



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-1394-2023

Informe Final

Informe de Evaluación del Proyecto San José – Caldera Ruta Nacional 27 Años 2022 – 2023

Preparado por:

Unidad de Evaluación y Gestión de la Red Vial Nacional

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

San José, Costa Rica
noviembre de 2023



1. Informe EIC-Lanamme-INF-1394-2023		2. Copia No.1		
3. Título Informe de Evaluación del Proyecto San José – Caldera Ruta Nacional 27, Años 2022 – 2023		4. Fecha del Informe noviembre de 2023		
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 No aplica				
7. Resumen <i>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 la competencia de evaluar “de manera anual las carreteras y puentes en concesión”. Con base en esto, se realiza una evaluación del estado de la ruta y sus cuatro radiales 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 anteriores, 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 y parámetros de seguridad vial</i>				
8. Palabras clave Ruta 27, taludes, pavimentos, gestión, deslizamientos, deterioros, PSI, modelos, seguridad vial, choques viales, atropellos, señalamiento vial, sistemas de contención vehicular		9. Nivel de seguridad: Alto		10. Núm. de páginas 196
11. Ejecución de Evaluación del Proyecto:				
Líder: Ing. Cristian Valverde C. M.Sc. PMP® UGERVN	Especialista: Ing. José Francisco Garro M., M.Sc, PMP® UGERVN	Especialista: Geólogo Paulo Ruiz C., Ph.D. UGERVN	Especialista: Ing. Ronald Naranjo Ureña, PMP® UGERVN	
Fecha: nov.-23	Fecha: nov.-23	Fecha: nov.-23	Fecha: nov.-23	
12. Coordinación de Proyecto: Ing. Roy Barrantes Jiménez M.Sc, PMP® Coordinador UGERVN	13.Revisado por: Ing. Ana Lorena Monge Sandí, M.Sc Coordinación Programa Ingeniería Geotécnica	14. Revisado por	14. Revisado Legal: Lic. Giovanni Sancho Sanz Asesor Legal	15. Revisado y aprobado por: Ing. Ana Luisa Elizondo Salas MSc. Coordinadora PITRA
Fecha: nov.-23	Fecha: nov.-23	Fecha: nov.-23	Fecha: nov.-23	Fecha: nov.-23



TABLA DE CONTENIDOS

INFORME: EIC-LANAMME-INF-1394-2023	1
INFORME DE EVALUACIÓN DEL PROYECTO	1
TABLA DE CONTENIDOS	3
ÍNDICE DE FIGURAS ANEXO	8
RESUMEN.....	11
RECONOCIMIENTO	12
1 INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES	13
2 OBJETIVOS DE LA EVALUACIÓN DEL PROYECTO EN CONCESIÓN SAN JOSÉ – CALDERA, AÑOS 2022 - 2023	18
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3 RESULTADOS OBTENIDOS DE LA EVALUACIÓN, PERIODO EVALUACIÓN 2022 – 2023	18
3.1 CAPACIDAD ESTRUCTURAL, DEFLEXIONES OBTENIDAS MEDIANTE EL FWD, TRONCAL PRINCIPAL	18
3.1.1 <i>Equipo utilizado y criterios de clasificación</i>	<i>19</i>
3.1.2 <i>Resultados obtenidos, mes de septiembre del 2021</i>	<i>20</i>
3.2 CAPACIDAD FUNCIONAL, CONDICIÓN SEGÚN REGULARIDAD SUPERFICIAL (IRI) Y RODERAS EN LA TRONCAL PRINCIPAL.....	23
3.2.1 <i>Equipo utilizado y criterios de clasificación</i>	<i>23</i>
3.2.2 <i>Resultados del Índice de Regularidad Internacional (IRI).....</i>	<i>25</i>
3.2.3 <i>Análisis general de resultados de la evaluación de la capacidad funcional y ahuellamiento con el Perfilómetro Láser.....</i>	<i>30</i>
3.3 RESULTADOS OBTENIDOS DEL COEFICIENTE DE ROZAMIENTO DE PAVIMENTOS, TRONCAL PRINCIPAL	31
3.3.1 <i>Equipo utilizado y criterios de clasificación</i>	<i>31</i>
3.3.2 <i>Resultados de coeficiente de rozamiento con el GripTester y MuMeter</i>	<i>33</i>
3.4 ANÁLISIS DE NOTAS DE CALIDAD Q, TRONCAL PRINCIPAL, AÑOS 2022 – 2023	38
3.5 COMPARACIÓN DE INDICADORES EN LA TRONCAL PRINCIPAL, AÑOS 2012 AL 2022.....	47
3.5.1 <i>Evaluación con el Perfilómetro Láser.....</i>	<i>47</i>
3.5.2 <i>Evaluación del coeficiente de rozamiento superficial con el Grip Tester.....</i>	<i>48</i>
3.6 COMPARACIÓN DE LAS NOTAS Q OBTENIDAS PARA LA RUTA 27, AÑOS 2012 AL 2022	49
3.7 ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL. EVALUACIONES REALIZADAS EN SETIEMBRE 2022....	53
3.7.1 <i>Equipo utilizado y criterios de clasificación</i>	<i>53</i>
3.7.2 <i>Resumen de resultados de la evaluación visual de deterioros superficiales.....</i>	<i>53</i>
3.7.3 <i>Comparación de resultados entre los años 2014 - 2022 de la evaluación visual de deterioros superficiales.</i>	<i>56</i>
4 EVALUACIÓN DE LAS RADIALES.....	61
4.1 ASPECTOS GENERALES	61



4.2	RESULTADOS OBTENIDOS: CONDICIÓN FUNCIONAL.....	62
4.3	NOTAS DE CALIDAD Q PARA LAS RADIALES.....	63
4.4	RESULTADOS OBTENIDOS: COEFICIENTE DE FRICCIÓN.....	63
4.5	RESULTADOS OBTENIDOS: ANÁLISIS DE DETERIORS SUPERFICIALES	65
4.6	COMPARACIÓN DE LA CONDICIÓN DE LAS RADIALES, CAMPAÑAS 2013 – 2022.....	67
4.6.1	<i>Evaluación con el perfilómetro láser superficial.....</i>	67
4.6.2	<i>Evaluación con el medidor del coeficiente de rozamiento superficial.....</i>	73
4.6.3	<i>Evaluación visual de Deterioro Superficial.....</i>	78
5	MODELOS DE DETERIORO.....	83
5.1	APLICACIÓN DEL MODELO DE DETERIORO.....	83
5.2	ANÁLISIS DE RESULTADOS	90
6	CONDICIONES GEOTÉNICAS Y SISTEMAS DE DRENAJE.....	92
6.1	TALUDES EN EL KM 38+600.....	92
6.2	TALUDES EN EL KM 40+700.....	98
6.3	HUNDIMIENTO EN EL KM 44+500	103
7	CONCLUSIONES.....	104
7.1	CONCLUSIÓN GENERAL.....	104
7.2	CONCLUSIONES ESPECÍFICAS.....	106
7.2.1	<i>Sobre la condición funcional</i>	106
7.2.2	<i>Sobre la resistencia al deslizamiento.....</i>	106
7.2.3	<i>Sobre los deterioros superficiales de la mezcla asfáltica.....</i>	107
7.2.4	<i>Sobre las notas de calidad y las estrategias de intervención</i>	107
7.2.5	<i>Sobre los Modelos de Deterioro.....</i>	108
8	RECOMENDACIONES	109
8.1	SOBRE LA EVALUACIÓN FUNCIONAL Y DE DETERIORO SUPERFICIAL DEL PROYECTO.....	109
8.2	SOBRE LA EVALUACIÓN DE LAS RADIALES	110
8.3	EVALUACIÓN TALUD EN PK 38+600.....	110
8.4	EVALUACIÓN TALUD EN PK 40+700.....	110
8.5	HUNDIMIENTO EN EL KM 44+500	111
9	BIBLIOGRAFÍA.....	112
	ANEXO II: RESULTADOS OBTENIDOS PERFILÓMETRO LÁSER	117
	ANEXO III: RESULTADOS OBTENIDOS MEDIDOR DE AGARRE SUPERFICIAL	127
	ANEXO IV: RESULTADOS OBTENIDOS NOTAS DE CALIDAD Q.....	144
	ANEXO V RESULTADOS OBTENIDOS PARA CADA UNO DE LOS PARÁMETROS EVALUADOS EN LAS RADIALES	153
	ANEXO VI MODELO DE DETERIORO PARA LA RUTA NACIONAL 27 SAN JOSÉ – CALDERA 182	
	ANEXO VII DESLIZAMIENTOS HISTÓRICOS DE LA RUTA NACIONAL 27 SAN JOSÉ – CALDERA.....	191



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales



ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: DIAGRAMA DE LA EVALUACIÓN DEL PROYECTO SAN JOSÉ – CALDERA RUTA 27, AÑOS 2022 - 2023.....	16
FIGURA 2. ESTADO GENERAL DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL POR MEDIO DE DEFLEXIONES EN SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA, CAMPAÑA 2021 – 2022	21
FIGURA 3. UBICACIÓN DE ALGUNOS TRAMOS CON DEFLEXIONES MODERADOS, ALTAS Y BAJAS, SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA.....	22
FIGURA 4. ESTADO GENERAL DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ, SEGÚN LOS VALORES DE DEFLEXIÓN FWD OBTENIDOS, CAMPAÑA 2021 – 2022	23
FIGURA 5. UBICACIÓN DE ALGUNOS TRAMOS CON DEFLEXIONES MODERADAS Y BAJAS, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ.....	24
FIGURA 2. RESULTADOS OBTENIDOS EN EL PARÁMETRO IRI, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA	27
FIGURA 3. RESULTADOS OBTENIDOS EN EL PARÁMETRO IRI, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ	28
FIGURA 4. UBICACIÓN DE TRAMOS CON UN IRI ENTRE MODERADO Y BAJO.....	29
FIGURA 5. RESULTADOS OBTENIDOS DEL AHUELLAMIENTO SEGÚN EL MAV-2016.....	30
FIGURA 6. RESULTADOS OBTENIDOS DEL AHUELLAMIENTO SEGÚN CONTRATO.....	31
FIGURA 7. GRIP TESTER	32
FIGURA 8. MU METER	33
FIGURA 9. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE A) GRIP TESTER Y B) MUMETER.	35
FIGURA 10. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE A) GRIP TESTER Y B) MU METER.....	36
FIGURA 11. UBICACIÓN DE TRAMOS CON VALORES DE FRICCIÓN DE POCO DESLIZANTE A MUY DESLIZANTE (GRIP TESTER).....	37
FIGURA 12. UBICACIÓN DE TRAMOS CON VALORES DE FRICCIÓN QUE CUMPLEN O INCUMPLEN CON EL CONTRATO (MU METER).....	38
FIGURA 13. DISTRIBUCIÓN DE LAS NOTAS DE CALIDAD Q PARA LA TRONCAL PRINCIPAL. A) SAN JOSÉ – CALDERA, B) CALDERA – SAN JOSÉ	40
FIGURA 14. AGRUPACIÓN DE LAS NOTAS DE CALIDAD PARA DEFINICIÓN DE ESTRATEGIAS GENERALES DE INTERVENCIÓN.....	43
FIGURA 15.: DISTRIBUCIÓN DE LAS NOTAS DE CALIDAD Q PARA LA TRONCAL PRINCIPAL. A) SAN JOSÉ – CALDERA, B) CALDERA – SAN JOSÉ	44
FIGURA 16. UBICACIÓN DE TRAMOS CON NOTAS DE CALIDAD ENTRE Q1 – Q3, Y Q5.....	45
FIGURA 17: POSIBILIDADES DE INTERVENCIÓN EN FUNCIÓN DE LA NOTA Q.....	46
FIGURA 18. DISTRIBUCIÓN DE LAS LABORES DE REHABILITACIÓN EN PORCENTAJES, EN LA TRONCAL PRINCIPAL, A) SAN JOSÉ – CALDERA, B) CALDERA – SAN JOSÉ. SEGÚN RESULTADOS DEL GRIP TESTER.....	47
FIGURA 19. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN DE LAS REGULARIDADES SUPERFICIALES DEL PAVIMENTO.....	48
FIGURA 20. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN DE LAS REGULARIDADES SUPERFICIALES DEL PAVIMENTO PARA LAS CAMPAÑAS 2012 AL 2022, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ DE LA RUTA NACIONAL 27.....	49
FIGURA 21. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN DEL NIVEL DE DESLIZAMIENTO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO PARA LAS CAMPAÑAS 2012 AL 2022, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA DE LA RUTA NACIONAL 27.....	50
FIGURA 22. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN DEL NIVEL DE DESLIZAMIENTO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO PARA LAS CAMPAÑAS 2012 AL 2022 SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ DE LA RUTA NACIONAL 27.....	50



FIGURA 23. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA COMPARACIÓN DE NOTAS Q PARA LAS CAMPAÑAS 2012 AL 2022. A) SAN JOSÉ – CALDERA, B) CALDERA – SAN JOSÉ	52
FIGURA 24.: RESULTADOS OBTENIDOS EN LA COMPARACIÓN DE ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN PARA LAS CAMPAÑAS 2012 AL 2022. A) SAN JOSÉ – CALDERA, B) CALDERA – SAN JOSÉ.....	53
FIGURA 25 RESULTADOS DE DETERIOROS, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA.	55
FIGURA 26. SELLOS DE GRIETAS.....	57
FIGURA 27: COMPARACIÓN DETERIORO SUPERFICIAL 2014 AL 2021 EN EL SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA.	58
FIGURA 28 CANTIDAD DE DETERIORO ENTRE EL 2014 AL 2021 EN EL SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA.	59
FIGURA 29: COMPARACIÓN DETERIORO SUPERFICIAL 2014 AL 2021 EN EL SENTIDO CALDERA - SAN JOSÉ.	60
FIGURA 30: COMPARACIÓN DETERIORO SUPERFICIAL 2014 AL 2021 EN EL SENTIDO CALDERA - SAN JOSÉ.	61
FIGURA 31. UBICACIÓN DE LAS RADIALES EN LA RUTA NACIONAL 27.	63
FIGURA 32. RESULTADOS OBTENIDOS CON EL PERFILÓMETRO LÁSER, PARA LAS RADIALES	64
FIGURA 33. RESULTADOS OBTENIDOS CON EL GRIP TESTER, PARA LAS RADIALES DEL PROYECTO CONCESIONADO,	66
FIGURA 34. RESULTADOS OBTENIDOS CON EL MU-METER, PARA LAS RADIALES DE LA RUTA 27, EN PORCENTAJES	66
FIGURA 35. DISTRIBUCIÓN DE DETERIOROS EN LAS RADIALES CON ÁREA DETERIORADA POR RADIAL, RUTA NACIONAL 27.....	67
FIGURA 36. COMPARATIVO REGULARIDAD SUPERFICIAL DE RADIAL EL COYOL AÑOS 2013-2021	70
FIGURA 37. COMPARATIVO REGULARIDAD SUPERFICIAL DE RADIAL TURRÚCARES AÑOS 2013-2021	71
FIGURA 38. COMPARATIVO REGULARIDAD SUPERFICIAL DE RADIAL ATENAS AÑOS 2013-2021	72
FIGURA 39. COMPARATIVO REGULARIDAD SUPERFICIAL DE RADIAL ESCOBAL AÑOS 2013-2021	73
FIGURA 40. COMPARATIVO COEFICIENTE DE ROZAMIENTO SUPERFICIAL (GRIPTESTER) RADIAL EL COYOL 2013-2022	76
FIGURA 41. COMPARATIVO COEFICIENTE DE ROZAMIENTO SUPERFICIAL (GRIPTESTER) RADIAL TURRÚCARES 2013-2022	77
FIGURA 42. COMPARATIVO COEFICIENTE DE ROZAMIENTO SUPERFICIAL (GRIPTESTER) RADIAL ATENAS 2013-2022	78
FIGURA 43. COMPARATIVO COEFICIENTE DE ROZAMIENTO SUPERFICIAL (GRIPTESTER) RADIAL ESCOBAL 2013-2022	79
FIGURA 44. CONDICIÓN SUPERFICIAL EN RADIAL EL COYOL.....	80
FIGURA 45. CONDICIÓN SUPERFICIAL EN RADIAL TURRÚCARES.....	81
FIGURA 46. CONDICIÓN SUPERFICIAL EN RADIAL ATENAS	82
FIGURA 47. CONDICIÓN SUPERFICIAL EN RADIAL ESCOBAL	83
FIGURA 48. EJEMPLO DE CURVA OBTENIDA A PARTIR DE LOS DATOS DEL PSI.....	85
FIGURA 49. GRÁFICA EJEMPLO PSI vs AÑO, E IRI vs AÑO.....	86
FIGURA 50: MODELO DE DETERIORO PARA EL TRAMO 1, SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA.....	88
FIGURA 51: MODELO DE DETERIORO PARA EL TRAMO 1, SENTIDO CALDERA - SAN JOSÉ.....	90
FIGURA 52. CONCEPTO DEL PSI, Y EL RESPECTIVO CAMBIO DEL VALOR CON EL TIEMPO PARA UN PAVIMENTO (LÍNEA NEGRA), CONTRA VALORES UMBRAL (LÍNEAS HORIZONTALES).	91
FIGURA 53. VISTA AÉREA DEL TALUD DE CORTE EN EL KM 38+600 DE LA RUTA NACIONAL NO.27 EN ABRIL DEL 2022. SE OBSERVA LA SUPERFICIE EXPUESTA DEL TERRENO LUEGO DE LOS CORTES, CON SECCIONES ALTERNADAS DE BERMA Y TALUD.....	94
FIGURA 54. VISTA AÉREA DEL TALUD DE CORTE EN EL KM 38+600 EN ABRIL DEL AÑO 2023. SE OBSERVAN DIFERENTES MATERIALES COLOCADOS PARA LA PROTECCIÓN SUPERFICIAL DEL TALUD Y SE DESTACA	



EN LÍNEA ROJA EL PERÍMETRO APROXIMADO DEL DESLIZAMIENTO QUE TIENE LUGAR EN EL CENTRO DEL TALUD QUE FUE INTERVENIDO 95

FIGURA 59. VISTA AÉREA DEL TALUD DE CORTE EN EL KM 38+600, AGOSTO DEL 2023. SE DESTACA CON LÍNEA ROJA EL PERÍMETRO ACTUAL APROXIMADO DEL DESLIZAMIENTO QUE HA ESTADO AFECTANDO ESTE TALUD DESDE SU INTERVENCIÓN..... 96

FIGURA 56. SECTOR AL PIE DEL TALUD EN EL KM 38+600, CON CRECIMIENTO DE VEGETACIÓN SOBRE EL MANTO GEOSINTÉTICO INSTALADO 97

FIGURA 57. TALUD EN EL KM 38+600 DE LA RUTA NACIONAL No.27. COLORACIÓN NARANJA Y CAFÉ EN EL AGUA QUE CORRE EN LA SUPERFICIE DEL TALUD. SE OBSERVAN TAMBIÉN MANCHAS EN EL CONCRETO LANZADO, EVIDENCIA DEL PROCESO DE GENERACIÓN DE DRENAJE ÁCIDO DE ROCAS QUE DETERIORA EL CONCRETO Y EL ACERO..... 98

FIGURA 58. TALUD DE CORTE EN EL KM 38+600 DE LA RUTA NACIONAL No.27. SE OBSERVA EL MANTO PARA CONTROL DE EROSIÓN INSTALADO, ASÍ COMO VEGETACIÓN QUE HA LOGRADO ESTABLECERSE EN LA PARTE ALTA DEL TALUD 99

