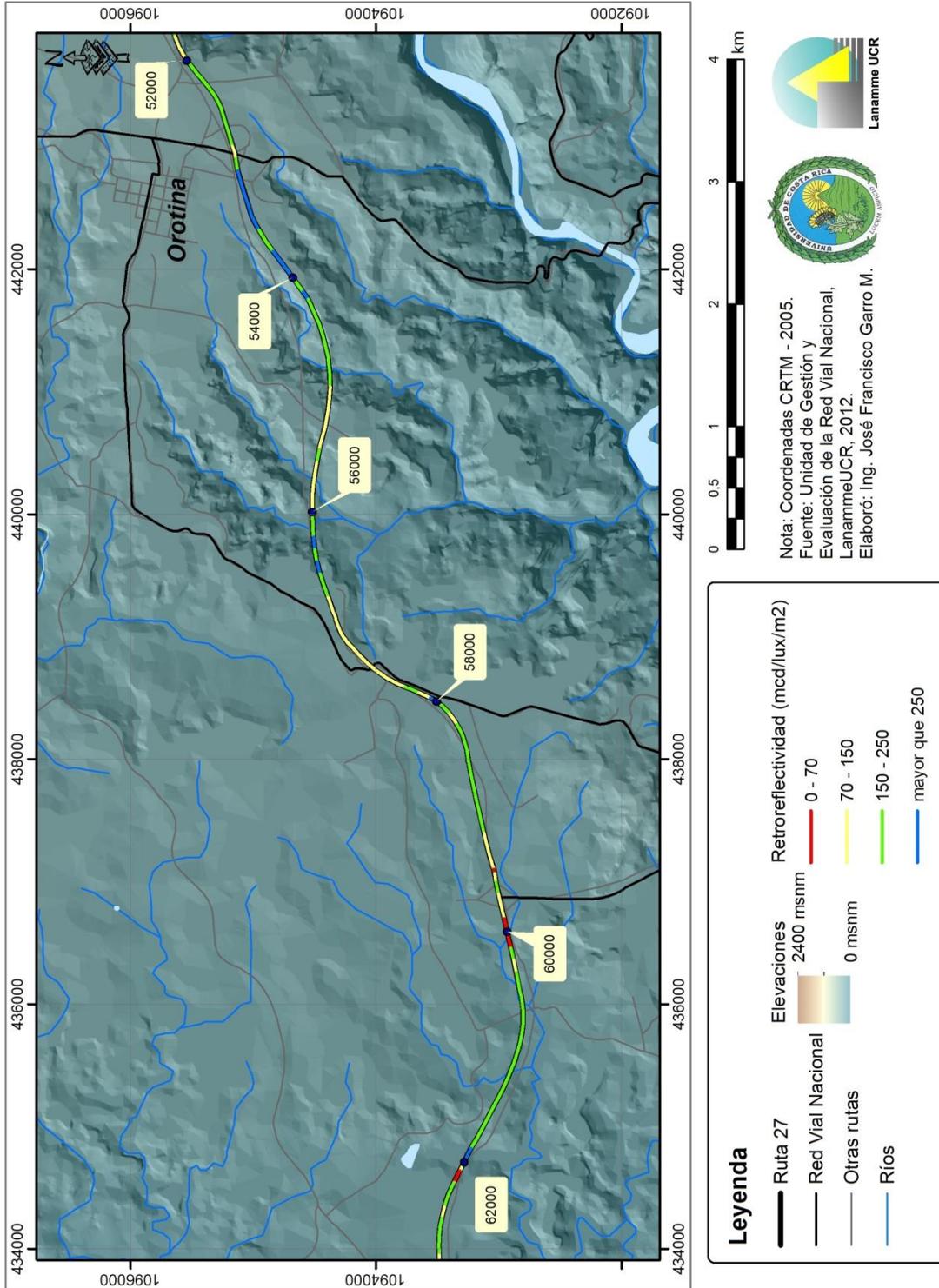


Figura A4.6: Condición de retroreflectometría, línea de centro, Ruta Nacional 27

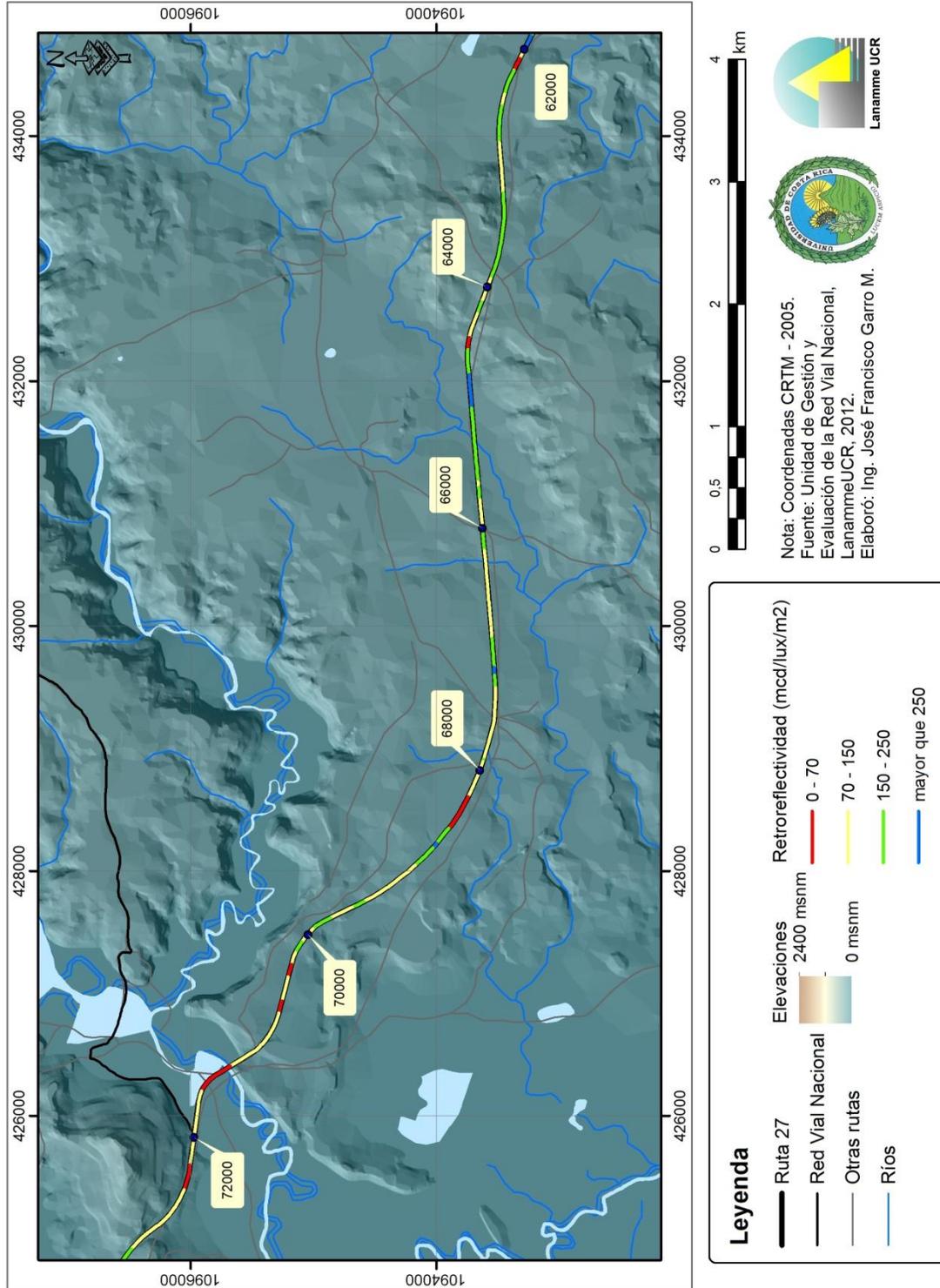


Figura A4.7: Condición de retroreflectometría, línea de centro, Ruta Nacional 27

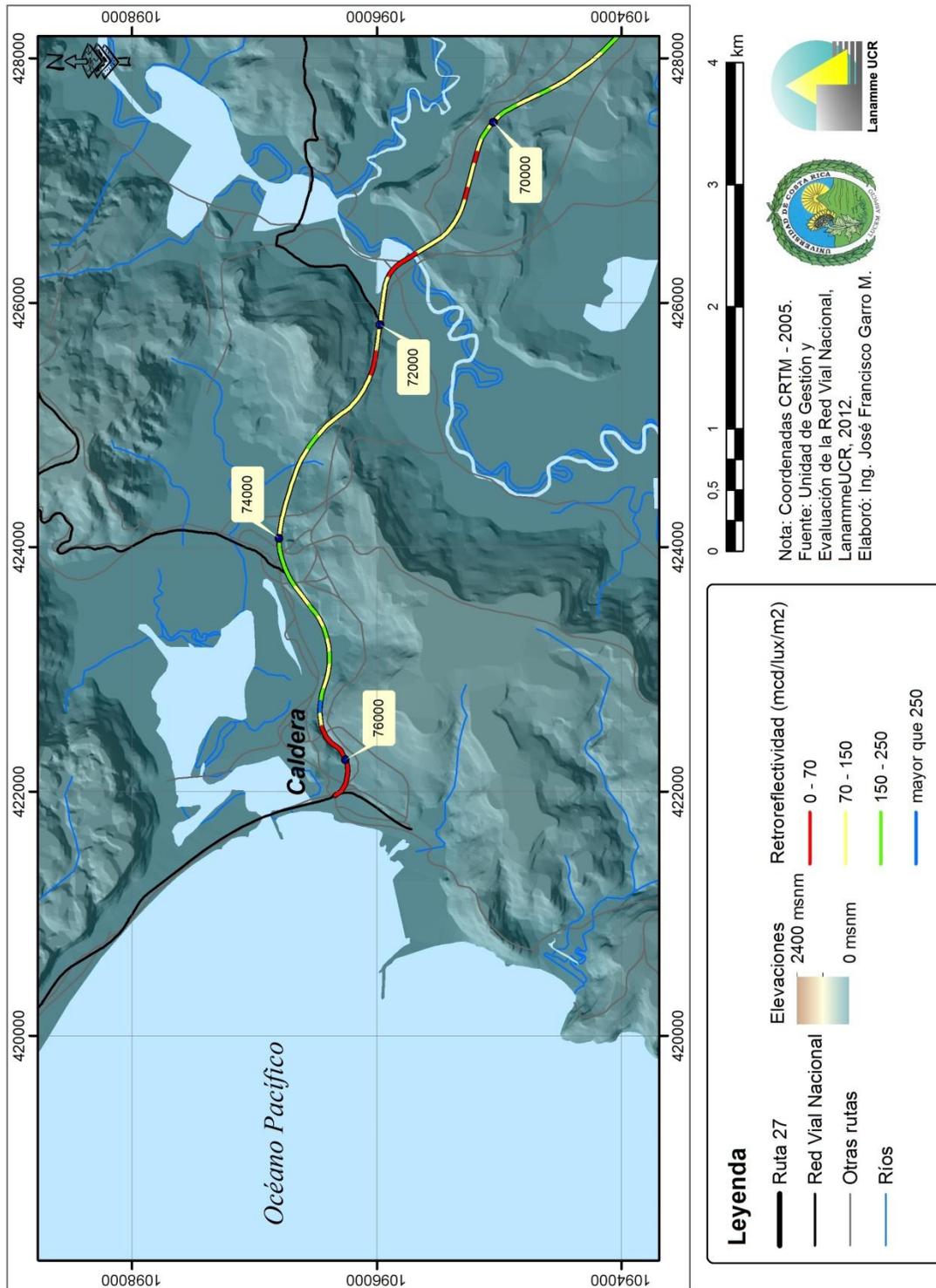


Figura A4.8: Condición de retroreflectometría, línea de centro, Ruta Nacional 27

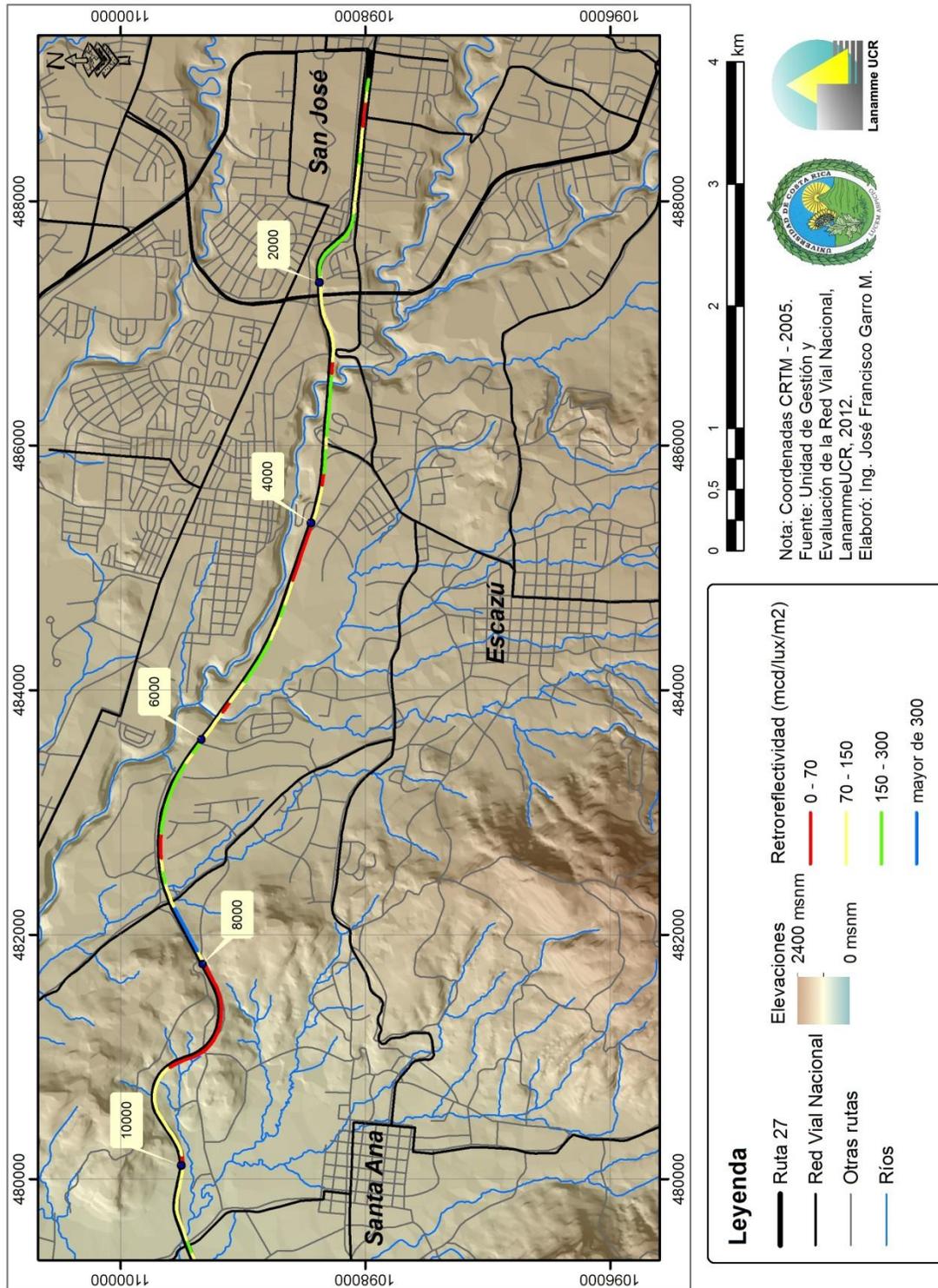


Figura A4.9: Condición de retroreflectometría, línea de borde, Ruta Nacional 27

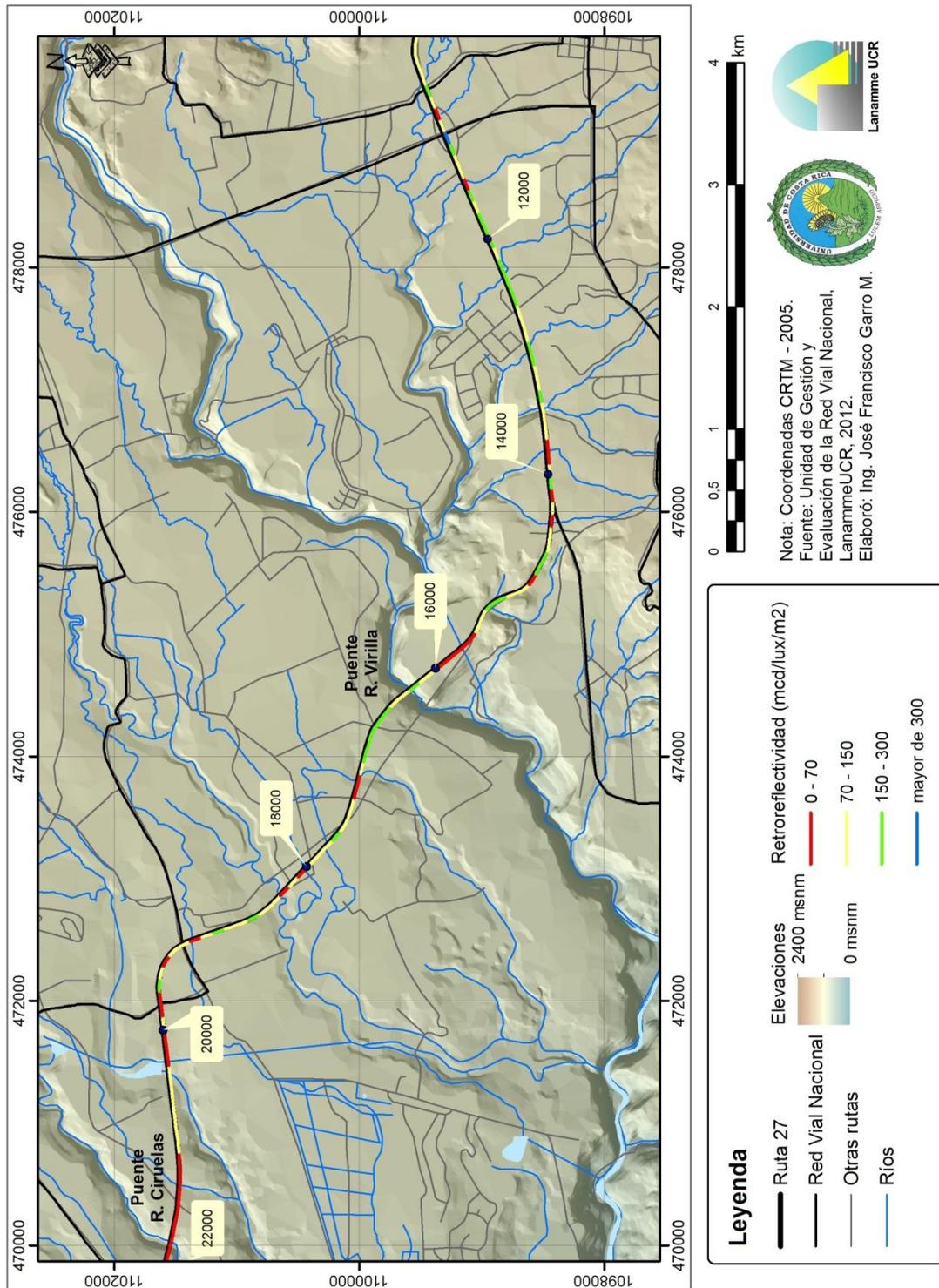


Figura A4.10: Condición de retroreflectometría, línea de borde, Ruta Nacional 27

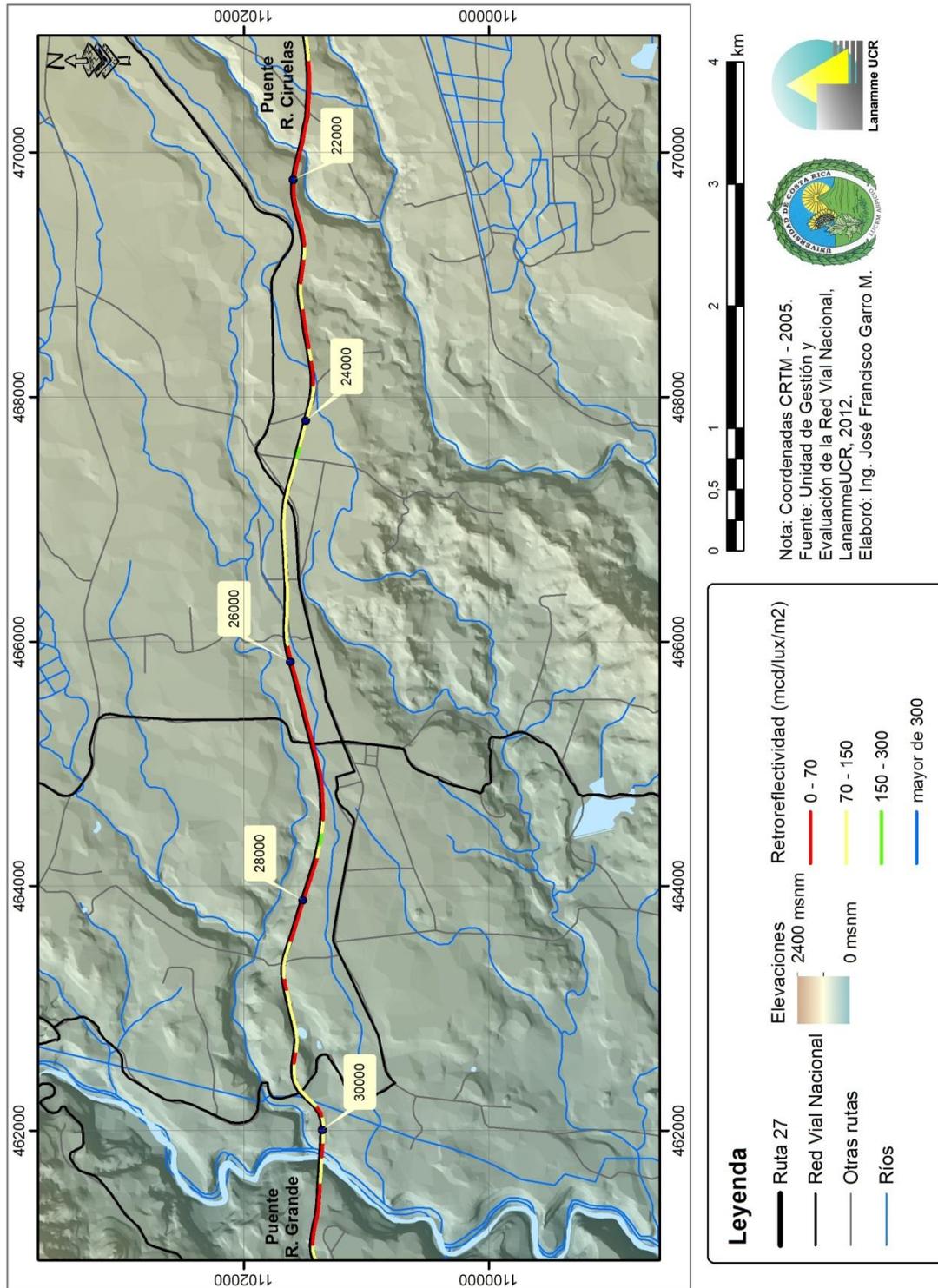