FIGURA 59. VISTA AÉREA DEL TALUD DE CORTE EN EL KM 40+700 DE LA RUTA NACIONAL No.27, SETIEMBRE 2023. SE OBSERVAN LAS NUEVAS SECCIONES DE TALUDES Y BERMAS, PRODUCTO DE LA MÁS RECIENTE INTERVENCIÓN POR PARTE DEL CONCESIONARIO 100

FIGURA 60. TALUD DE CORTE EN EL KM 40+700 DE LA RUTA NACIONAL No.27, CON SECCIONES DE BERMA Y TALUD 101

FIGURA 61. EN ESTE TALUD DE CORTE DEL KM 40+700 SE OBSERVAN LOS PRIMEROS INDICIOS DE EROSIÓN SUPERFICIAL, UNA PARTE DEL MATERIAL EROSIONADO SE ACUMULA EN LA CUNETAS DE CONCRETO . 102

FIGURA 62. QUIEBRAGRADIENTE DE CONCRETO AL COSTADO DEL TALUD DE CORTE DEL KM 40+700. 103

FIGURA 63. TRABAJOS EN EL ESTACIONAMIENTO 44+500 DE LA RUTA NACIONAL No.27. SE OBSERVAN PARTE DE LAS OBRAS QUE ESTÁN SIENDO CONSTRUIDAS CERCA DEL HUNDIMIENTO, SETIEMBRE 2023 105



ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. RANGOS DE CLASIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI).....	25
TABLA 2. RESULTADOS OBTENIDOS EN REGULARIDAD SUPERFICIAL, RUTA 27	27
TABLA 3. CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL DEL PAVIMENTO SEGÚN EL GN	33
TABLA 4. RESULTADOS OBTENIDOS CON EL GRIPTESTER	34
TABLA 5. RESULTADOS OBTENIDOS CON EL MUMETER	34
TABLA 6. RANGO DE APLICACIÓN DEL MODELO PARA EL CÁLCULO DEL PSI COSTA RICA	84
TABLA 7. SECCIONES DE CONTROL	85
TABLA 8. AÑO EN EL QUE EL PSI ALCANZA EL VALOR DE 3,0 (UMBRAL DE REHABILITACIÓN MAYOR)	92

ÍNDICE DE FIGURAS ANEXO

NO SE ENCUENTRAN ELEMENTOS DE TABLA DE ILUSTRACIONES. FIGURA A2 1. RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 0+000 - 20+000	119
FIGURA A2 2. RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 20+000 - 40+000.....	120
FIGURA A2 3. RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 40+000 - 60+000.....	121
FIGURA A2 4. RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 60+000 - 76+000.....	122
FIGURA A2 5. RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 0+000 - 20+000.....	123
FIGURA A2 6. RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 20+000 - 40+000.....	124
FIGURA A2 7. RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 40+000 - 60+000.....	125
FIGURA A3 1. RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 0+000 - 20+000.....	129
FIGURA A3 2. RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 20+000 - 40+000.....	130
FIGURA A3 3. RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 40+000 - 60+000.....	131
FIGURA A3 4. RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 60+000 - 76+000.....	132
FIGURA A3 5. RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 0+000 - 20+000.....	133
FIGURA A3 6. RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 20+000 - 40+000.....	134
FIGURA A3 7. RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 40+000 - 60+000.....	135
FIGURA A3 8. RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 60+000 - 76+000.....	136



FIGURA A3 9. RESULTADOS MUMETER, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 0+000 - 20+000..... 137

FIGURA A3 10. RESULTADOS MUMETER, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 20+000 - 40+000..... 138

FIGURA A3 11. RESULTADOS MUMETER, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 40+000 - 139

FIGURA A3 12. RESULTADOS MUMETER, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 60+000 - 76+000..... 140

FIGURA A3 13. RESULTADOS MUMETER, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 0+000 - 20+000..... 141

FIGURA A3 14. RESULTADOS MUMETER, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 20+000 - 40+000..... 142

FIGURA A3 15. RESULTADOS MUMETER, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 40+000 - 60+000..... 143

FIGURA A3 16. RESULTADOS MUMETER, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 60+000 - 76+000..... 144

FIGURA A4 1 RESULTADO NOTAS DE CALIDAD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA 0+000 – 20+000..... 146

FIGURA A4 2 RESULTADO NOTAS DE CALIDAD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA 20+000 – 40+000..... 147

FIGURA A4 3 RESULTADO NOTAS DE CALIDAD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA 40+000 – 60+000..... 148

FIGURA A4 4 RESULTADO NOTAS DE CALIDAD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA 60+000 – 76+000..... 149

FIGURA A4 1 RESULTADO NOTAS DE CALIDAD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ 0+000 – 20+000..... 150

FIGURA A4 2 RESULTADO NOTAS DE CALIDAD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ 20+000 – 40+000..... 151

FIGURA A4 3 RESULTADO NOTAS DE CALIDAD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ 40+000 – 60+000..... 152

FIGURA A4 4 RESULTADO NOTAS DE CALIDAD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ 60+000 – 76+000..... 153

FIGURA A5 1. RESULTADOS IRI, RADIAL EL COYOL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - EL COYOL 155

FIGURA A5 2. RESULTADOS IRI, RADIAL EL COYOL, SENTIDO EL COYOL - RUTA NACIONAL 27..... 156

FIGURA A5 3. RESULTADOS GRIP, RADIAL EL COYOL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - EL COYOL 157

FIGURA A5 4. RESULTADOS GRIP, RADIAL EL COYOL, SENTIDO EL COYOL - RUTA NACIONAL 27 158

FIGURA A5 5. RESULTADOS MUMETER, RADIAL EL COYOL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 – EL COYOL. 159

FIGURA A5 6. RESULTADOS MUMETER, RADIAL EL COYOL, SENTIDO EL COYOL - RUTA NACIONAL 27 .. 160

FIGURA A5 7. RESULTADOS BACHEO, RADIAL EL COYOL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - EL COYOL 161

FIGURA A5 8. RESULTADOS BACHEO, RADIAL EL COYOL, SENTIDO EL COYOL - RUTA NACIONAL 27 162

FIGURA A5 9. RESULTADOS PIEL DE LAGARTO, RADIAL EL COYOL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - EL COYOL 163



FIGURA A5 10. RESULTADOS PIEL DE LAGARTO, RADIAL EL COYOL, SENTIDO EL COYOL – RUTA NACIONAL 27.....	164
FIGURA A5 11. RESULTADOS EXUDACIÓN, RADIAL EL COYOL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 – EL COYOL	165
FIGURA A5 12. RESULTADOS EXUDACIÓN, RADIAL EL COYOL, SENTIDO EL COYOL – RUTA NACIONAL 27	166
FIGURA A5 13. RESULTADOS AGRIETAMIENTO, RADIAL EL COYOL, SENTIDO EL COYOL – RUTA NACIONAL 27	167
FIGURA A5 14. RESULTADOS AGRIETAMIENTO, RADIAL EL COYOL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 – EL COYOL	168
FIGURA A5 15. RESULTADOS IRI, RADIAL ATENAS, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - ATENAS	169
FIGURA A5 16 RESULTADOS IRI, RADIAL ATENAS, SENTIDO ATENAS - RUTA NACIONAL 27	170
FIGURA A5 17. RESULTADOS GRIP, RADIAL ATENAS, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - ATENAS	171
FIGURA A5 18. RESULTADOS GRIP, RADIAL ATENAS, SENTIDO ATENAS - RUTA NACIONAL 27	172
FIGURA A5 19. RESULTADOS MUMETER, RADIAL ATENAS, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - ATENAS	173
FIGURA A5 20. RESULTADOS MUMETER, RADIAL ATENAS, SENTIDO ATENAS - RUTA NACIONAL 27	174
FIGURA A5 21. RESULTADOS BACHEO, RADIAL ATENAS, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - ATENAS	175
FIGURA A5 22. RESULTADOS BACHEO, RADIAL ATENAS, SENTIDO ATENAS - RUTA NACIONAL 27	176
FIGURA A5 23. RESULTADOS PIEL DE LAGARTO, RADIAL ATENAS, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - ATENAS	177
FIGURA A5 24. RESULTADOS PIEL DE LAGARTO, RADIAL ATENAS, SENTIDO ATENAS - RUTA NACIONAL 27	178
FIGURA A5 25. RESULTADOS EXUDACIÓN, RADIAL ATENAS, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 – ATENAS	179
FIGURA A5 26. RESULTADOS EXUDACIÓN, RADIAL ATENAS, SENTIDO ATENAS – RUTA NACIONAL 27	180
FIGURA A5 27. RESULTADOS AGRIETAMIENTO, RADIAL ATENAS, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 – ATENAS	181
FIGURA A5 28. RESULTADOS AGRIETAMIENTO, RADIAL ATENAS, SENTIDO ATENAS – RUTA NACIONAL 27	182



RESUMEN

Bajo el marco de la Ley No. 8114, le corresponde al LanammeUCR realizar una evaluación anual de las carreteras administradas bajo la modalidad de concesión de obra pública, cumpliendo la función de ser un instrumento eficaz e imparcial contribuyendo a garantizar la calidad y el mantenimiento de los niveles de servicio del patrimonio vial en manos de empresas concesionarias. En este informe se evalúa la condición actual de la Concesión de Obra Pública Ruta Nacional 27 Carretera San José – Caldera para el periodo 2022 – 2023.

Para valorar de forma objetiva la calidad y desempeño 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 estándares mínimos de calidad. En el caso de especificaciones contractuales en un estudio anterior se identificó 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 de Transporte 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 están relacionados directamente con la vida útil o de servicio del proyecto, con el costo de operación de la flota vehicular que por allí circula y con los niveles de seguridad vial que se brindan. Para el análisis de la capacidad estructural, para esta evaluación, no se utilizó el *Deflectómetro de Impacto (FWD)*, por lo que no fue posible contar con la información relacionado con este indicador. Para el análisis de la capacidad funcional, se utilizó el *Perfilómetro Láser*, que mide las irregularidades superficiales (*IRI*) de las vías, asociadas tanto al confort percibido por los usuarios, como con los costos de operación de los vehículos que circulan por un tramo de ruta.

En el tema de seguridad vial, la *Unidad de Seguridad Vial y Transporte del Programa de Infraestructura de Transporte del LanammeUCR*, utilizó dos equipos para medir la condición de deslizamiento de la superficie del pavimento, conocidos por su nombre en inglés como GripTester y el MuMeter: ambos equipos miden el coeficiente de fricción del pavimento en mojado (condición crítica), parámetro que podría incidir en los choques viales ante condiciones de baja fricción entre la vía y las ruedas de los vehículos.

Por último, con el Equipo de Imágenes Georreferenciadas de Alta Resolución, se realizó un levantamiento completo tanto de la troncal principal, como de las radiales del



proyecto, lo cual permite tener un registro histórico del estado de la ruta al momento de dicha evaluación, así como la obtención de la ubicación, tipo y severidad de ciertos deterioros que afectan su superficie.

Reconocimiento

Asimismo, se extiende un reconocimiento por la valiosa colaboración brindada en el desarrollo de este informe a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Civil que cumplen con labores de asistencia, los cuales son:

Unidad de gestión de la red vial nacional (UGERVN)

- Alejandro Vargas Vargas
- Gabriela Zamora Henríquez

Sin su valioso aporte no sería posible esta importante herramienta de gestión y evaluación de la infraestructura Nacional.



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 de evaluación que se enmarca en las funciones de fiscalizador que la citada ley le confiere al LanammeUCR. El trabajo realizado tiene como uno de los puntos de partida el levantamiento y la obtención de datos realizados por parte del Laboratorio de Evaluación de Pavimentos con los distintos equipos de alta tecnología con los que cuenta el LanammeUCR. Cabe destacar su alto nivel profesional y técnico a la hora de recabar información en sitio, lo que permite obtener resultados altamente confiables para el análisis incluido en este informe.

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 su gestión 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.

El LanammeUCR ha evaluado este proyecto desde el año 2010, lo que representa una experiencia de aproximadamente 1.808 km acumulado evaluados hasta el año 2022 con equipos de alta tecnología, lo cual garantiza un alto nivel de profesionalismo y calidad en la evaluación de proyectos de este tipo. Cabe destacar que la principal diferencia entre evaluar un proyecto en concesión en comparación con 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. 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 50 metros).



Tomando en consideración lo explicado anteriormente, la evaluación realizada en este proyecto se representa en el siguiente esquema operativo (Figura 1):

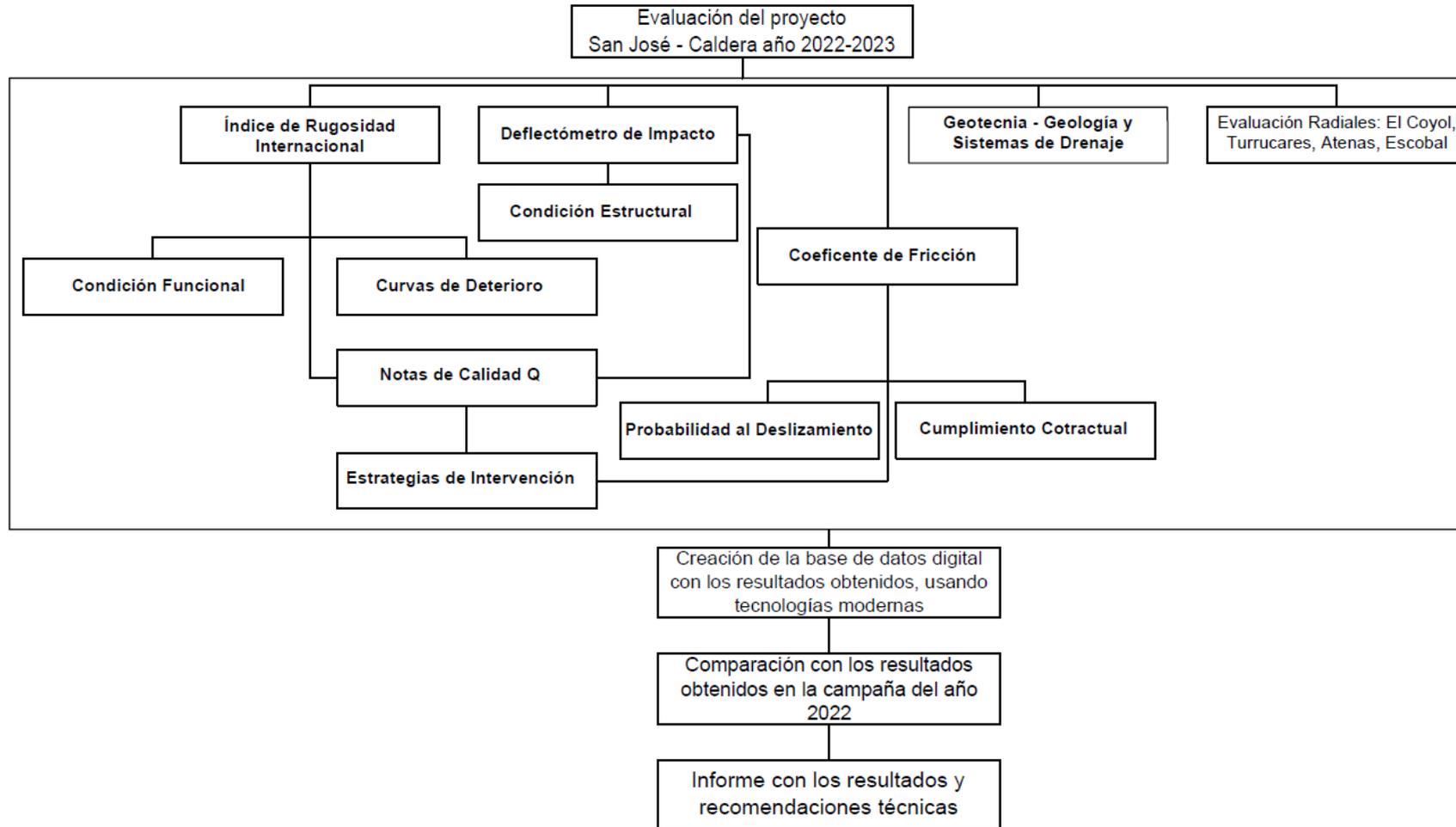


Figura 1: Diagrama de la evaluación del proyecto San José – Caldera Ruta 27, años 2022 - 2023.



Como parte de las obras realizadas por la concesionaria en la carretera San José - Caldera, se incluyó en el proyecto la construcción de las siguientes radiales:

- Radial El Coyol de Alajuela (4,1 km)
- Radial Turrúcares (0,1 km)
- Radial Atenas (3,30 km)
- Radial Escobal (0,30 km)

Los mismos equipos y parámetros de evaluación aplicados a la troncal principal, fueron utilizados en la evaluación de estas radiales.

Se presenta un análisis geológico y geotécnico en sitios de interés por medio de la combinación de distintas técnicas y equipos, tales como giras al sitio, observación directa, uso de VANT entre otras: específicamente en cinco taludes aledaños a la ruta, así como un control de aquellos sitios que han presentado, en el pasado, problemas como deslizamientos y drenaje ácido. Para la realización de esta evaluación se siguió la siguiente metodología:

1. Seguimiento por medio de observación y registro de imágenes georreferenciadas de la condición de sitios de la carretera que históricamente han presentado problemas que son de interés para las áreas de geología y geotecnia, así como seguimiento a aquellos sitios que han sido evaluados en informes anteriores del LanammeUCR.
2. Evaluaciones por medio de observación y registro de imágenes georreferenciadas de campo periódicas con los siguientes objetivos:
 - 2.1 Descripción de las condiciones geológicas de los sitios de interés, en especial aquellas que afectan el desempeño de las obras construidas por el Concesionario. Esto incluye la observación y determinación del grado de meteorización por métodos comparativos y alteración de los materiales en relación con su origen geológico, sitios que presentan Drenaje Ácido de Rocas, entre otros.
 - 2.2 Descripción de condiciones geotécnicas de los sitios y las obras de interés. Esto incluye la identificación y descripción de sitios con materiales que evidencien inestabilidad, así como el riesgo potencial que representan según la altura del talud o ladera, la cercanía con la carretera y su condición de deterioro. Descripción de nuevas obras geotécnicas, criterio del equipo evaluador sobre la efectividad de las nuevas intervenciones que haya realizado el Concesionario en este campo, descripción de la condición y la evolución de las obras geotécnicas anteriormente construidas y evaluadas, tales como obras de retención, rellenos y sistemas de drenaje en los taludes, incluyendo deterioros, evidencia o falta de mantenimiento,



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 18

problemas de erosión, deformaciones u otros cambios observables, registro fotográfico de la pérdida de funcionalidad en aquellos casos donde las intervenciones no hayan logrado mantener la integridad del talud intervenido, entre otros.

2.3 Levantamiento de datos mediante el registro fotográfico de la condición de estos activos geotécnicos y generación de modelos de elevación digital mediante el uso de vehículos aéreos no tripulados.

2.4 Monitoreo geotécnico de sitios de interés. En los sitios en los que el LanammeUCR mantiene activos los equipos que se utilizan para el monitoreo de obras geotécnicas, se realiza el respectivo levantamiento de los datos, la descripción de la condición de dichas obras, registro de nuevos deterioros identificados tanto en la obra geotécnica como en el pavimento de la carretera, descripción de la consecuente afectación a los usuarios, valoración de la necesidad de comunicar alguna situación particular al Consejo Nacional de Concesiones, entre otros. La instalación de los equipos de monitoreo geotécnico se realiza en coordinación con el CNC, con el fin de que este a su vez informe al Concesionario sobre las actividades de monitoreo que realiza el LanammeUCR.

3. Comunicación con el Consejo Nacional de Concesiones (CNC). En los casos que se considera oportuno se realizan consultas al CNC sobre información requerida para llevar a cabo la evaluación de la ruta en concesión. Además, si producto del seguimiento de la condición de los activos geotécnicos, en algún momento se considera necesario informar al CNC sobre alguna condición particular que se considere de alto riesgo potencial para los usuarios, inmediatamente se prepara un oficio con el detalle de la información pertinente según sea el caso.
4. Procesamiento de los datos obtenidos. Los datos obtenidos en las evaluaciones de campo, así como toda la información recopilada durante el año de evaluación es procesada y organizada, con el fin de identificar los aspectos más relevantes que serán posteriormente desarrollados para aportar al informe de evaluación anual de esta ruta en concesión.
5. Generación del capítulo de evaluación de la condición geológica y geotécnica de esta Ruta Nacional.



2 OBJETIVOS DE LA EVALUACIÓN DEL PROYECTO EN CONCESIÓN SAN JOSÉ – CALDERA, AÑOS 2022 - 2023

2.1 Objetivo General

Evaluar el desempeño del proyecto en concesión San José – Caldera, Ruta Nacional 27, en el plazo comprendido entre julio del 2022 y junio 2023, cuantificando de manera sistemática su evolución a lo largo del tiempo. Esta evaluación se realiza con el propósito de brindar a la Administración, información oportuna y confiable que permita complementar los controles de fiscalización que son también potestad del Estado.

2.2 Objetivos Específicos

- Evaluar el estado de la regularidad superficial y roderas del pavimento del proyecto concesionado con el *Perfilómetro Láser* y clasificarlo en rangos de estado.
- Evaluar el coeficiente de rozamiento de la superficie de los pavimentos en el proyecto concesionado, con los *Medidores de Coeficiente de Rozamiento*.
- Evaluar para la troncal y sus radiales la condición superficial de aquellos deterioros que puedan medirse adecuadamente a través de imágenes digitales georreferenciadas.
- Comparar técnicamente las condiciones actuales del estado del proyecto concesionado con aquellas obtenidas en años anteriores.
- Elaborar curvas de deterioro que permitan extrapolar la condición en que se podría encontrar la carretera en años futuros, según las tendencias obtenidas con base en las evaluaciones de la condición funcional realizadas a la fecha.
- Evaluar la condición de taludes, deslizamientos y sistemas de drenaje desde el punto de vista geológico y geotécnico, a partir de observaciones realizadas en visitas.
- Mantener una base de datos actualizada de los parámetros técnicos del proyecto, que sea útil para la planificación de obras destinada al mejoramiento de la vía.

3 RESULTADOS OBTENIDOS DE LA EVALUACIÓN, PERIODO EVALUACIÓN 2022 – 2023

3.1 Capacidad estructural, deflexiones obtenidas mediante el FWD, troncal principal



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 20

3.1.1 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 Internet del *LanammeUCR* (www.lanamme.ucr.ac.cr).

La evaluación del proyecto abarcó la totalidad de su longitud, es decir aproximadamente 153 km (76,6 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 o más carriles por sentido se evaluó el carril externo, considerándolo como el carril de diseño por ser el que resiste las mayores concentraciones de carga vehicular y, se considera homogeneidad de 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, con base en la estructura de pavimento que presenta cada tramo de carretera². Estos rangos, mostrados en la Tabla 1, tienen por objeto calificar la condición estructural del proyecto considerando el diseño estructural realizado por el Concesionario, por lo que fueron utilizados en la presente evaluación para clasificar los resultados.

¹ Dentro de esta longitud no se incluye las cinco radiales.

² El informe *Determinación de Rangos de Clasificación para la Red Vial Nacional, UI-PE-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 esta ruta, tomando en consideración las distintas estructuras del pavimento.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 21

Tabla 1. Rangos de deflexión, utilizados para clasificar los datos de deflectometría del proyecto

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 ⁻³)			
Bajas	menor a 520	menor a 360	menor a 470	menor a 500
Moderadas	520 – 570	360 – 400	470 – 520	500 – 580
Altas	570 – 710	400 – 490	520 – 660	580 – 800
Muy Altas	mayor a 710	mayor a 490	mayor a 660	mayor a 800

3.1.2 Resultados obtenidos, mes de septiembre del 2021

La Tabla 2 muestra los resultados obtenidos por medio del deflectómetro de impacto en el sentido San José - Caldera, para la campaña de evaluación 2021 – 2022; la Figura 2 muestra en forma gráfica este resultado.

Tabla 2. Deflexiones FWD obtenidas para el sentido San José - Caldera, campaña 2021-2022

Tipo de Deflexiones	Longitud (km)	Porcentajes (%)
Bajas	75	97,40
Moderadas	1	1,30
Altas	1	1,30
Muy Altas	0	0,0
Total	77	100

Deflexión en Estructura de Pavimento San José - Caldera, 2021-2022

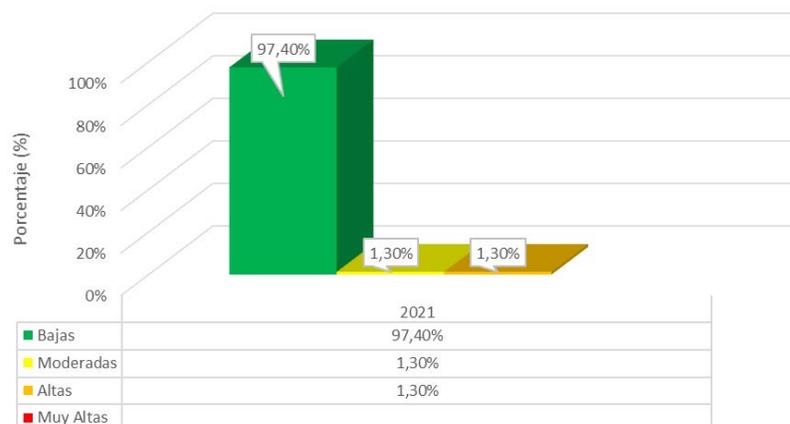


Figura 2. Estado general de la capacidad estructural por medio de deflexiones en sentido San José – Caldera, campaña 2021 – 2022



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 22

En la Figura 3 se muestra la ubicación geográfica de algunos tramos que cuentan con valores de deflectometría entre moderados y altos, para el sentido de San José – Caldera.

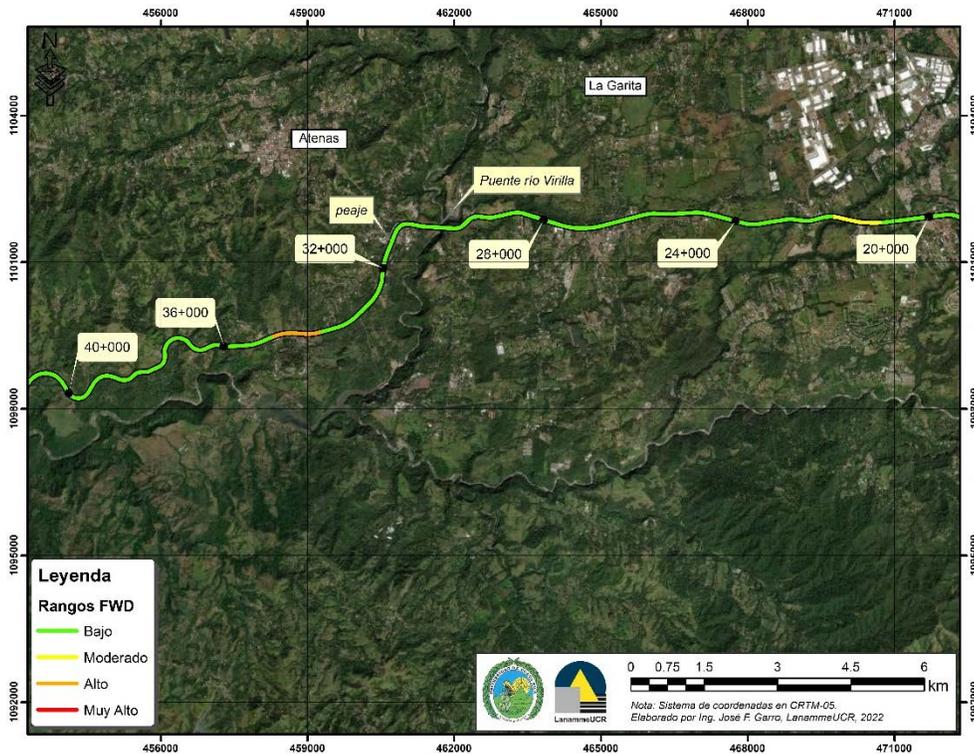


Figura 3. Ubicación de algunos tramos con deflexiones moderados, altas y bajas, sentido San José - Caldera.

La Tabla 3 muestra los resultados obtenidos en este parámetro para el sentido de Caldera – San José; la Figura 4 muestra en forma gráfica este resultado.

Tabla 3. Deflexiones FWD obtenidas para el sentido Caldera – San José, campaña 2021-2022

Tipo de Deflexiones	Longitud (km)	Porcentajes (%)
Bajas	72	93,50
Moderadas	3	3,90
Altas	2	2,60
Muy Altas	0	0
Total	77	100

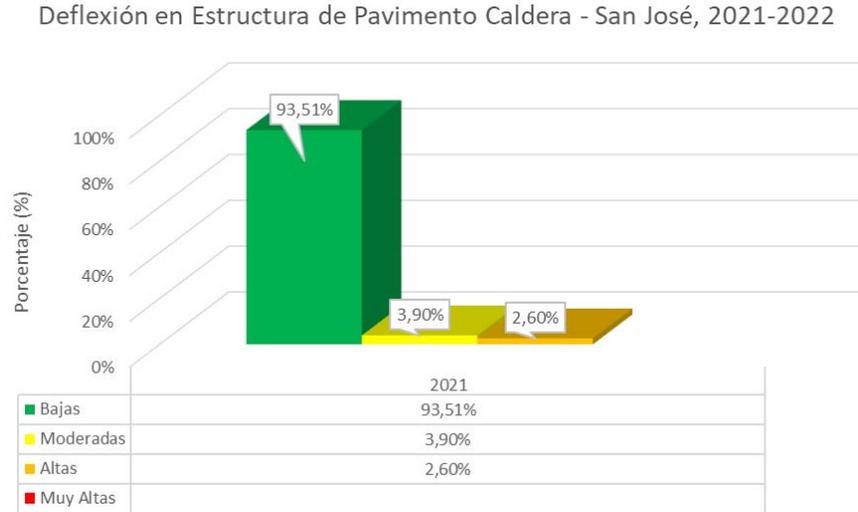


Figura 4. Estado general de la capacidad estructural sentido Caldera – San José, según los valores de deflexión FWD obtenidos, campaña 2021 – 2022

En la Figura 5 se muestra la ubicación geográfica de tramos con deflexiones en el rango de moderadas, para el sentido Caldera - San José.

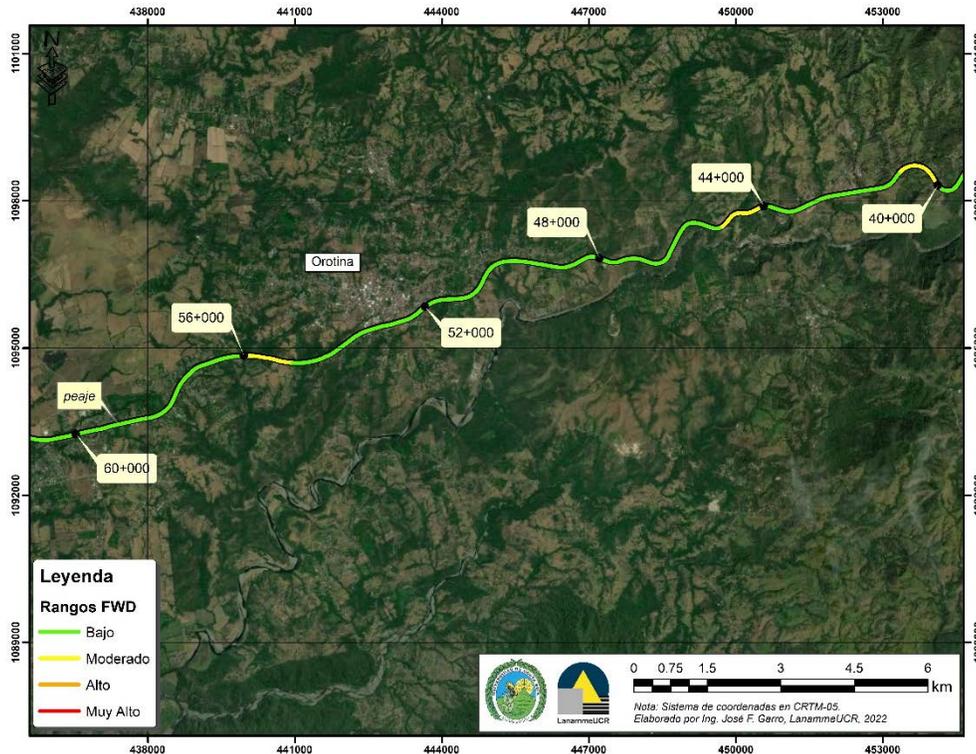


Figura 5. Ubicación de algunos tramos con deflexiones moderadas y bajas, sentido Caldera – San José.

3.2 Capacidad funcional, condición según regularidad superficial (IRI) y roderas en la troncal principal

3.2.1 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.

Es importante recordar que el IRI se correlaciona, entre otros factores, con los costos de operación vehicular, la movilidad de los usuarios y su confort. Los rangos de clasificación de la regularidad superficial en pavimentos se muestran en la Tabla 1.



Tabla 4. Rangos de clasificación del Índice de Regularidad Internacional (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 representa el promedio de las medidas de los sensores izquierdo y derecho del *perfilómetro*, que se hacen coincidir con la huella de los vehículos. Se excluye los elementos que se consideran como singularidades por medio de análisis estadísticos, los cuales se definen como:

“Cualquier alteración del perfil longitudinal del camino que no provenga de fallas constructivas y que incremente el valor del IRI en el tramo en que se encuentra. Entre ellas se pueden citar puentes, badenes, tapas de alcantarillas, cuñas, cruces de calles y otras, que por diseño geométrico alteren el perfil del camino”³

Para poder obtener el ahuellamiento, se utiliza un láser denominado “Láser de Ahuellamiento” (Wing), el cual es un dispositivo que se agrega al Perfilómetro Láser en el costado derecho y por triangulación, permite tener el valor de ahuellamiento con mayor precisión según la frecuencia que se ha definido previamente para obtener este el dato.

El Manual de Auscultación Visual 2016 (MAV-2016) define el ahuellamiento o roderas como: *“Una rodera es una depresión en las huellas del vehículo. Se puede dar un levantamiento en los bordes de las roderas, pero generalmente las roderas sólo se notan luego de que llueve, pues las huellas se llenan de agua. Las roderas se derivan de una deformación permanente que puede proceder de cualquier capa del pavimento o de la subrasante, usualmente su causa se asocia a consolidación o movimiento lateral de los materiales.”*

³ El informe *Determinación de un procedimiento de ensayo para Cálculo del IRI, UI-03-08, del LanammeUCR explica la metodología para el cálculo de IRI y parámetros a considerar en el análisis de este indicador*



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 26

El MAV-2016 define tres criterios de severidad a saber:

- Bajo:** La profundidad promedio es de 6 mm a 13 mm.
- Medio:** La profundidad promedio es de 13 mm a 25 mm.
- Alto:** La profundidad promedio es mayor a 25 mm.

Por otra parte, el Contrato Concesión de la Carretera San José – Caldera, en la sección **2.15.2 Indicadores para Pavimento Asfáltico** (su equivalente en el Cartel de Licitación es **2.5.2 Indicadores para Pavimento Asfáltico**), establece como indicador máximo, un valor de Ahuellamiento menor a 15 mm y no más de 50 m/km.

3.2.2 Resultados del Índice de Regularidad Internacional (IRI)

La Tabla 2 muestra los resultados obtenidos en la evaluación de la regularidad superficial del proyecto en el mes de agosto del 2020; la Figura 2 y Figura 3 muestran en forma gráfica la evaluación para este periodo, en cada sentido de circulación.



Tabla 5. Resultados obtenidos en regularidad superficial, Ruta 27

Rango IRI (^m /km)	Sentido			
	San José – Caldera		Caldera – San José	
menor a 1,0	0 km	0,0 %	0 km	0,0 %
entre 1,0 y 1,9	21 km	27,27 %	22 km	28,57 %
entre 1,9 y 3,6	56 km	72,73 %	53 km	68,83 %
entre 3,6 y 6,4	0 km	0,0 %	2 km	2,60 %
mayor a 6,4	0 km	0,0 %	0 km	0,00 %
Total	77 km	100 %	77 km	100 %

Capacidad Funcional San José - Caldera, 2022-2023

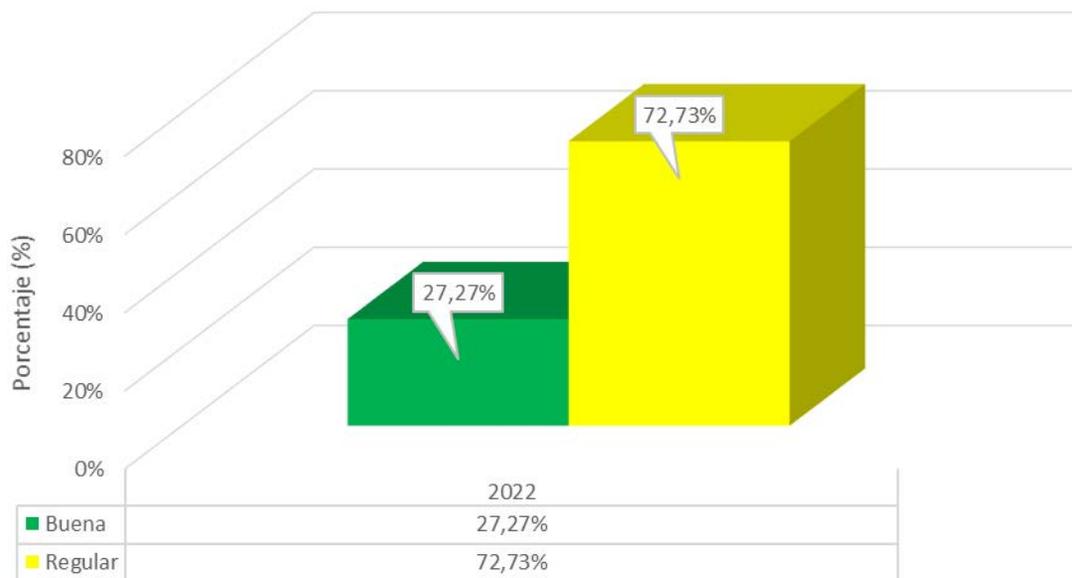


Figura 6. Resultados obtenidos en el parámetro IRI, sentido San José – Caldera



Capacidad Funcional Caldera - San José, 2022-2023

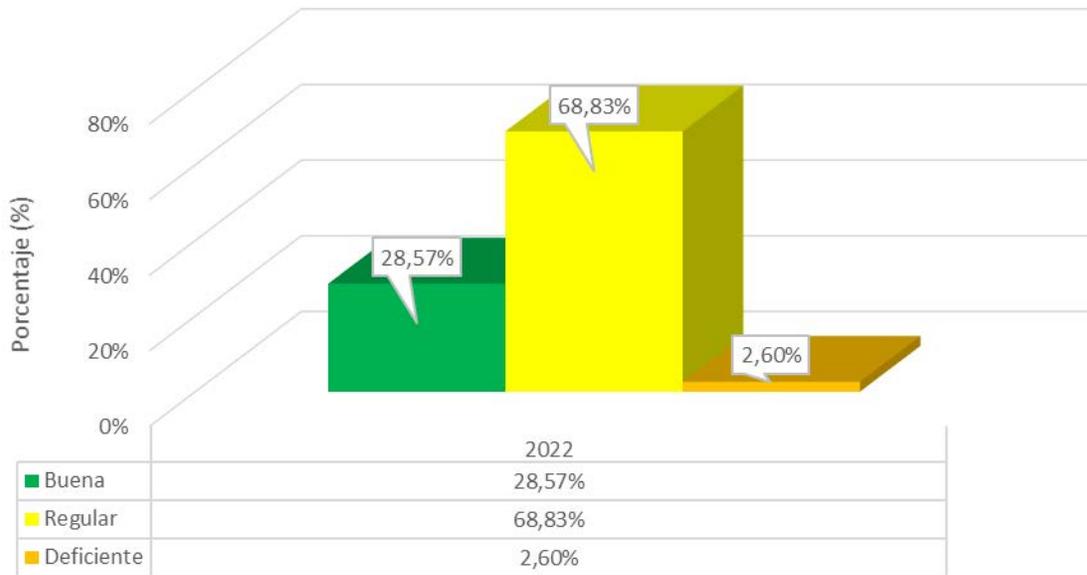


Figura 7. Resultados obtenidos en el parámetro IRI, sentido Caldera – San José

En la Figura 4 se muestran algunos tramos que cuentan con una condición funcional regular, para ambos sentidos de la ruta.