Figura A4.11: Condición de retroreflectometría, línea de borde, Ruta Nacional 27

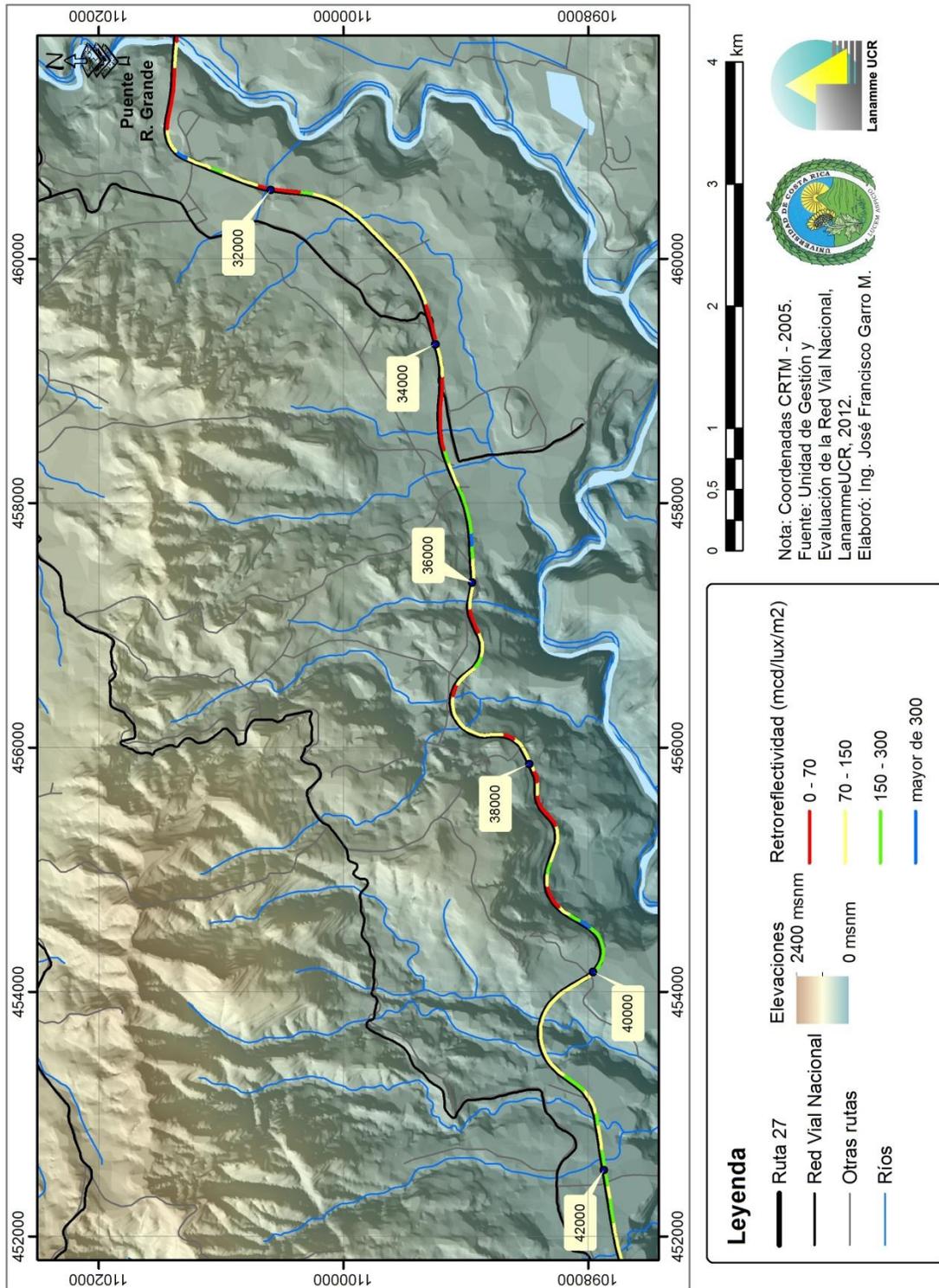


Figura A4.12: Condición de retroreflectometría, línea de borde, Ruta Nacional 27

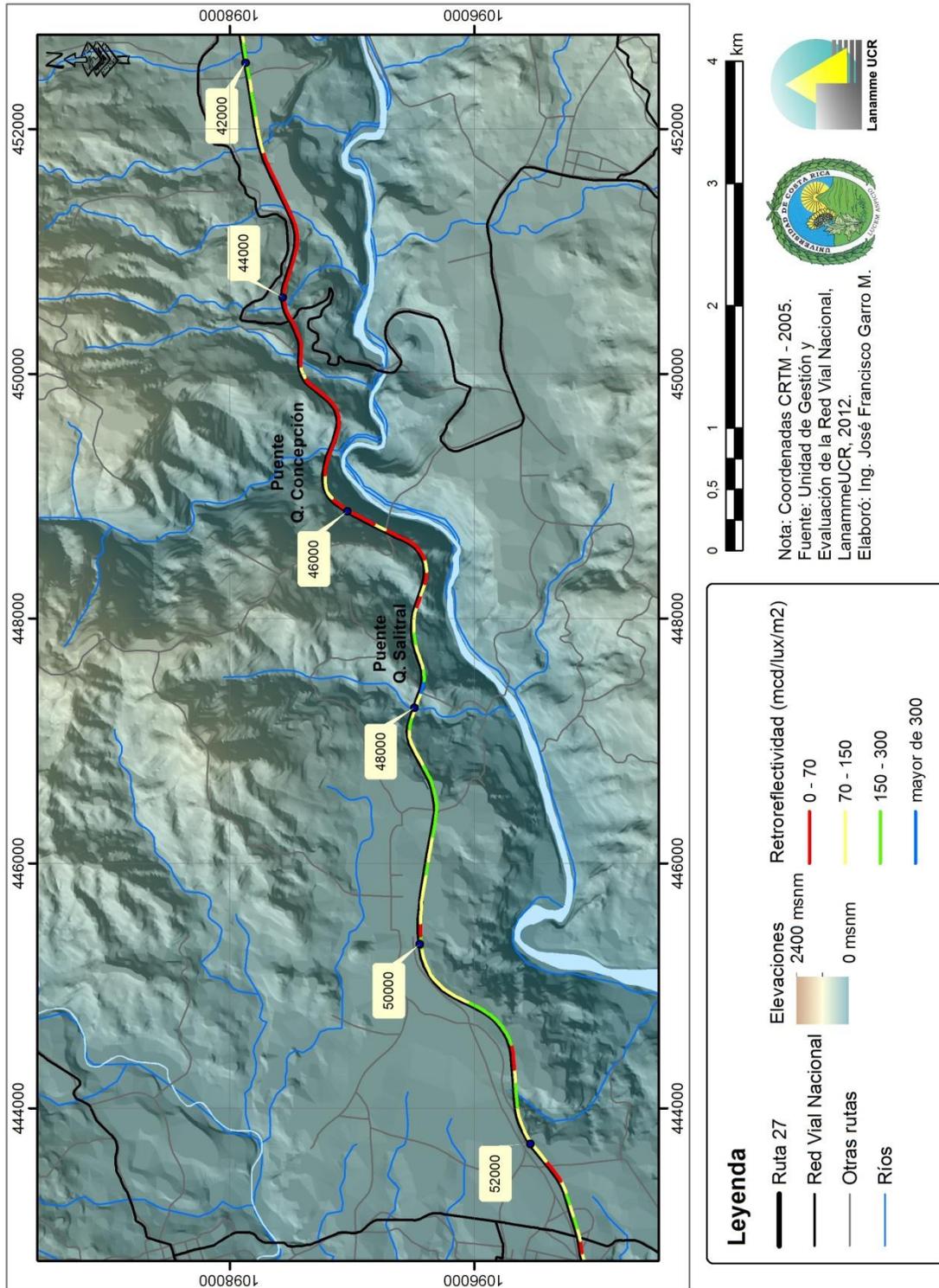


Figura A4.13: Condición de retroreflectometría, línea de borde, Ruta Nacional 27