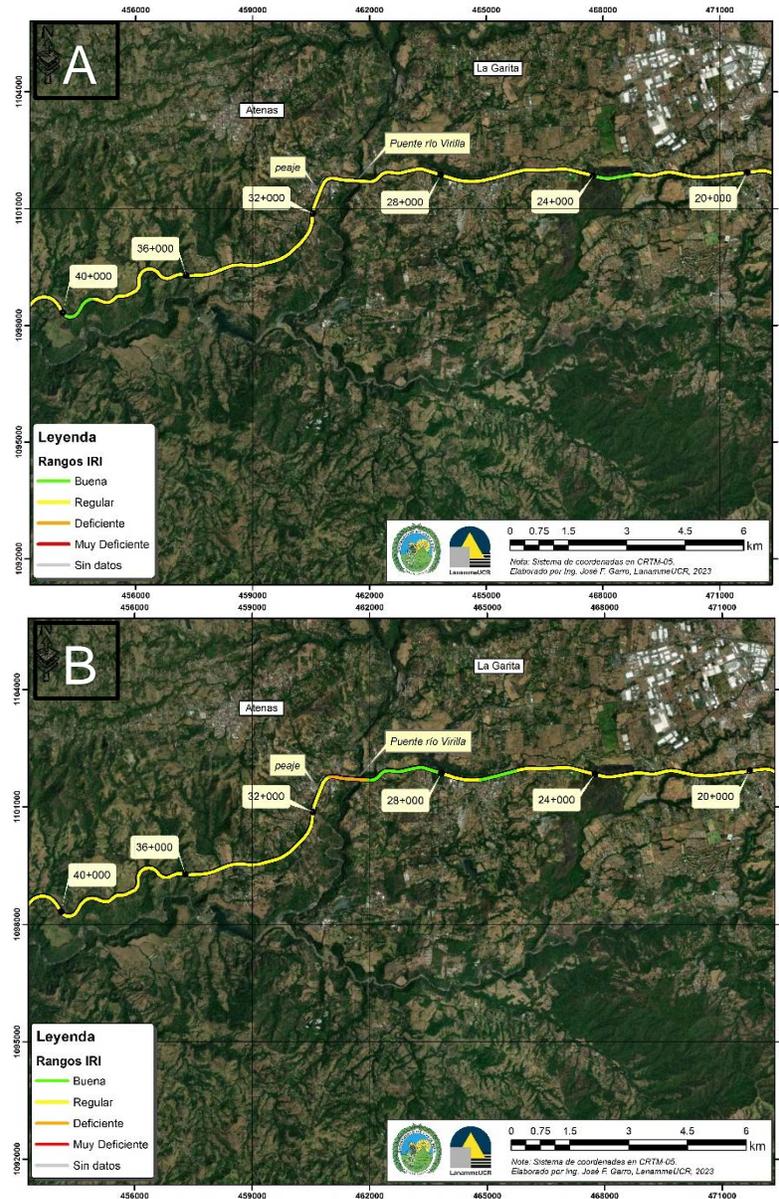


Figura 8. Ubicación de tramos con un IRI entre moderado y bajo.
A) sentido San José - Caldera, B) sentido Caldera - San José

En el Anexo 2 se muestran los mapas con la ubicación geográfica de los valores de IRI según su categoría.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 30

En la Figura 5 se presenta la comparación de los resultados obtenidos para determinar el ahuellamiento según la clasificación definida en el MAV-2016 en ambos sentidos de circulación en la troncal principal.

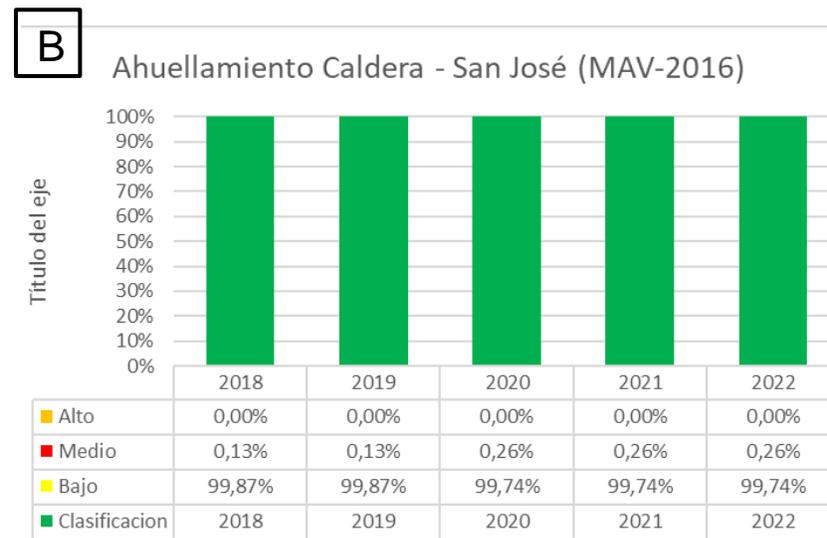
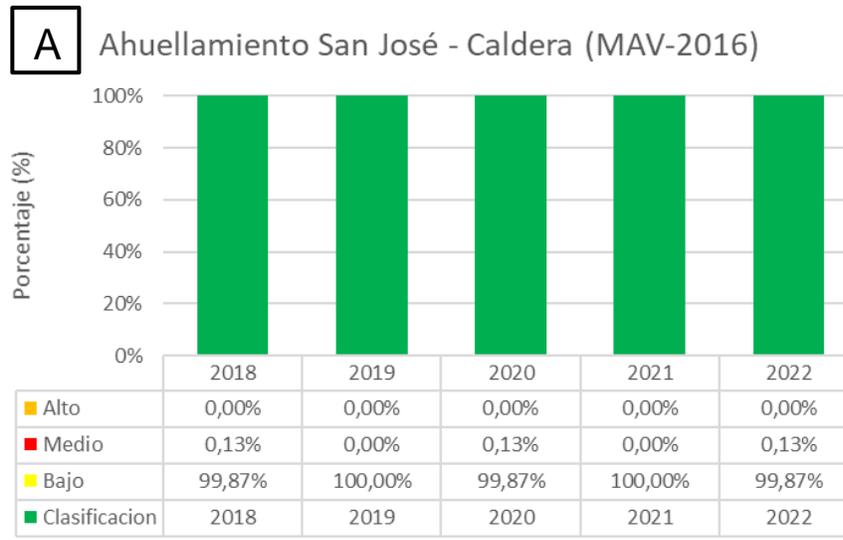


Figura 9. Resultados obtenidos del Ahuellamiento según el MAV-2016.

A) sentido San José - Caldera, B) sentido Caldera - San José

En siguiente figura se muestran los resultados de ahuellamiento según los parámetros estipulados el contrato.



Figura 10. Resultados obtenidos del Ahuellamiento según Contrato.
A) sentido San José - Caldera, B) sentido Caldera - San José

3.2.3 Análisis general de resultados de la evaluación de la capacidad funcional y ahuellamiento con el Perfilómetro Láser.

Con base en los valores obtenidos para este parámetro, un porcentaje importante (72,73 % y 68,83 % San José – Caldera y Caldera – San José respectivamente) de la longitud del proyecto evaluado, presenta valores de *IRI* en condición regular, lo cual como se ha mencionado en informes anteriores, además de influir de manera negativa en los costos de operación de la flota vehicular, incide de cierta manera en la estructura del pavimento, acelerando su deterioro. Como se mostrará en el apartado 3.4 *Análisis de Notas de Calidad Q, troncal principal, años 2022 – 2023*, con actividades de bajo impacto y costo, es posible mantener y mejorar los valores que se obtienen con este indicador.

En relación con los valores obtenidos para Ahuellamiento, para ambos sentidos se pudo observar que, en su gran mayoría, se encuentran dentro de la clasificación que cuenta con valores bajos de ahuellamiento según el MAV-2016. Con respecto a los límites máximos establecidos en el contrato, se pudo observar que, tanto para los valores individuales como para el acumulado por kilómetro, cumplen con los parámetros establecidos.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 32

3.3 Resultados obtenidos del coeficiente de rozamiento de pavimentos, troncal principal

3.3.1 Equipo utilizado y criterios de clasificación

Para esta campaña de evaluación, se utilizaron 2 equipos para estudiar el agarre superficial que presenta el pavimento de la ruta por medio del coeficiente de fricción, los cuales se muestran a continuación.

3.3.1.1 Grip Tester



Figura 11. Grip Tester

La evaluación de la Ruta Nacional No. 27 con este equipo abarcó la totalidad de la superficie pavimentada de la troncal principal, en ambos sentidos. Todas las mediciones se realizan a una velocidad promedio de 50 km/hora \pm 5 km/hora, en condición húmeda (condición crítica).

El rango de clasificación que se utilizó para evaluar la resistencia al deslizamiento es utilizado a nivel internacional, y relaciona los valores del *Grip Number* (GN) con el nivel de deslizamiento como se muestra en la Tabla 3.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 33

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 micro 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.

3.3.1.2 Mu Meter



Figura 12. Mu Meter

El *MuMeter* es usado principalmente para medir el coeficiente de rozamiento en pistas de aeropuertos por medio de la reacción de una celda de carga en respuesta a la fuerza de desviación que generan 2 ruedas que cuentan con un ángulo de desviación de 7°



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 34

respecto al eje central del equipo. Es por esta razón que su uso en redes viales no es común; los resultados obtenidos con este equipo no son comparables con aquellos obtenidos con el *GripTester*⁴.

3.3.2 Resultados de coeficiente de rozamiento con el *GripTester* y *MuMeter*

En total, se evaluaron y procesaron con el *GripTester* más de 30,000 secciones de 5 metros de longitud, las cuales se agruparon en datos por kilómetro para tener una mejor representación y control de los datos. Los resultados de las mediciones obtenidas para este proyecto en ambos sentidos San José – Caldera, Caldera – San José se presentan respectivamente en la Tabla 4, Tabla 5, Figura 9 y Figura 10.

Se debe aclarar que para los resultados del *GripTester* existen rangos de estado (ver Tabla 3), lo cual no es el caso con los resultados obtenidos del *MuMeter*, debido a lo mencionado anteriormente sobre su uso poco común en redes viales. Por ello, se remite a lo indicado en el contrato de la concesión, para definir si se encuentra dentro de los parámetros estipulados en él, o fuera de ellos.

Tabla 7. Resultados obtenidos con el *GripTester*

Sentido	Longitud en cada rango (km), %								Total (km)
	Muy Deslizante		Deslizante		Poco Deslizante		No Deslizante		
	km	%	km	%	km	%	km	%	
San José – Caldera	14	18,18	24	31,17	39	50,65	0	0,0	77
Caldera – San José	15	19,48	49	63,64	13	16,88	0	0,0	77

Tabla 8. Resultados obtenidos con el *MuMeter*

Sentido	Longitud en cada rango (km), %				Total (km)
	Dentro contrato		Fuera contrato		
	Km	%	km	%	
San José – Caldera	75	97,40	2	2,60	77
Caldera – San José	76	98,70	1	1,30	77

⁴ El *GripTester* posee sólo una rueda con la que se mide la fricción de la superficie de rueda, la cual se coloca sobre una de las huellas de los vehículos. Con el *MuMeter* esto no es posible, dado que mientras una de sus ruedas medidoras se coloca sobre la huella, la otra rueda medidora siempre se encontrará fuera de esta, lo que genera variaciones en los resultados obtenidos.

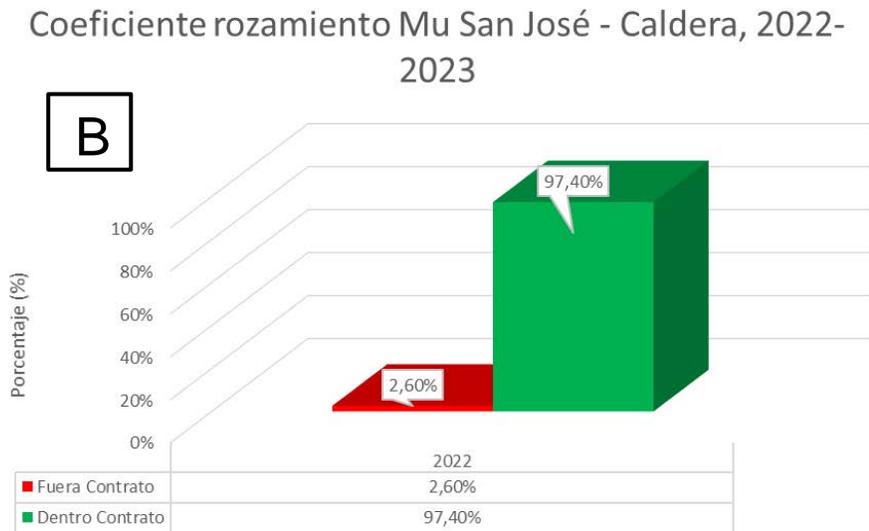
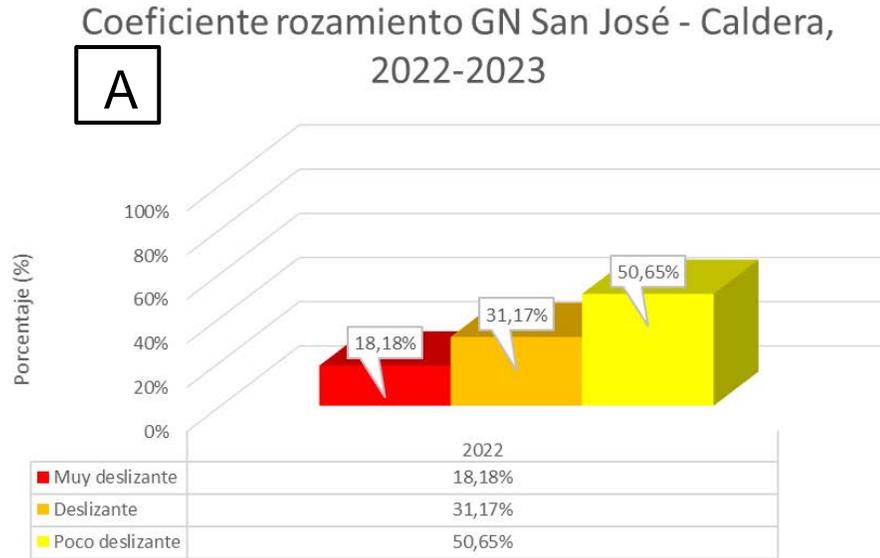


Figura 13. Resultados de las pruebas de A) Grip Tester y B) MuMeter.
Nota: Los rangos del Mu Meter corresponden a los indicados en el contrato.

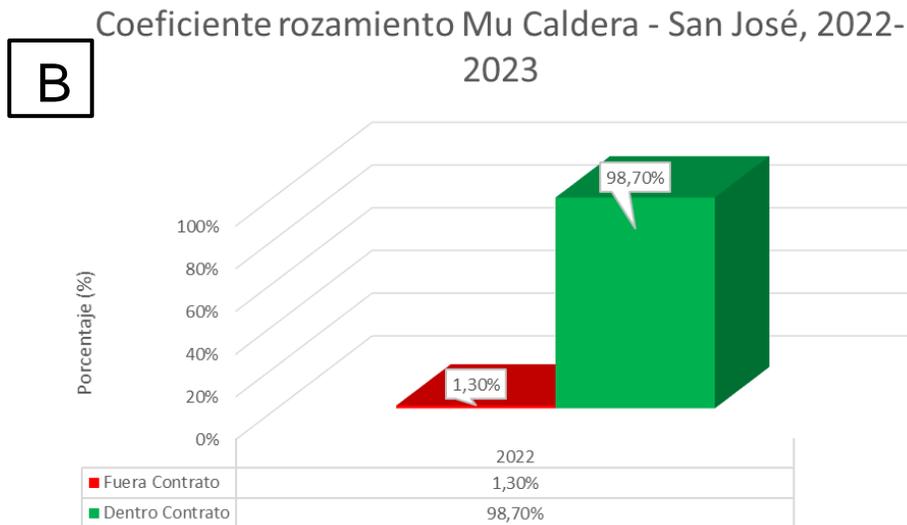
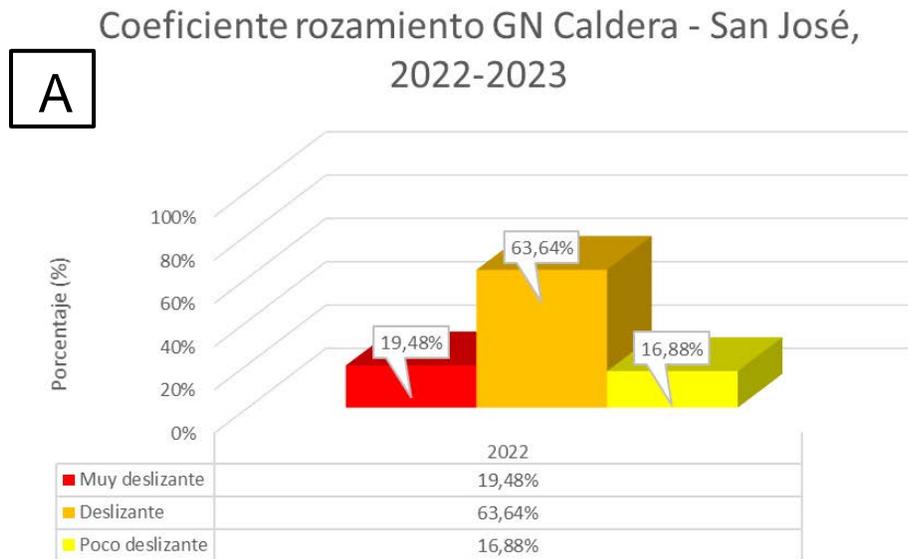


Figura 14. Resultados de las pruebas de a) Grip Tester y b) Mu Meter.
Nota: Los rangos del Mu Meter corresponden a los indicados en el contrato.

En la Figura 11 se muestra la ubicación geográfica de algunos tramos con valores bajos de fricción, según el análisis realizado con el *GripTester*.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 37

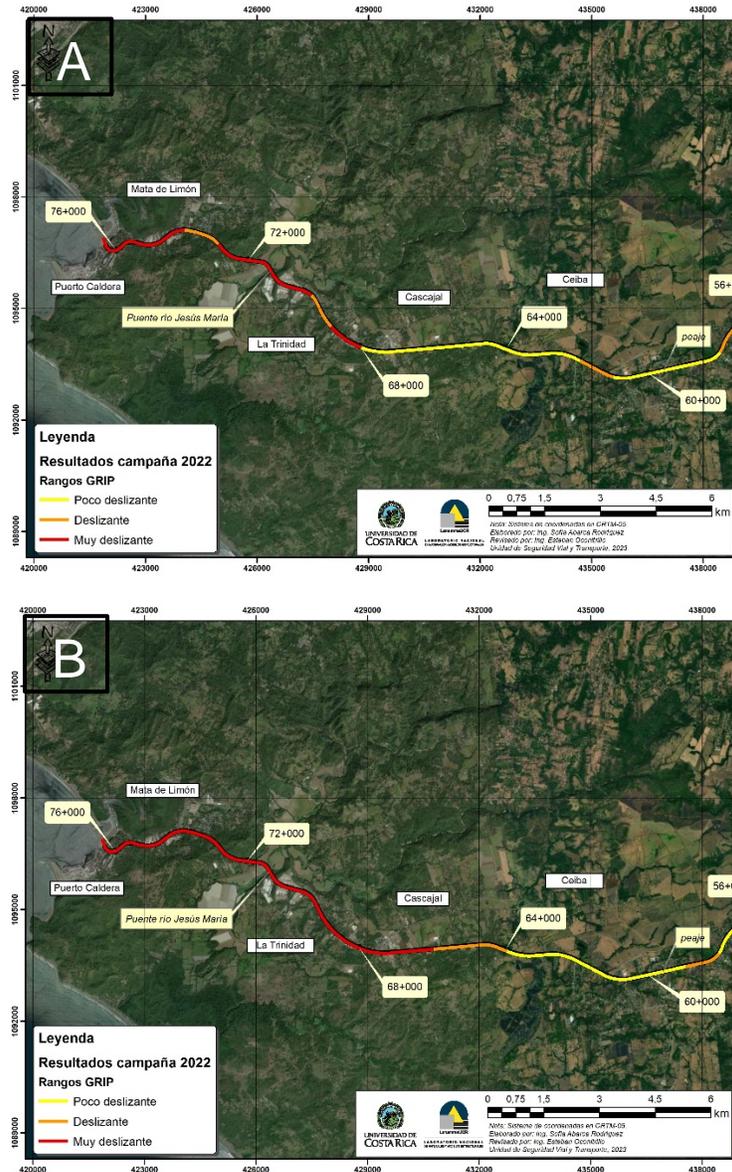


Figura 15. Ubicación de tramos con valores de fricción de poco deslizante a muy deslizante (Grip Tester).
A) sentido San José – Caldera, B) Caldera – San José.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 38

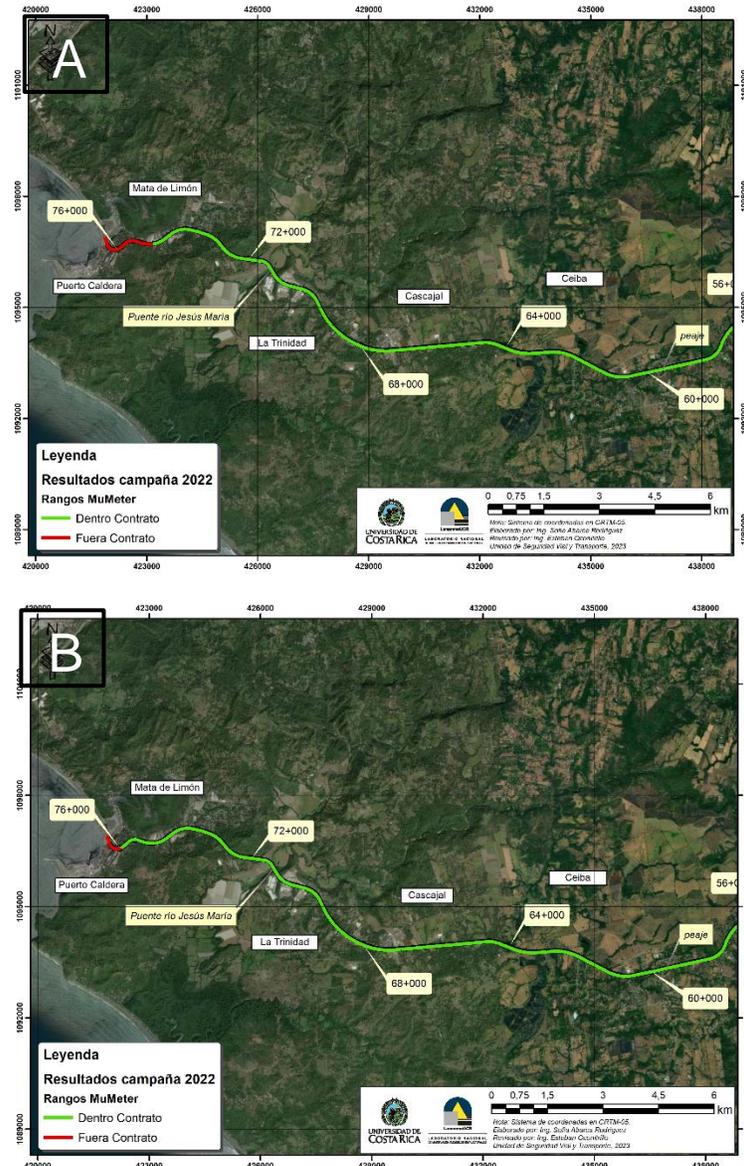


Figura 16. Ubicación de tramos con valores de fricción que cumplen o incumplen con el contrato (Mu Meter).
A) sentido San José – Caldera, B) sentido Caldera – San José

En el Anexo 3 se muestran los mapas de ubicación por kilómetro de los valores de fricción obtenidos.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 39

Para el caso del *MuMeter*, se utilizan los valores límites indicados en el contrato⁵, donde se especifica que para pendientes mayores del 6 % y en intersecciones, el valor mínimo es de 0,55 mientras que, para tramos rectos con pendientes menores al 6 % el valor mínimo es de 0,45⁶.

Al analizar los resultados de la Tabla 5 obtenidos para el sentido San José – Caldera se puede observar que alrededor del 2,60 % de la longitud no cumple con los parámetros que se indican en el contrato para este indicador, mientras que en el sentido Caldera – San José, cerca del 1,30% de la longitud incumple con los parámetros indicados en el contrato en este indicador.

En la Figura 12 se muestra los tramos donde hay mayor presencia de valores que incumplen con los rangos indicados en el contrato.

Por su parte, los resultados de la Tabla 4 obtenidos con el GripTester muestran que alrededor del 31 % de la longitud de la ruta en el sentido San José – Caldera presenta condiciones Deslizantes, un 51 % de la ruta muestra condiciones Poco Deslizantes, y un 18 %, aproximadamente, muestra condiciones Muy Deslizantes. Por su parte, en el sentido Caldera – San José, cerca de un 19 % de la longitud cuenta con una condición Muy Deslizante, un 17 % muestra una condición Poco Deslizante, y un 64 % una condición Deslizante.

Es así como, con el GripTester se identifican zonas donde puede aumentar la probabilidad de que ocurran choques viales al presentar coeficientes de fricción bajos, además se evidencian diferencias de criterio entre el porcentaje de vía que presenta condiciones muy deslizantes y deslizantes, contra los tramos que contractualmente cumplen con el *MuMeter*.

3.4 Análisis de Notas de Calidad Q, troncal principal, años 2022 – 2023

Para la definición de las Notas de Calidad Q, se clasifica las unidades de análisis según la condición estructural (FWD) donde para esta evaluación, se utilizó la clasificación obtenida en la campaña anterior como se comentó en la sección 4.1 *Capacidad estructural, deflexiones obtenidas mediante el FWD, troncal principal*, funcional (IRI) y de resistencia al deslizamiento (GN). Posteriormente, para cada de estas unidades de análisis, se combinan

⁵ Contrato Concesión de la carretera San José - Caldera, apartado "2.15.2 Indicadores para Pavimento Asfáltico, inciso f. Resistencia al resbalamiento (m)", donde el *MuMeter* se denomina como *Miu-meter*.

⁶ Es necesario aclarar que estos rangos deben ser revisados en el contrato ya que este equipo no se ve afectado por los cambios de pendiente de la carretera.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 40

los resultados obtenidos de los indicadores que se mostraron anteriormente y se define una nueva calificación, conocida como Nota de Calidad (Nota Q), donde se establece el diagnóstico final de la condición de la sección y permite establecer una estrategia general de intervención final, tal como se muestra en la Figura 13.

INDICADOR ESTRUCTURAL		CATEGORIAS DE FWD				
		BAJAS	MODERADA	ALTAS	MUY ALTAS	
INDICADOR FUNCIONAL	Rangos de IRI (m/Km)	< 1,9 (Bueno)	Q1	Q3	Q6	R-1
		1,9 – 3,6 (Regular)	Q2	Q5	Q8	R-2
		3,6 – 6,4 (Malo)	Q4	Q7	Q9	R-3
		> 6,4 (Muy Malo)	M-RF	RH-RF	R-3	NP

Figura 17. Distribución de las Notas de Calidad Q para la troncal principal. A) San José – Caldera, B) Caldera – San José

La definición de las notas de calidad es la siguiente:

Q1: Esta es la condición ideal de un pavimento desde el punto de vista estructural y funcional. Son pavimentos que se encuentran en un estado temprano de su vida útil y que brindan un buen servicio al usuario, mantienen altos niveles de servicio y bajos costos de operación vehicular. A pesar de esta condición estos pavimentos deben ser evaluados para identificar la presencia de deterioros que puedan afectar la seguridad vial tales como desprendimientos, desnudamiento o exudaciones, los cuales no constituyen deterioros estructurales o de regularidad que puedan ser percibidos por el perfilógrafo (IRI) o por la deflectometría de campo. Estos pavimentos son candidatos a intervenciones de tipo mantenimiento de preservación de bajo costo.

Q2: En estos pavimentos la capacidad estructural sigue siendo muy buena, sin embargo, el nivel de regularidad superficial se ha desplazado a una condición regular donde la calidad del manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos y se pueden presentar problemas para altas velocidades de tránsito. Los defectos superficiales en los pavimentos flexibles pueden incluir deformaciones en la mezcla asfáltica, baches reparados y agrietamientos de severidad baja. Estos pavimentos son candidatos a intervenciones de



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 41

tipo mantenimiento de preservación de bajo costo, enfocadas en corregir la pérdida de capacidad funcional.

Q3: En estos pavimentos se presenta una pérdida de la capacidad estructural (20 – 60 % de vida estructural remanente), aunque la capacidad funcional (IRI) se mantiene entre buena y muy buena. En estos casos, la presencia de deterioros funcionales tales como desprendimientos, desnudamiento o exudaciones, los cuales no constituyen deterioros estructurales que puedan ser percibidos por el perfilógrafo (IRI) o por la deflectometría de campo, pueden tener un mayor nivel de severidad o extensión. Estos pavimentos son candidatos a intervenciones de tipo mantenimiento de preservación de bajo costo, enfocadas a atender la pérdida de capacidad estructural y detener o retardar su avance.

Q4: En estos pavimentos la calidad de la superficie asfáltica se ha deteriorado hasta un punto donde puede afectarse la velocidad de tránsito, aún en condiciones de flujo libre. Los pavimentos flexibles pueden tener grandes baches y grietas profundas; el deterioro incluye pérdida de agregados, agrietamientos y ahuellamientos y ocurre en un 50 % o más de la superficie. Aunque la capacidad estructural es buena (se mantiene una buena condición de las capas de subyacentes) la condición de deterioro funcional es de tal severidad que la durabilidad de los pavimentos se disminuye, aumentando la tasa de deterioro estructural de forma elevada. Debido al deterioro de la capa de ruedo estos pavimentos pasarán a las categorías M-RF o Q7 en el mediano plazo. Estos pavimentos son candidatos a intervenciones de tipo mantenimiento de mediano costo que deberían estar enfocadas a atender la pérdida de capacidad funcional en el corto plazo.

Q5: Estos pavimentos deben ser sujetos de análisis más detallado a nivel de proyecto por encontrarse en una condición de capacidad estructural y funcional intermedia.

Q7: Los pavimentos en esta categoría tienen una condición de ruedo similar a los descritos para la categoría Q4, sin embargo, presentan una peor condición estructural (cercana al 60 % de vida estructural remanente del pavimento), por lo que la presencia de deterioros como ahuellamientos, agrietamiento por fatiga o agrietamientos transversales y longitudinales es mayor. En estos pavimentos la velocidad del deterioro estructural y funcional se intensifica, por lo que están propensos a pasar a las categorías RH-RF o Q9 en el mediano plazo. Estos pavimentos presentan tramos candidatos a intervenciones de tipo “rehabilitación menor” que deberían estar enfocadas en recuperar la pérdida de capacidad funcional en el mediano plazo con el fin de evitar o retardar un mayor deterioro de la capacidad estructural.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 42

Q6, Q8 y Q9: Estos pavimentos presentan una condición estructural muy deficiente (vida estructural remanente $< 20\%$). En este grupo de notas de calidad, en el caso de los tramos calificados como Q6 por ejemplo, donde la calidad del ruedo es buena se debe a la presencia de sobrecapados o tratamientos superficiales recientes pero que no han contribuido a dar aporte estructural significativo, por lo tanto, son trabajos de poca durabilidad y existe una alta probabilidad de una rápida migración a notas como las Q8 y Q9 donde la capacidad funcional es peor, así como a notas como R-1 donde la capacidad estructural remanente es cercana al 0 % de vida útil. La condición de pérdida acelerada de la capacidad estructural y funcional en estos pavimentos, los convierte en candidatos a intervenciones de tipo rehabilitación mayor que debería ser atendida en el corto plazo.

Con base en los datos obtenidos en la evaluación de la condición estructural y funcional, se procedió a calcular las Notas de Calidad Q en tramos de un kilómetro de longitud en la troncal principal, para ambos sentidos (Figura 15). Los resultados muestran de manera general un pavimento en buenas condiciones tanto desde el punto de vista estructural como funcional dado que, en ambos sentidos, alrededor de un 95 % de su longitud se encuentra en las notas Q1 y Q2. Sin embargo, resalta que en el sentido San José – Caldera, alrededor de un 4 % de longitud presenta una nota de Q5 y un 5 % en el sentido Caldera – San José, condición que se presenta debido a los valores de deflectometría Moderados y de IRI en el rango de regular. Adicionalmente, se detectan tramos que presentan una nota de Q6 es decir Rehabilitación Mayor (Ver Figura 14) (que representan alrededor del 1 %) se caracteriza por valores de deflectometría altos, que caracteriza una estructura de pavimento que presenta una disminución en su capacidad estructural.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 43

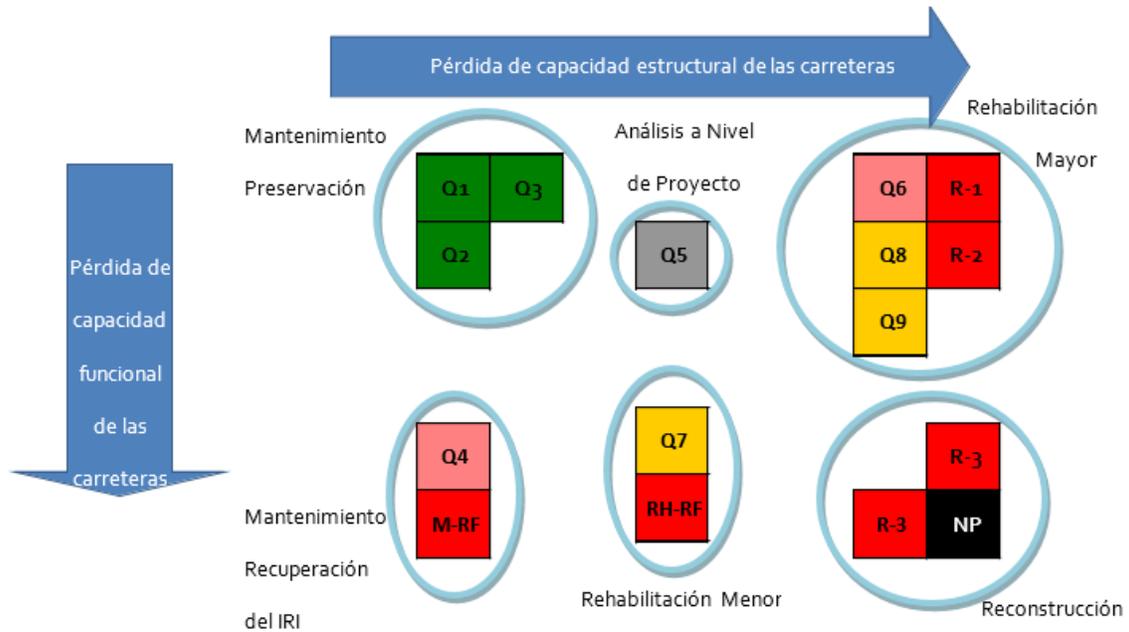
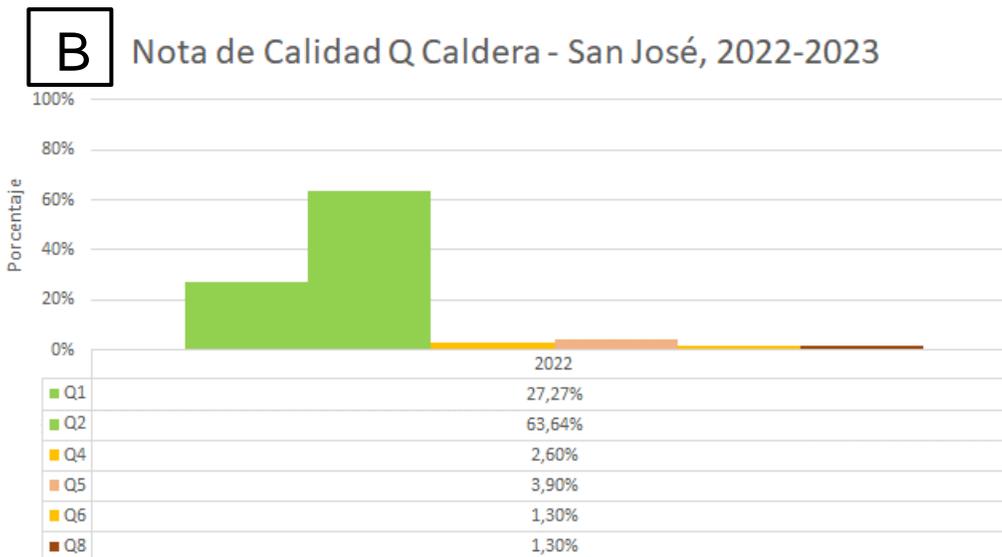
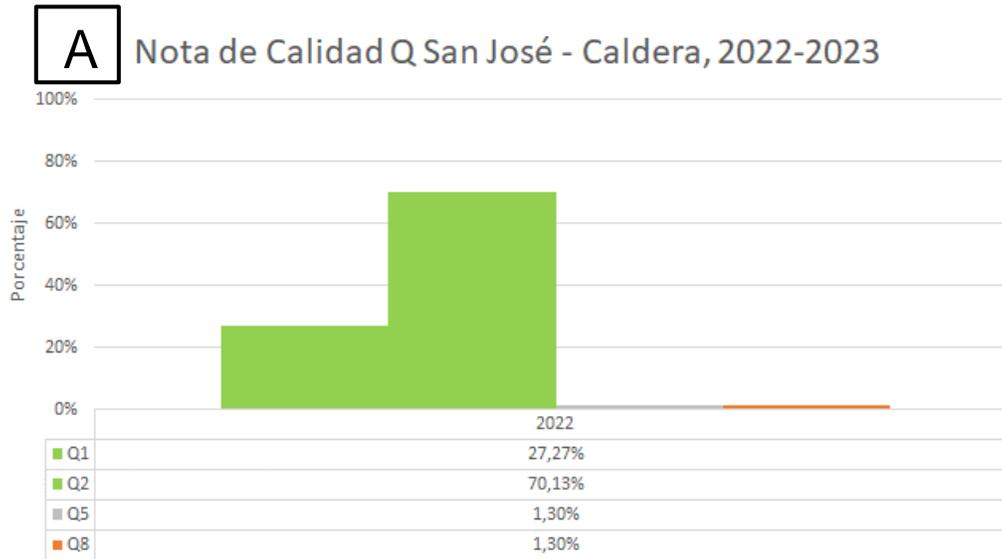


Figura 18. Agrupación de las notas de calidad para definición de estrategias generales de intervención
Fuente: Sanabria-Sandino, Barrantes-Jiménez, & Loría-Salazar, 2011



b)

Figura 19.: Distribución de las Notas de Calidad Q para la troncal principal. A) San José – Caldera, B) Caldera – San José

En la Figura 16 se muestran ejemplos de la ubicación de tramos con diversas Notas de Calidad Q.