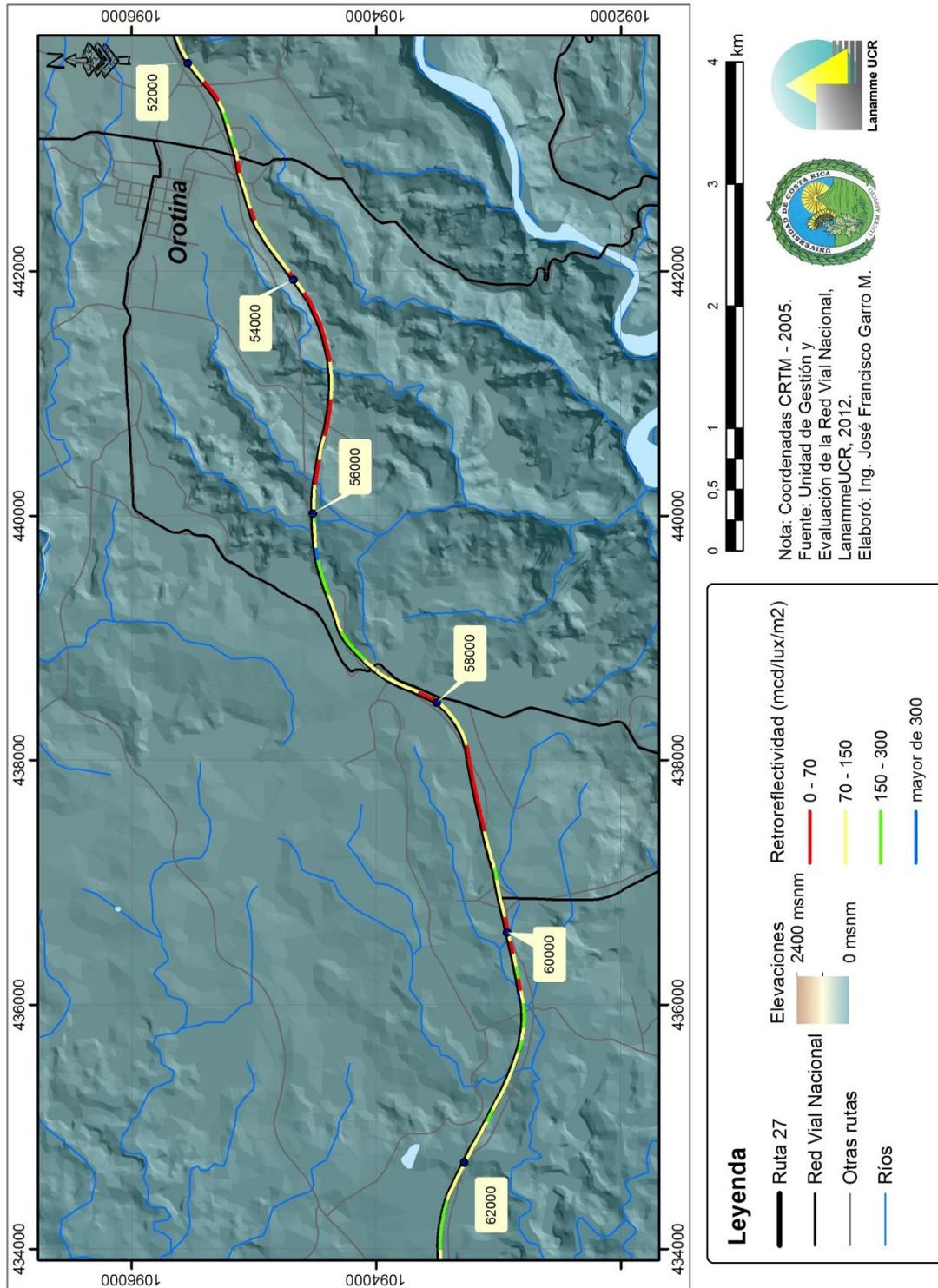


Figura A4.14: Condición de retroreflectometría, línea de borde, Ruta Nacional 27

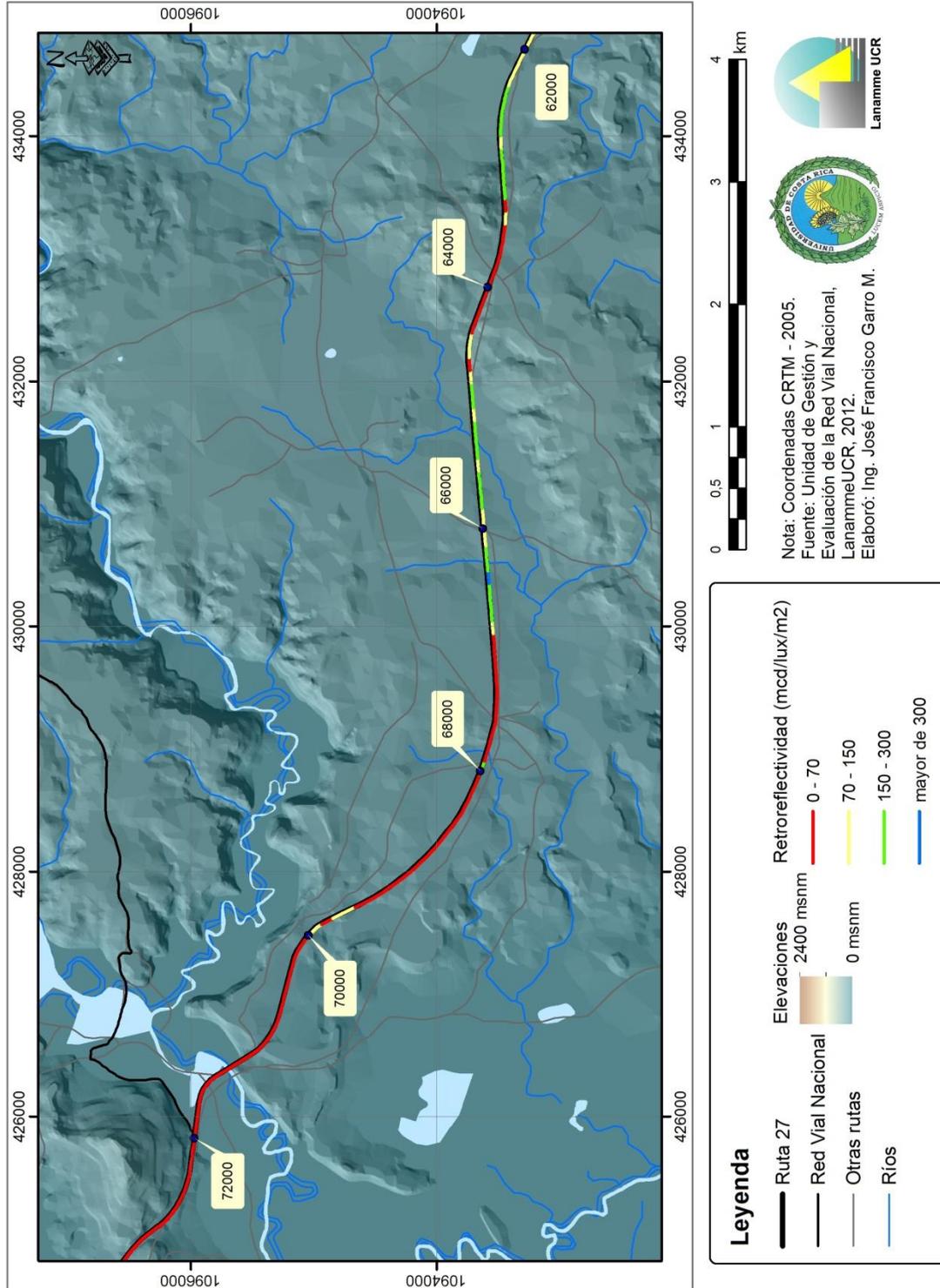


Figura A4.15: Condición de retroreflectometría, línea de borde, Ruta Nacional 27

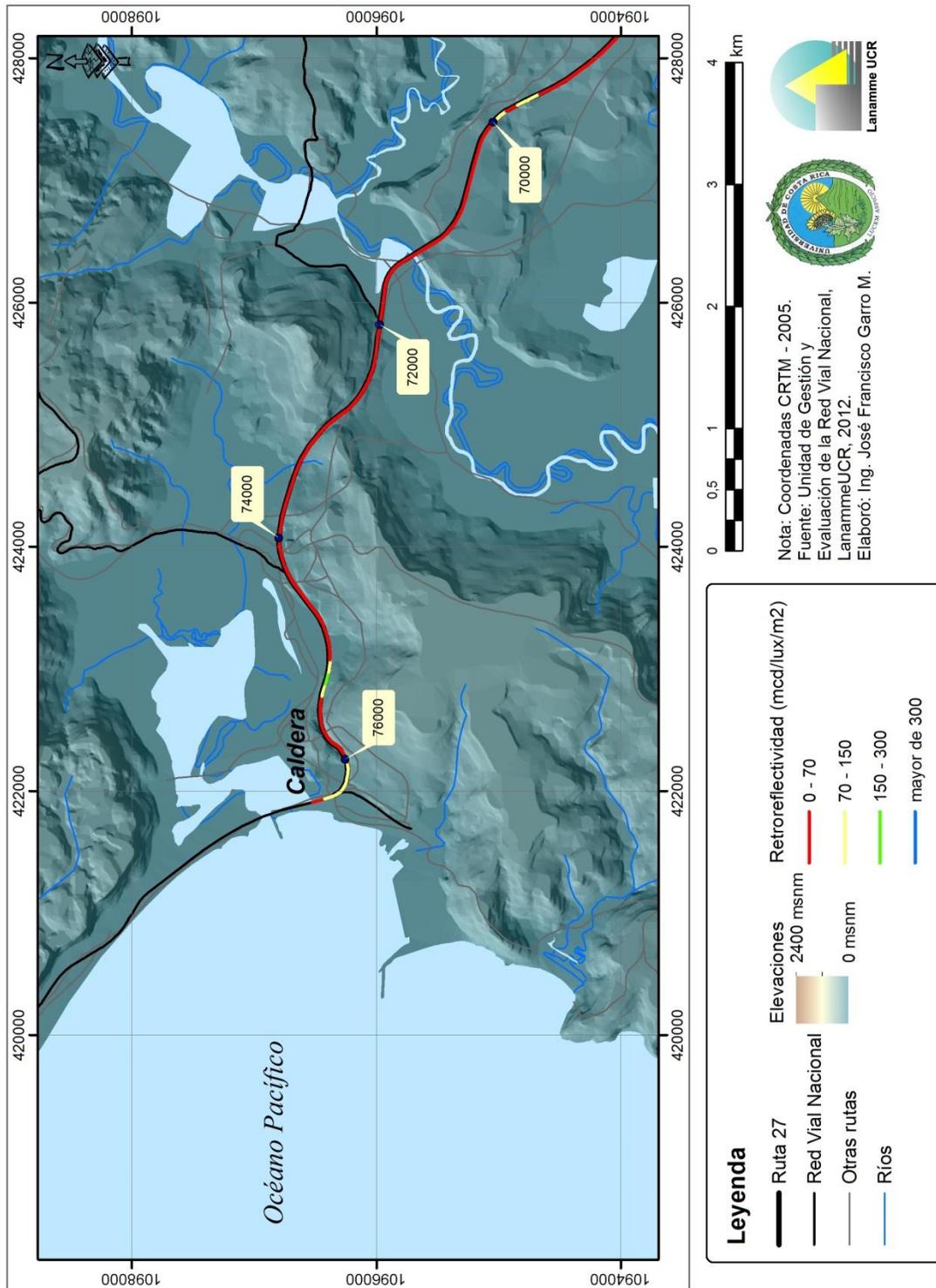


Figura A4.16: Condición de retroreflectometría, línea de borde, Ruta Nacional 27