En el Anexo IV se muestran los resultados obtenidos en este parámetro, según su ubicación geográfica.

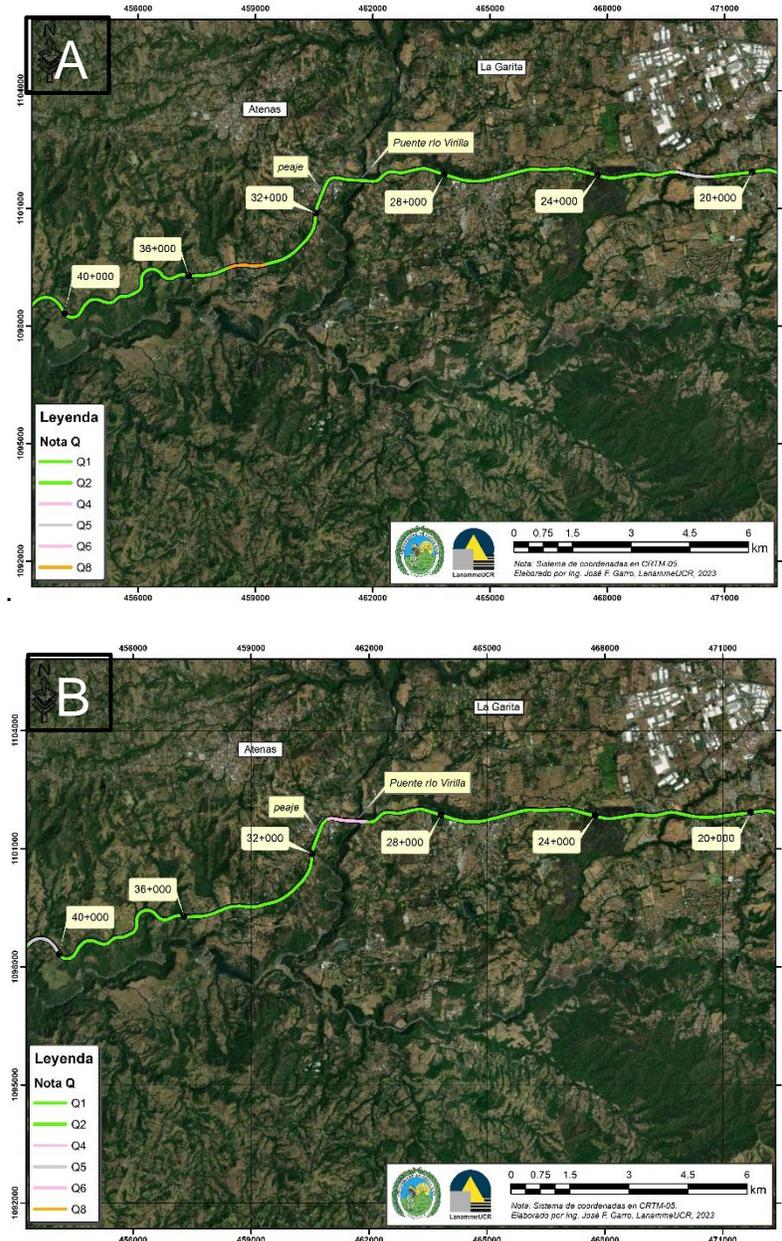


Figura 20. Ubicación de tramos con Notas de Calidad entre Q1 – Q3, y Q5.
A) Sentido San José – Cadera, B) sentido Caldera – San José.

Debido al nivel de agarre Muy Deslizante y Deslizante, según el Grip Tester, que presenta un porcentaje importante de la longitud del proyecto, cerca de un 33 % sentido San José-Caldera y alrededor de un 35 % sentido Caldera-San José (ver Sección 4.3



Resultados obtenidos del coeficiente de rozamiento de pavimentos, troncal principal), las *Estrategias de Intervención* (ver Figura 17) a realizar se enmarcan en labores de recuperación de la textura superficial de la ruta, tales como tratamientos superficiales, que buscan obtener mejores niveles de agarre superficial. Los resultados de las estrategias obtenidas se muestran en la Figura 18.

Grip Number	Posibilidades de Intervención en función de la Nota Q		
	Q1	Q2	Q3
> 0,78	N.I.	N.I.	SS ChS1 (TS1)
0,6 - 0,78	N.I.	SS ChS1 (TS1)	ChS2 (TS2) ChS3 (TS3)
0,5 - 0,6	SS ChS1 (TS1)	ChS2 (TS2) ChS3 (TS3)	ChS2 (TS2) ChS3 (TS3) Slurry
< 0,5	ChS2 (TS2) ChS3 (TS3) Slurry	ChS2 (TS2) ChS3 (TS3) Slurry	ChS2 (TS2) ChS3 (TS3) Slurry <u>Micropavimentos</u>

Figura 21: Posibilidades de intervención en función de la Nota Q.

Dentro de las muchas opciones existentes para tratamientos de preservación, que pueden ser valoradas para atender y minimizar los distintos niveles de peligrosidad ante resistencia al deslizamiento, estas recomendaciones se definen así:

N.I.: No intervención. El nivel de resistencia al deslizamiento es muy bueno y no requiere de intervenciones para atender la resistencia al deslizamiento.

SS: Sand Seal o sello de arena. Aplicación de una emulsión asfáltica o asfalto diluido sobre la superficie del pavimento a una tasa de colocación definida, posteriormente se aplica una capa de arena graduada para mejorar o retardar condiciones de desprendimientos, desnudamientos o sellado de fisuras menores.

ChS1,2 y 3: Chip seal o sello de agregado. También conocido como “tratamientos superficiales” del tipo 1 (TS-1), tipo 2 (Ts-2) y tipo 3(TS-3). Aplicación de una emulsión asfáltica o asfalto diluido sobre la superficie del pavimento a una tasa de colocación definida, posteriormente se aplica una capa de agregado graduado en capas desde 1 a 3 variando el tamaño del agregado para mejorar o retardar condiciones de desprendimientos, desnudamientos exudación, mala fricción o sellado de fisuras menores.

Slurry seal: Sello de lechada asfáltica. Aplicación de una mezcla de emulsión asfáltica combinada con un agregado fino, por medio de equipos especializados puede ser



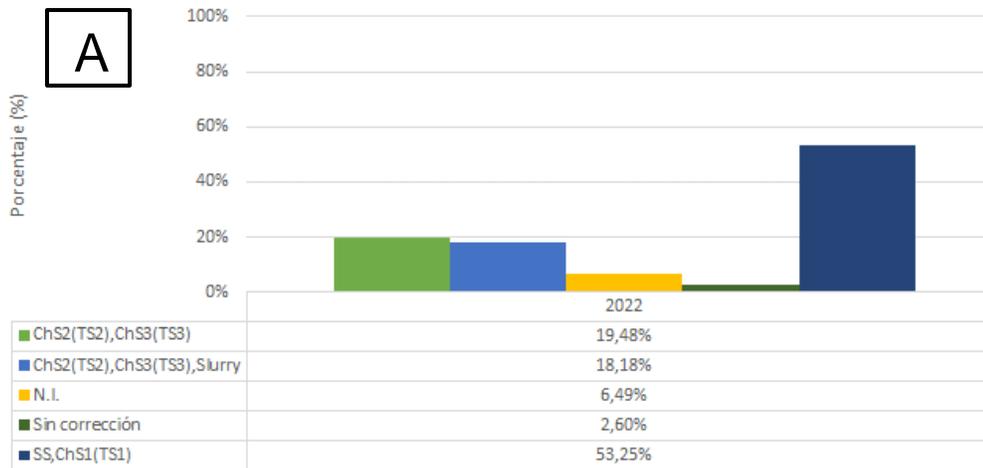
Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 47

utilizada para mejorar o retardar condiciones de desprendimientos, desnudamientos exudación, mala fricción o sellado de fisuras menores.

Micro-pavimentos: Es un tipo de slurry seal que utiliza una emulsión modificada con polímeros plásticos, agregados de alta calidad y aditivos especiales.

Estrat. Intervención San José - Caldera, 2022-2023



Estrat. Intervención Caldera - San José, 2022-2023

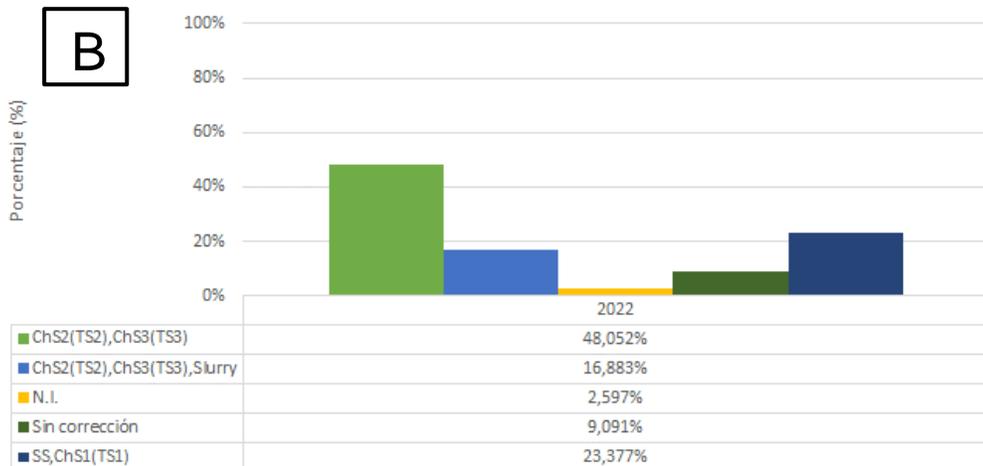


Figura 22. Distribución de las labores de rehabilitación en porcentajes, en la troncal principal, A) San José – Caldera, B) Caldera – San José. Según resultados del Grip Tester.



3.5 Comparación de indicadores en la troncal principal, años 2012 al 2022

3.5.1 Evaluación con el Perfilómetro Láser

Del análisis de las Figura 19, se observa que para el sentido San José – Caldera para años del 2013 a 2018, se da un aumento constante en la categoría *Regular*, para el 2019 se da una mejora considerable, pero en las evaluaciones de los años 2020 y 2021, se observa que continúa la tendencia que estaba presente en las evaluaciones anteriores al año 2019, ya que presenta con mayor presencia la condición regular.

A partir del año 2014 y hasta el 2018, se aprecia un incremento cercano un 30 % en la condición regular para el sentido Caldera – San José, presentando una leve mejora cercana al 8 % en el año 2019, para los años 2020 y 2021, al igual que en el caso del sentido San José – Caldera, se continúa la tendencia en desmejora de este indicador.

Capacidad Funcional San José - Caldera, 2012-2022

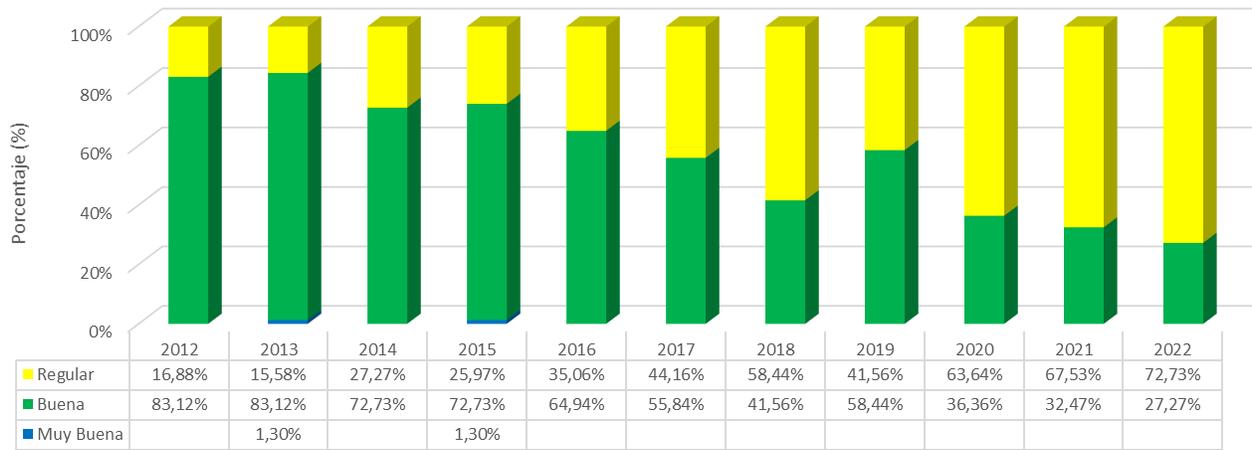


Figura 23. Resultados obtenidos en la evaluación de las regularidades superficiales del pavimento para las campañas 2012 al 2022, sentido San José – Caldera de la Ruta Nacional 27



Capacidad Funcional Caldera - San José, 2012-2022

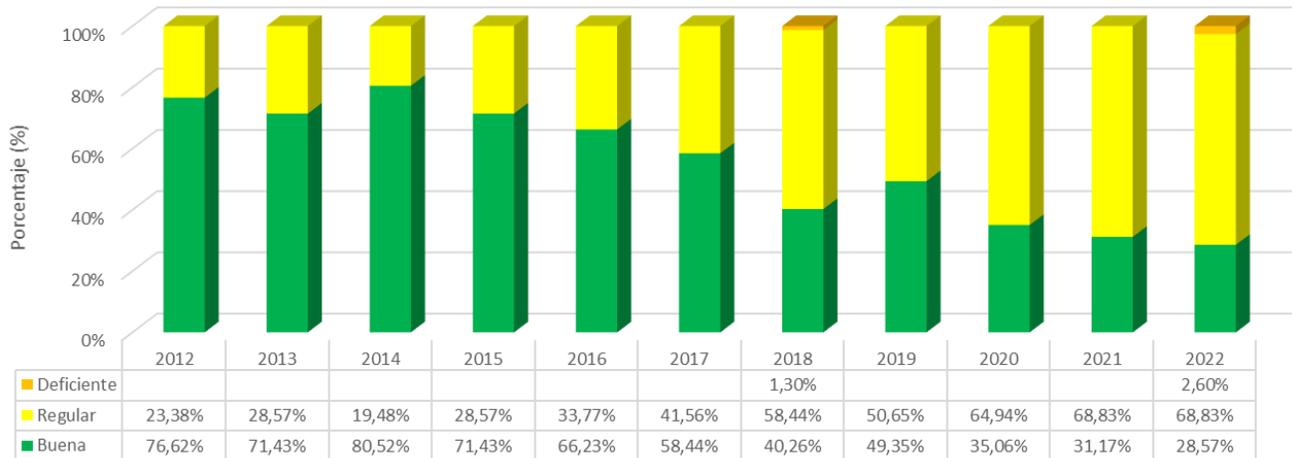


Figura 24. Resultados obtenidos en la evaluación de las regularidades superficiales del pavimento para las campañas 2012 al 2022, sentido Caldera – San José de la Ruta Nacional 27

3.5.2 Evaluación del coeficiente de rozamiento superficial con el Grip Tester

En la Tabla 4. Resultados obtenidos con el GripTester se muestra que en el sentido San José – Caldera, del año 2021 al 2022, el parámetro ha empeorado, ya que pasó de una condición Muy deslizante de 5,19 % en el año 2021 a 18,18 % para el año 2022. En el caso de la categoría Deslizante, el parámetro aumentó con respecto al año 2021, ya que para este año se presentó un 27,27 % en esta categoría y para el año 2022 aumentó a 31,17 %. Cabe destacar que, la categoría Poco Deslizante disminuyó con respecto al año 2021, de 66,23 % a 50,65 %.

En la Tabla 4. Resultados obtenidos con el GripTester sentido Caldera – San José, los resultados del 2021 al 2022 también evidencian una tendencia similar al caso anterior, debido a que se empeoró la condición de resistencia al deslizamiento en la vía. En la clasificación Muy Deslizante para el año 2021, se registró un valor de 3,9 % de la vía con esta condición crítica, valor que para el año 2022 se aumentó a 19,48 %. Para la categoría Deslizante, pasó de 31,17 % en el año 2021 a 63,64 % en el año 2022. Al igual que para el sentido San José – Caldera, para el año 2022 la condición Poco Deslizante disminuyó en comparación con el año 2021, pasó de 64,94 % a 16,88 % con respecto al año 2022.

Es importante destacar que la meta a nivel del parámetro de deslizamiento superficial del pavimento corresponde a la condición No deslizante y este valor para el año 2022 presenta un valor de 0,0 % en el sentido San José – Caldera, el cual disminuyó frente



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 50

al año 2021 donde se tenía un valor de 1,30% y 0,0 % en el sentido Caldera – San José. Cabe resaltar que la condición No deslizante del 2012 al 2022 no ha excedido un valor de 11,84 % para el sentido San José – Caldera, valor identificado en el año 2013 y que ha tendido hacia un valor de 0 % en ambos sentidos de la vía en los registros históricos.

Coeficiente rozamiento GN San José - Caldera, 2012-2022

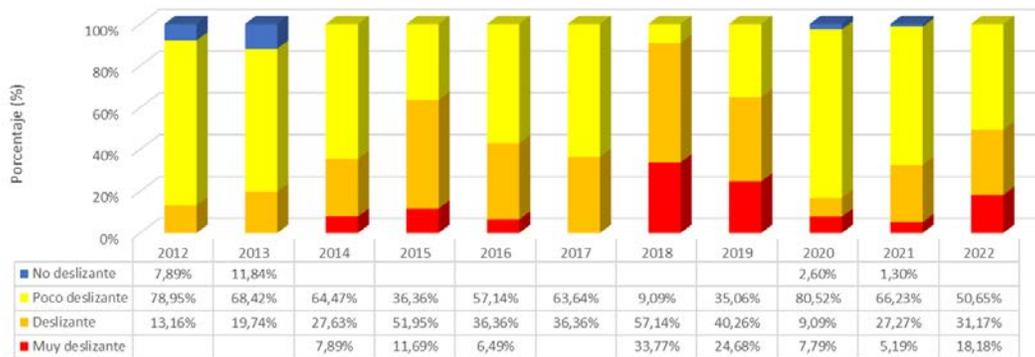


Figura 25. Resultados obtenidos en la evaluación del nivel de deslizamiento superficial del pavimento para las campañas 2012 al 2022, sentido San José – Caldera de la Ruta Nacional 27

Coeficiente rozamiento GN Caldera - San José, 2012-2022

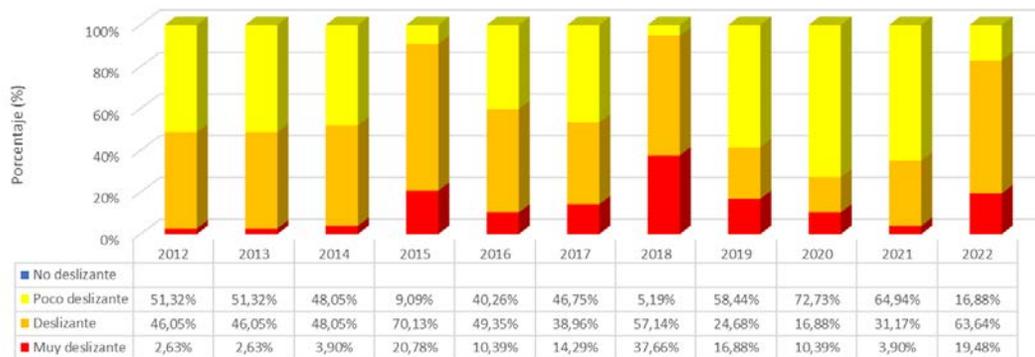


Figura 26. Resultados obtenidos en la evaluación del nivel de deslizamiento superficial del pavimento para las campañas 2012 al 2022 sentido Caldera – San José de la Ruta Nacional 27

3.6 Comparación de las notas Q obtenidas para la Ruta 27, años 2012 al 2022

Por medio de la utilización de la metodología para el cálculo de las Notas de Calidad Q, el LanammeUCR introduce un indicador de condición del proyecto, que permite evaluar la evolución del deterioro del corredor en forma integral. Las Notas de Calidad Q ponderan la condición estructural y la condición funcional en un único indicador, y correlaciona esta



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 51

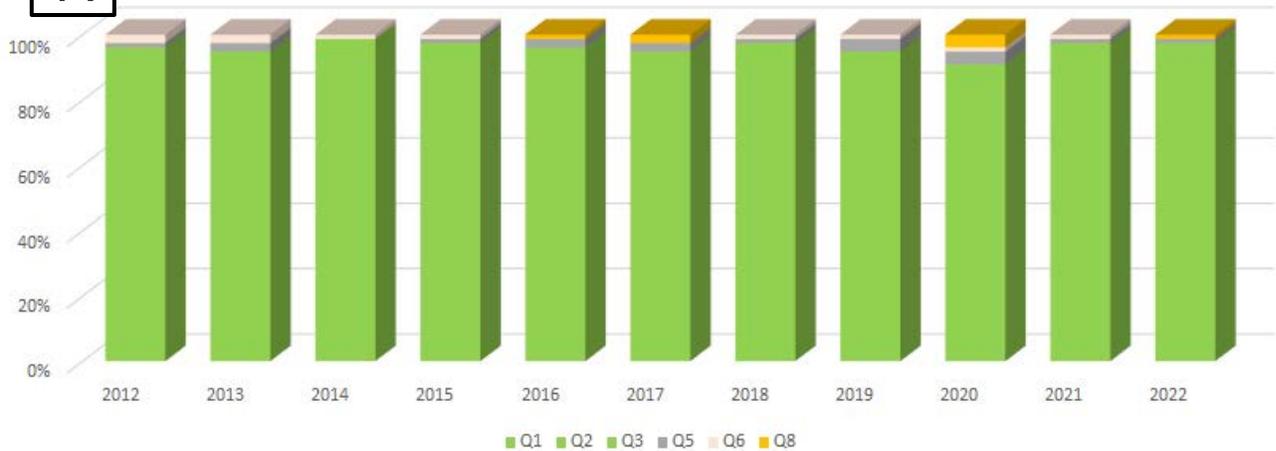
nota con los valores de agarre superficial, para establecer niveles de intervención; es decir, actividades que van desde el mantenimiento hasta la reconstrucción total de una vía.

Calculando las notas de calidad Q para el corredor de la troncal principal y comparándola con sus equivalentes en evaluaciones anteriores, se puede conocer el nivel de calidad del proyecto y su desempeño en el tiempo (Figura 23).



A

Nota de Calidad Q San José - Caldera, 2012-2022



B

Nota de Calidad Q Caldera - San José, 2012-2022



Figura 27. Resultados obtenidos en la comparación de Notas Q para las campañas 2012 al 2022. A) San José – Caldera, B) Caldera – San José

Para ambos sentidos de circulación se puede apreciar en la figura anterior que conforme va disminuyendo la condición funcional y, en menor medida, la condición estructural, se va presentando una disminución constante de la longitud del proyecto con nota de calidad Q1, evolucionando hacia Q2 principalmente.

Con respecto a las estrategias de intervención, la comparación de resultados entre evaluaciones desde el año 2012 al 2021 se muestra en la Figura 24.

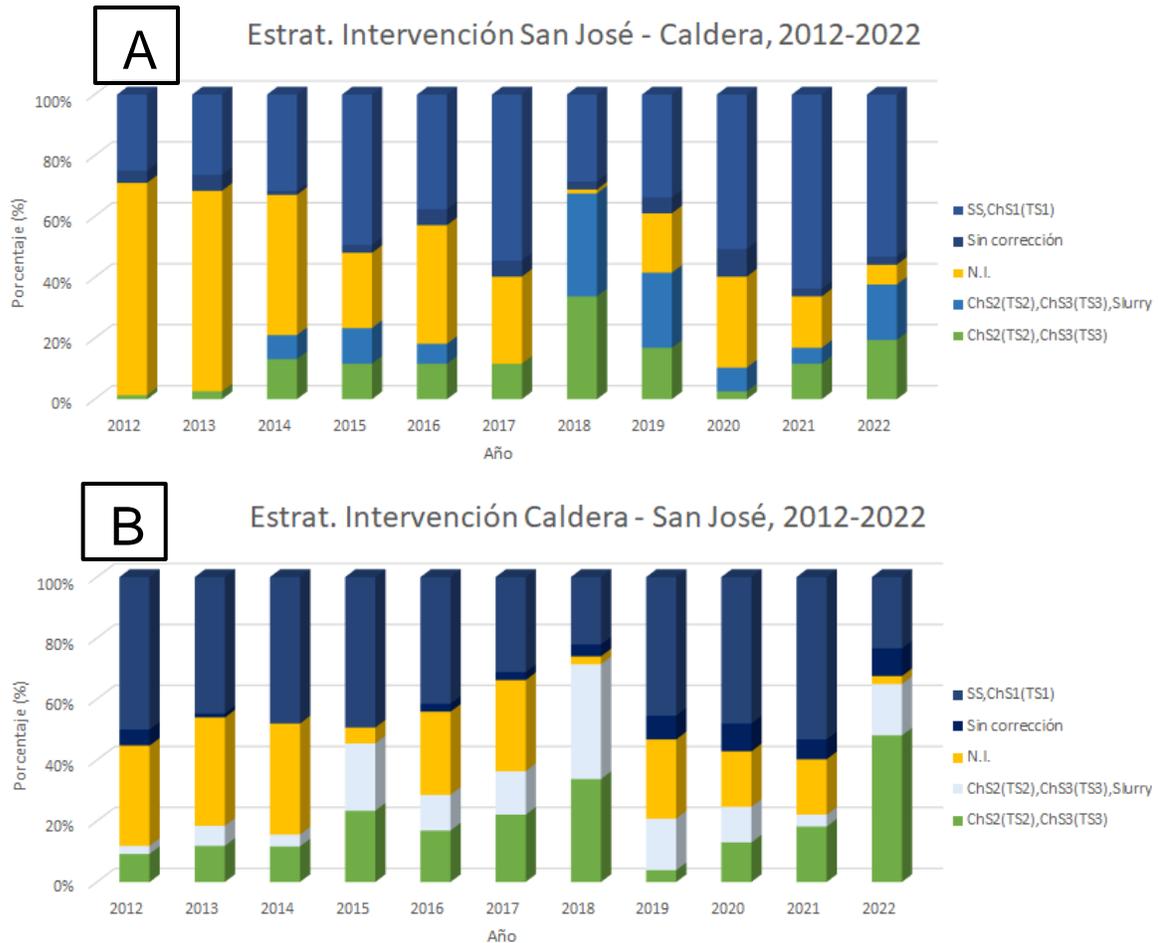


Figura 28.: Resultados obtenidos en la comparación de estrategias de intervención para las campañas 2012 al 2022. A) San José – Caldera, B) Caldera – San José

Estas estrategias están definidas con el objeto de mejorar las condiciones generales de la ruta relacionadas principalmente a la condición funcional y resistencia al deslizamiento. En la figura anterior se muestra que a lo largo de los años evaluados en el sentido San José – Caldera, la longitud de la ruta que no requería de alguna intervención (N.I.) ha disminuido en las últimas dos evaluaciones, incrementando la categoría *Sin Corrección*, puesto que, como se observa en las secciones 3.5 a, 3.5 b y 3.5 c, se ha dado un incremento del deterioro en la condición del pavimento, principalmente en la condición funcional y agarre superficial.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 54

3.7 Análisis de la condición superficial. Evaluaciones realizadas en setiembre 2022

3.7.1 Equipo utilizado y criterios de clasificación

El *Equipo de Imágenes digitales Georreferenciadas* usado, cuenta con dos cámaras fotogramétricas ubicadas en dos distintas posiciones sobre el vehículo, permitiendo tener una visión más general del proyecto, para de esta forma, hacer una evaluación superficial de pavimento con la ubicación de las cámaras en la parte trasera del vehículo y analizar aspectos de seguridad, ubicando las cámaras en la parte frontal del vehículo.

Los criterios de severidad que se utilizaron para la realización de la evaluación de la superficie de ruedo, se establecen de acuerdo a lo definido en la norma ASTM *D6433* para deterioros superficiales en pavimentos flexibles, y el *Manual de Auscultación Visual de Pavimentos para Profesionales* (MAV-2016). Al contar con la información obtenida en el periodo 2011 - 2022 referente a los deterioros presentes en esta ruta, se pudo hacer un análisis comparativo por sentido de circulación, que permitió identificar los cambios superficiales ocurridos, lo cual a su vez se puede reflejar en las Notas de Calidad Q.

3.7.2 Resumen de resultados de la evaluación visual de deterioros superficiales.

En la Figura 25, se muestran los resultados obtenidos de la evaluación de deterioros realizada en la troncal principal en ambos sentidos de circulación. En total, se registraron 62.835,1 m² afectados por deterioros tipo área (piel de lagarto, bacheo, exudación y desprendimiento de agregado), en donde el área afectada por Bacheo representa un 43 % del área evaluada en la troncal principal del sentido San José – Caldera.

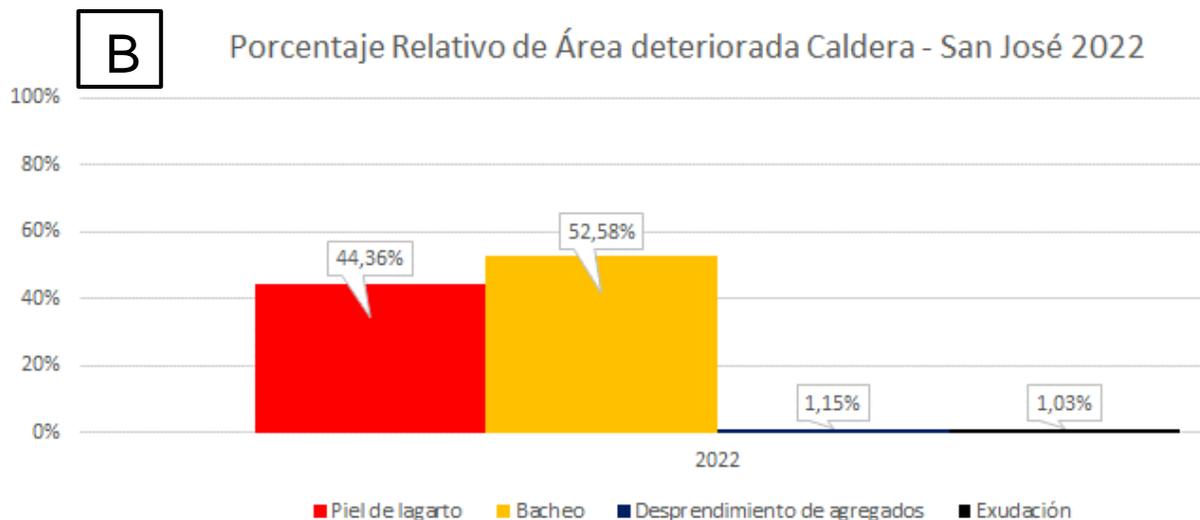
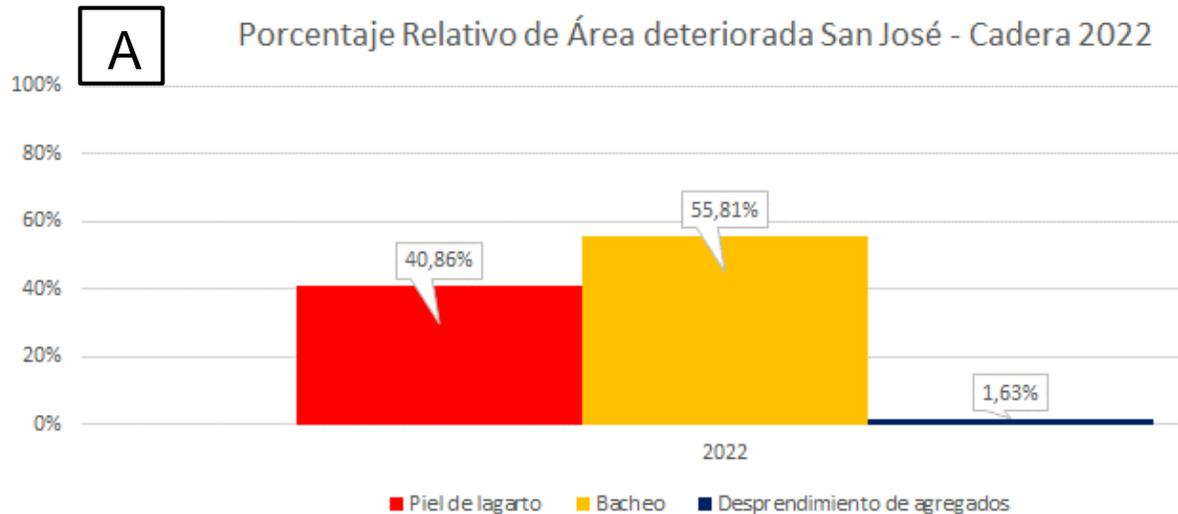


Figura 29 Resultados de deterioros, sentido San José – Caldera.

A) Deterioros por área, B) Deterioros por longitud

Como se observa, el deterioro tipo *Bacheo* representa en promedio el 54,2 % del área deteriorada de cada segmento evaluado seguido por *Bacheo*, con presencia de exudación y desprendimiento de agregados.

Como un caso particular de análisis, se detectó que hay una concentración de sello de grietas tanto para grietas longitudinales y transversales (en menor medida) y un uso



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 56

generalizado en zonas afectadas con piel de lagarto en los primeros 14 km del proyecto, como se ejemplifica en la Figura 26.

Esta práctica puede representar posibles afectaciones a este tramo de la ruta:

La primera afectación, está relacionada con el no cumplimiento del objetivo de prevenir o reparar el deterioro que se ha detectado en la superficie de ruedo, el cual, en su mayoría, es Piel de Lagarto. Este tipo de deterioro representa un problema más allá de grietas en la capa superficial de la estructura del pavimento, puesto que, puede llegar a representar un problema en todo el paquete estructural, ya que estas grietas tienen su origen en la fibra inferior de la capa de mezcla asfáltica, que son provocadas por fatiga del material, dada la acción repetida de las cargas de tránsito, por lo que, al ya ser visibles las grietas en la superficie de ruedo, se ha dado paso el ingreso de agua a la estructura del pavimento, favoreciendo que éste empiece a debilitarse según se dan las cargas vehiculares que circulan sobre éste, por lo que al usar sello de grietas no previene ni repara el problema, en el mejor de los casos, lo retarda, puesto que no es un problema funcional, sino más bien, es un problema estructural.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 57



Figura 30. Sellos de grietas

3.7.3 Comparación de resultados entre los años 2014 - 2022 de la evaluación visual de deterioros superficiales.

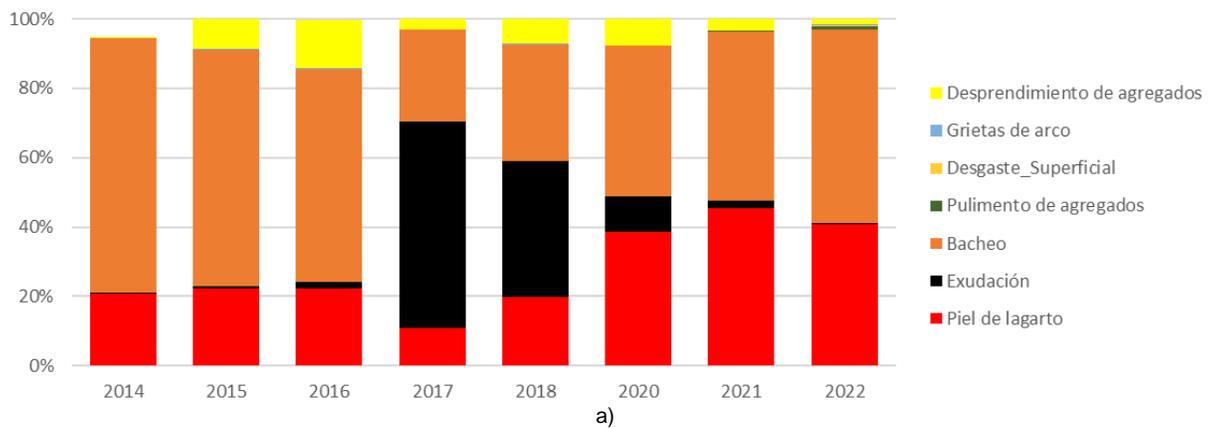
En la Figura 27 se muestra la comparación para las últimas 8 evaluaciones, para el sentido San José – Caldera. En los deterioros que se registran según el área deteriorada, se ha dado un incremento constante en la superficie afectada por Piel de Lagarto y Bacheos, mientras que la longitud deteriora han arrojado resultados aproximadamente



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 58

similares en las últimas 3 campañas de evaluación, de donde se puede observar un crecimiento acelerado, por lo que de seguirse la tendencia, es posible que en el corto plazo se llegue alcanzar los porcentajes máximos fijados en el cartel de licitación, Cláusula 2.5.2 Indicadores para Pavimento Asfáltico en el inciso c) Agrietamiento (%).