Anexo V
Sitios detectados con problemas
en los guardavías

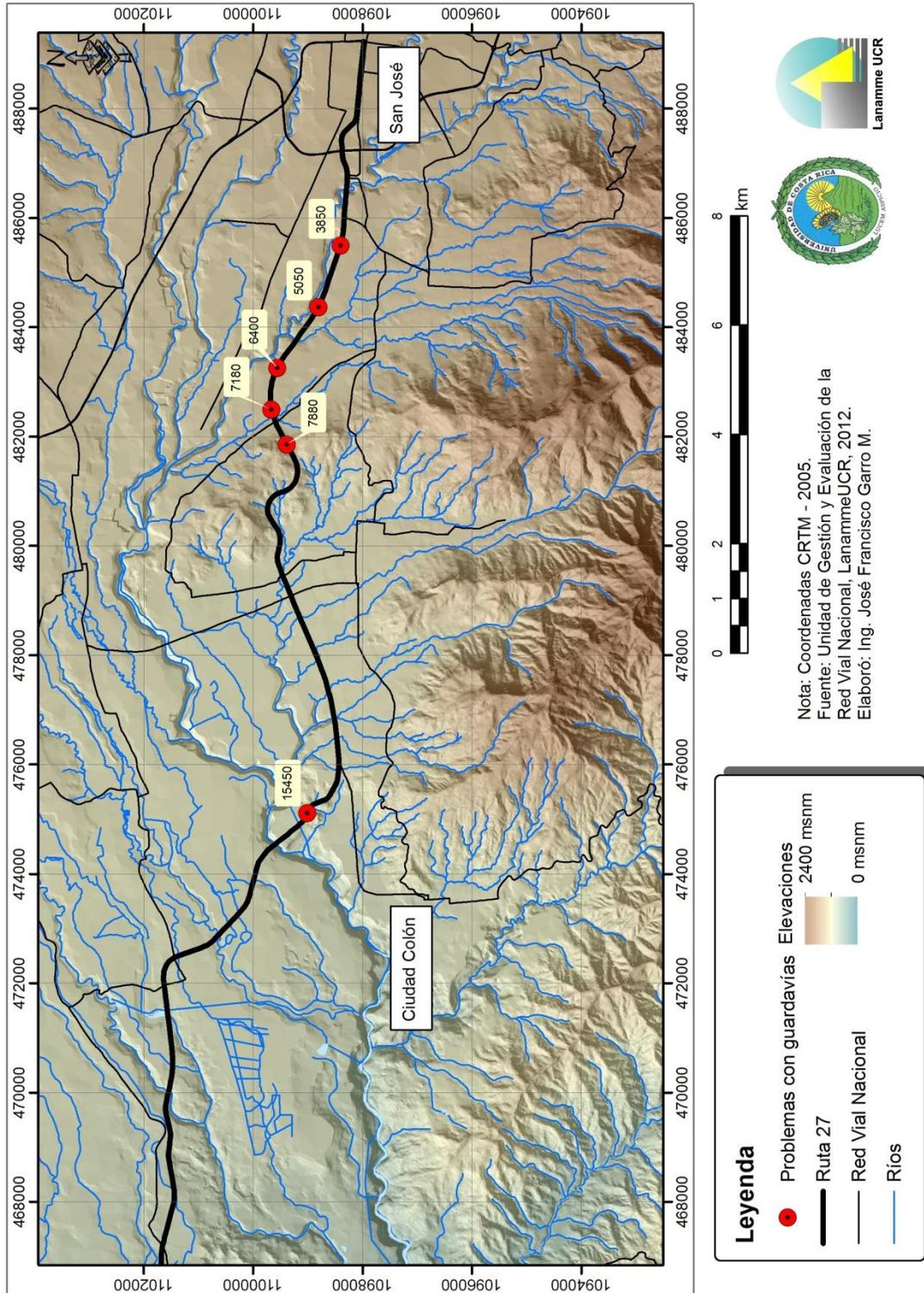


Figura A5.1: Sitios con problemas en el guardavía, Ruta Nacional 27

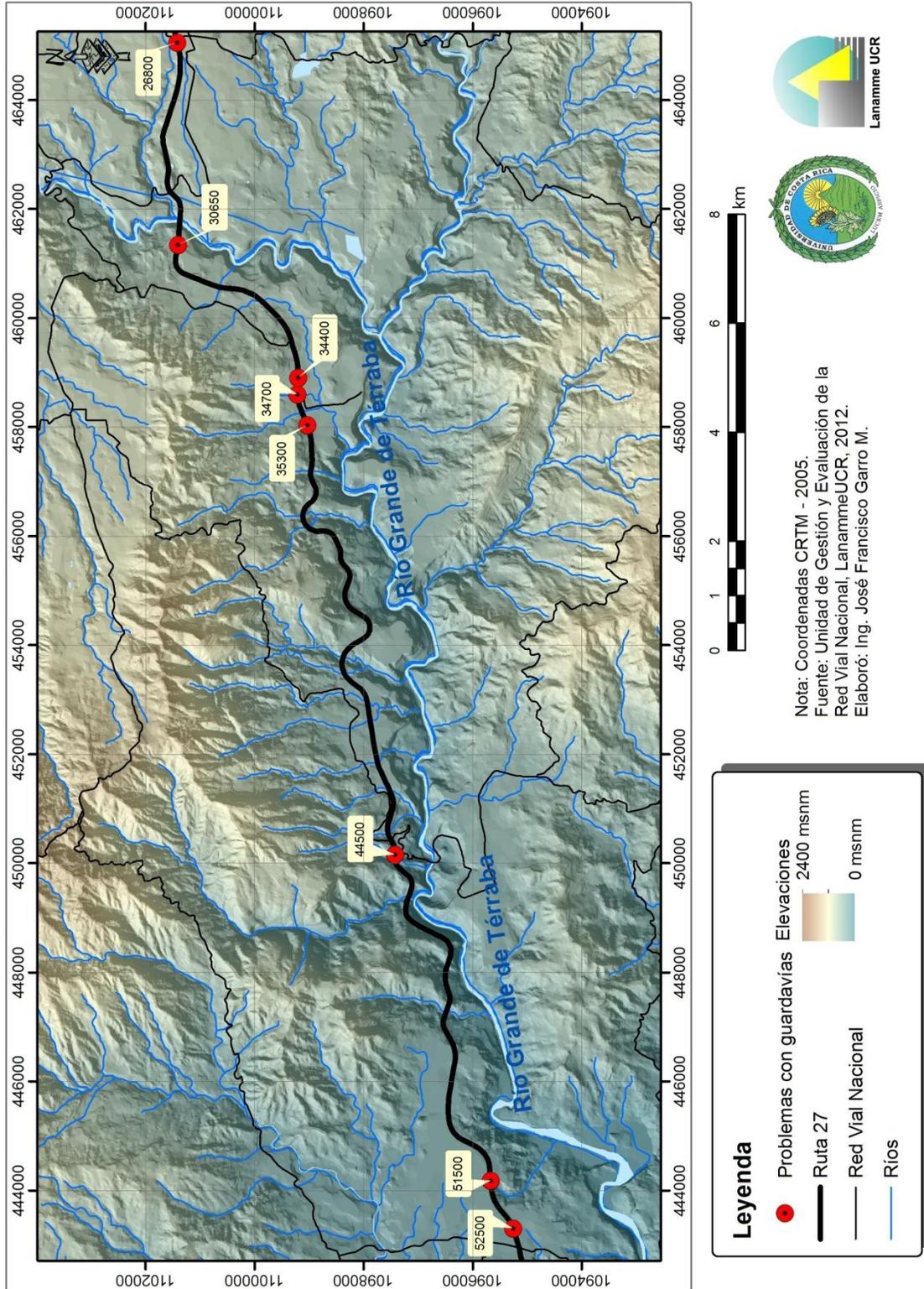


Figura A5.2: Sitios con problemas en el guardavía, Ruta Nacional 27

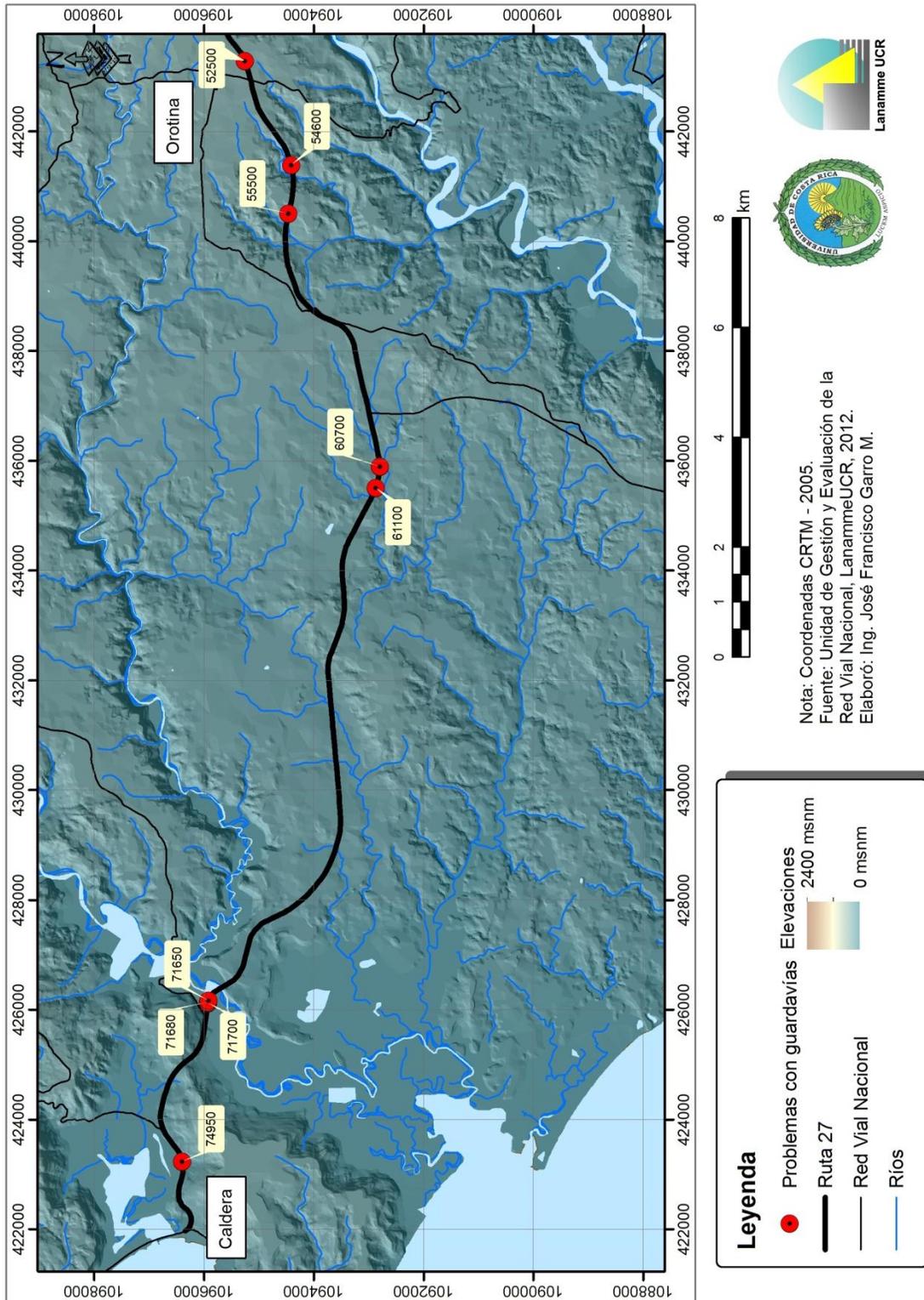


Figura A5.3: Sitios con problemas en el guardavía, Ruta Nacional 27

Tabla A5.1: Ubicación de los sitios con problemas en el guardavía, sentido San José – Caldera

Longitud (m)	Estación	Fecha	Imagen
11,3	3+850	11/09/2012	
11,1	5+050	11/09/2012	
9,3	7+180	11/09/2012	
12,9	7+880	11/09/2012	
17,6	15+450	11/09/2012	

Longitud (m)	Estación	Fecha	Imagen
12,1	26+800	11/09/2012	
19,5	34+700	11/09/2012	
6,5	54+600	11/09/2012	
6,7	55+500	11/09/2012	

Longitud (m)	Estación	Fecha	Imagen
9,7	60+700	11/09/2012	
7,6	74+950	11/09/2012	

Tabla A5.2: Ubicación de los sitios con problemas en el guardavía, sentido Caldera – San José

Longitud (m)	Estación	Fecha	Imagen
8,8	6+400	11/09/2012	
12,1	30+650	11/09/2012	

Longitud (m)	Estación	Fecha	Imagen
20,0	34+400	11/09/2012	
18,7	35+300	11/09/2012	
64,5	44+500	11/09/2012	
14,1	51+500	11/09/2012	
11,8	52+500	11/09/2012	

Longitud (m)	Estación	Fecha	Imagen
5,1	61+100	11/09/2012	
3,7	71+650	11/09/2012	
8,8	71+680	11/09/2012	
8,1	71+700	11/09/2012	