Porcentaje Relativo de Área deteriorada San José - Cadera 2014 - 2022



Porcentaje Relativo de Longitud deteriorada San José - Caldera 2014 - 2022

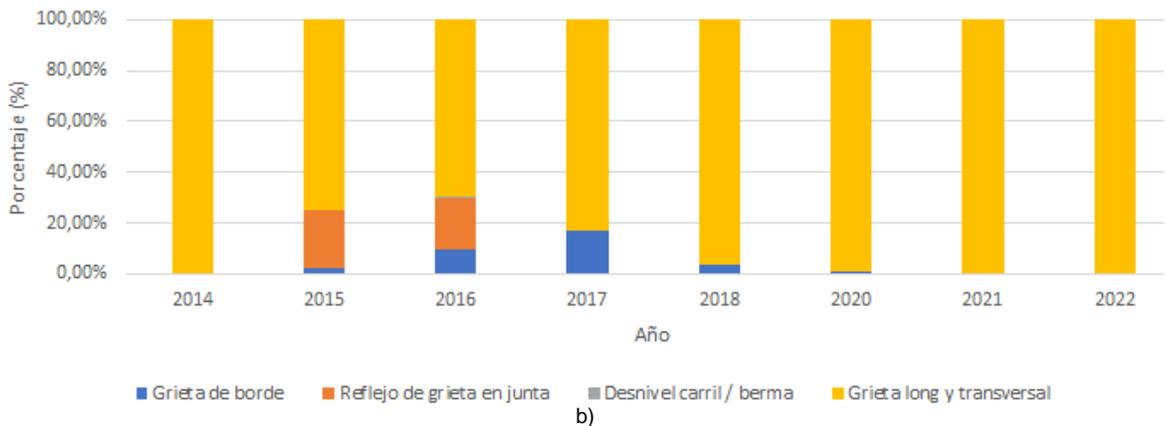
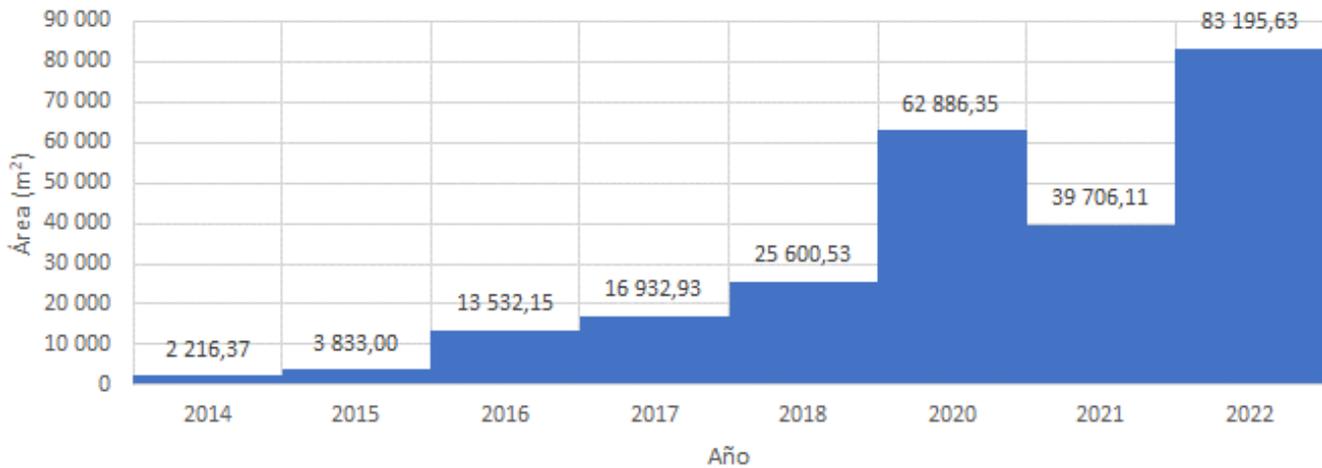


Figura 31: Comparación deterioro superficial 2014 al 2021 en el Sentido San José - Caldera. a) Área deteriorada; b) Longitud deteriorada

Al desglosar los deterioros según sea el área o longitud deteriorada (Figura 27), algunos de estos han disminuido su área relativa con cada evaluación (Figura 27a). En la longitud que presenta deterioro (Figura 27b), se detectó que la grieta de borde no estuvo presente en las últimas dos evaluaciones. En la Figura 28 se muestra el aumento del área y longitud que presenta los diferentes tipos de deterioros, siendo evidente la tendencia acelerada en el aumento del deterioro superficial presente en la troncal principal.

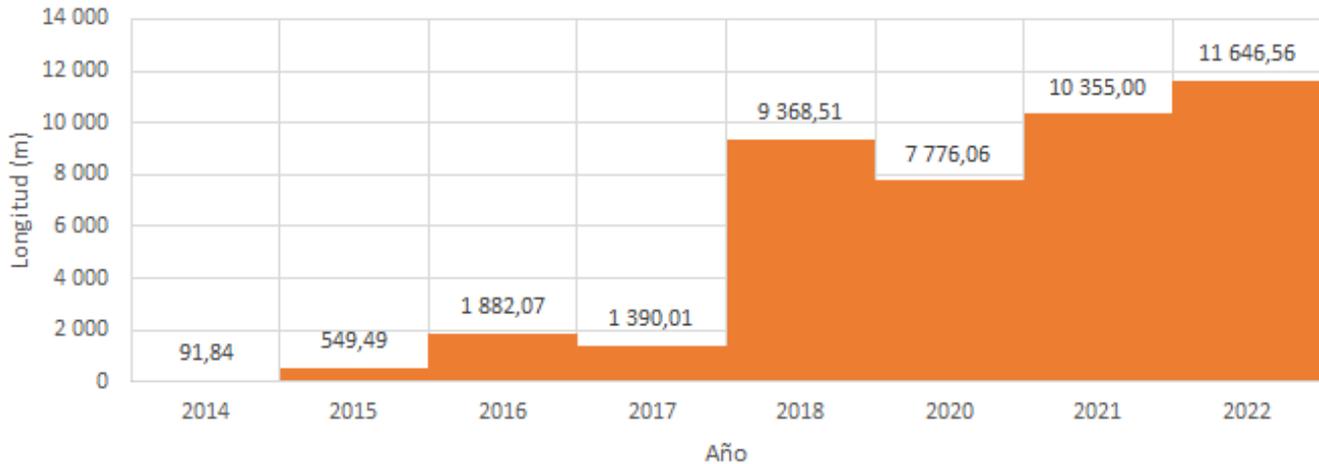


Área deteriorada San José - Caldera 2014 - 2022



a)

Longitud deteriorada San José - Caldera 2014 - 2022



b)

Figura 32 Cantidad de deterioro entre el 2014 al 2021 en el Sentido San José - Caldera.

a) Área total deteriorada por año; b) Longitud total deteriorada por año

Lo presentado anteriormente, fue el análisis para el sentido San José - Caldera. En el sentido Caldera – San José, se realiza un análisis similar.

La Figura 27 a) muestra los resultados obtenidos en la afectación de la superficie de ruedo por deterioros, para las últimas 8 campañas de evaluación. Para los deterioros tipo *área*, para el sentido San José – Caldera, se dio un incremento de 43 489,52 mil m² en el



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 60

año 2022. Caso contrario para los deterioros que se registran según la longitud deteriorada, para la evaluación del 2022 se dio un aumento 1,292 kilómetros.

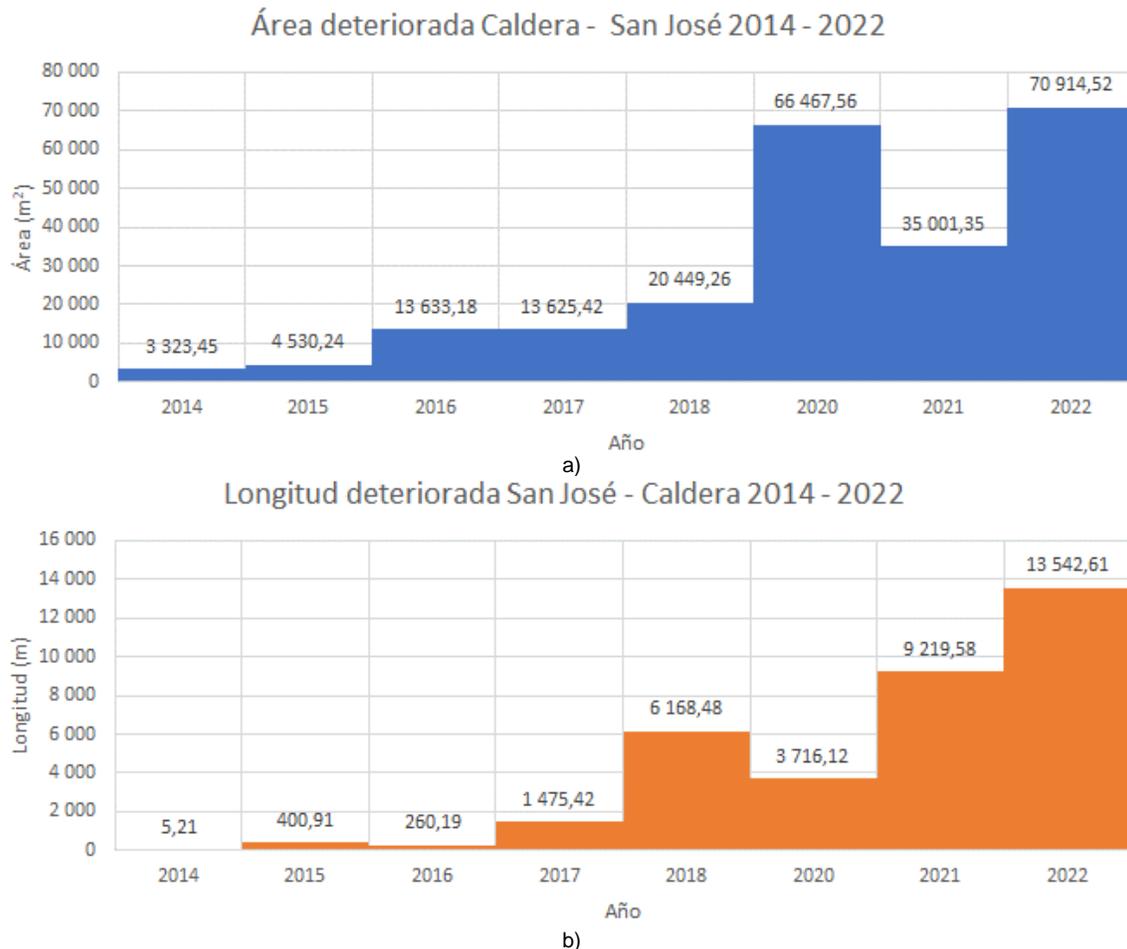


Figura 33: Comparación deterioro superficial 2014 al 2021 en el Sentido Caldera - San José.

a) Deterioros tipo área; b) Deterioros tipo grieta

Al realizar el desglose por tipo de deterioro, para esta evaluación la *piel de lagarto* ha disminuido con relación a la evaluación anterior y el *batcheo* ha presentado un incremento de aproximadamente un 25 % (Figura 30a).

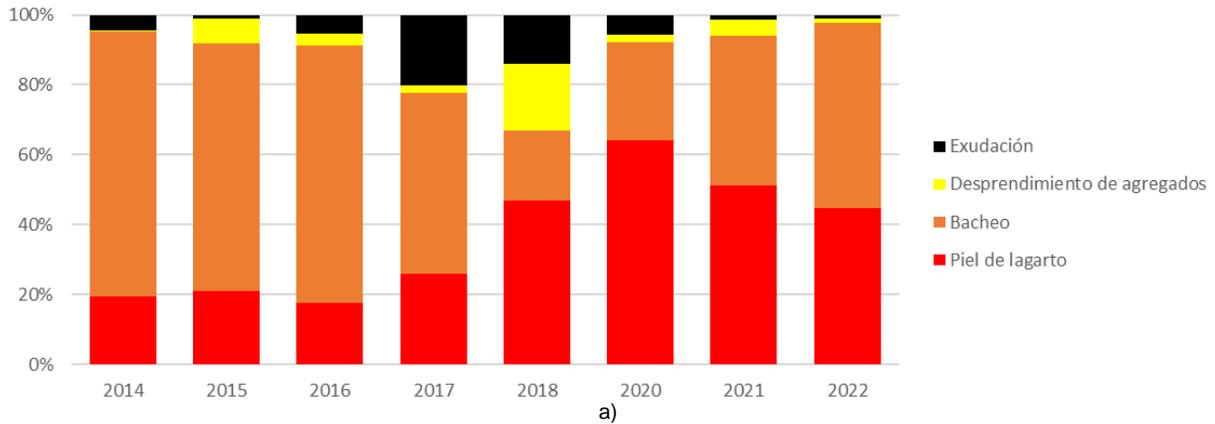
Por otra parte, las Grietas Longitudinales / Transversales (Figura 30b) aumentaron desde el año 2018.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 61

Porcentaje Relativo de Área deteriorada Caldera - San José 2014 - 2022



Porcentaje Relativo de Longitud deteriorada Caldera - San José 2014 - 2022

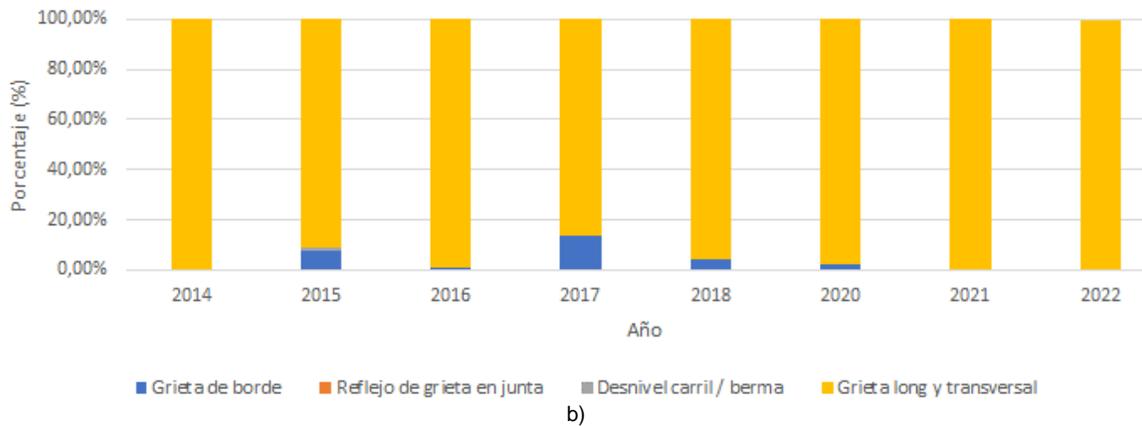


Figura 34: Comparación deterioro superficial 2014 al 2021 en el Sentido Caldera - San José.

a) Deterioros tipo área; b) Deterioros tipo grieta



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 62

4 EVALUACIÓN DE LAS RADIALES

4.1 Aspectos Generales

El proyecto de la Ruta Nacional 27 Carretera San José – Caldera, tal y como fue concesionado, comprende tanto la troncal principal como 4 radiales de acceso, a saber:

- **Radial de El Coyol:** conecta el proyecto en concesión en el estacionamiento 22+450 con la Ruta Nacional 1 Carretera Interamericana Norte, en las cercanías de El Coyol de Alajuela. Es la radial más reciente construida y, además la más larga, con 3.800 metros de longitud.
- **Radial de Turrúcares:** conecta la Ruta 27 en el estacionamiento 26+350 con el poblado de Turrúcares de Alajuela. Es la radial más corta, con 200 metros de longitud.
- **Radial de Atenas:** cerca del peaje de Atenas (estacionamiento 31+560), conecta proyecto concesionado con el poblado de Atenas. Tiene una longitud de 3.300 metros.
- **Radial de Escobal:** permite la comunicación desde la Ruta 27 en el estacionamiento 42+150 al poblado de Escobal. Tiene una longitud de 400 metros.

La longitud indicada anteriormente es el recorrido principal de cada radial, sin incluir las rampas o rotondas de conexión. Todas las radiales presentan accesos desde la troncal principal, mediante carriles de aceleración / desaceleración, intersecciones e intercambios con rotondas; asimismo todas presentan un carril por sentido de circulación. La Figura 31 muestra la ubicación de estas radiales.

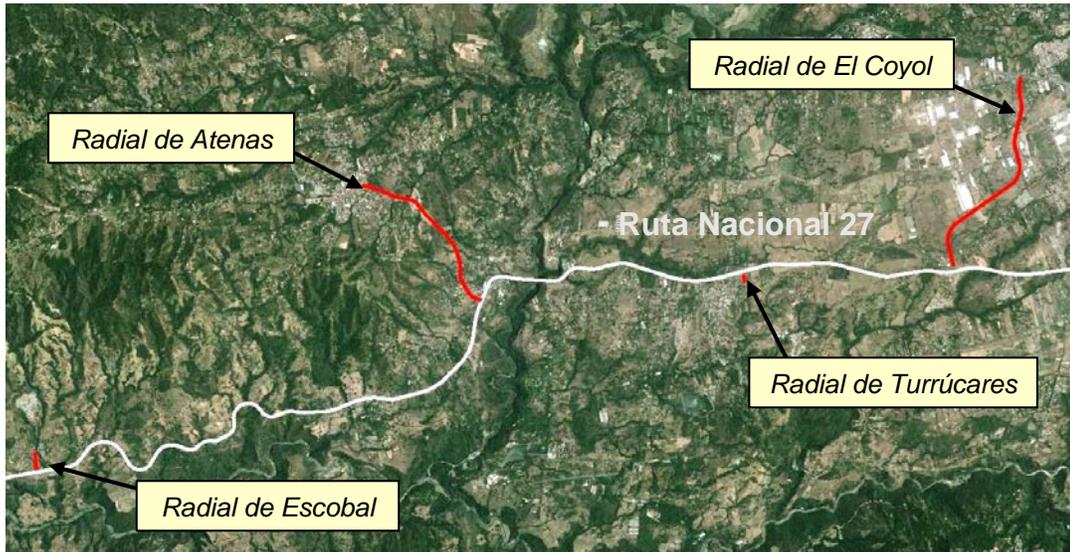


Figura 35. Ubicación de las radiales en la Ruta Nacional 27.

Como parte de la Campaña de Evaluación 2021 – 2022 de la Ruta Nacional 27, se evaluaron las radiales en los parámetros de capacidad estructural con el *Deflectómetro de Impacto*, capacidad funcional con el *Perfilómetro Láser*, seguridad vial con el *Medidor de Agarre Superficial* y nivel de deterioros en la superficie del pavimento con el *Equipo de Imágenes Digitales Georreferenciadas*. En el Anexo VII se muestra de manera gráfica los principales deterioros detectados, y los indicadores del estado del pavimento.

4.2 Resultados obtenidos: Condición Funcional

En la Figura 32 se muestran los resultados obtenidos con el equipo *Perfilómetro Láser*. Similar a los datos presentados de deflectometría, en esta figura se muestran los porcentajes relativos obtenidos para cada categoría, según la longitud total de cada radial.

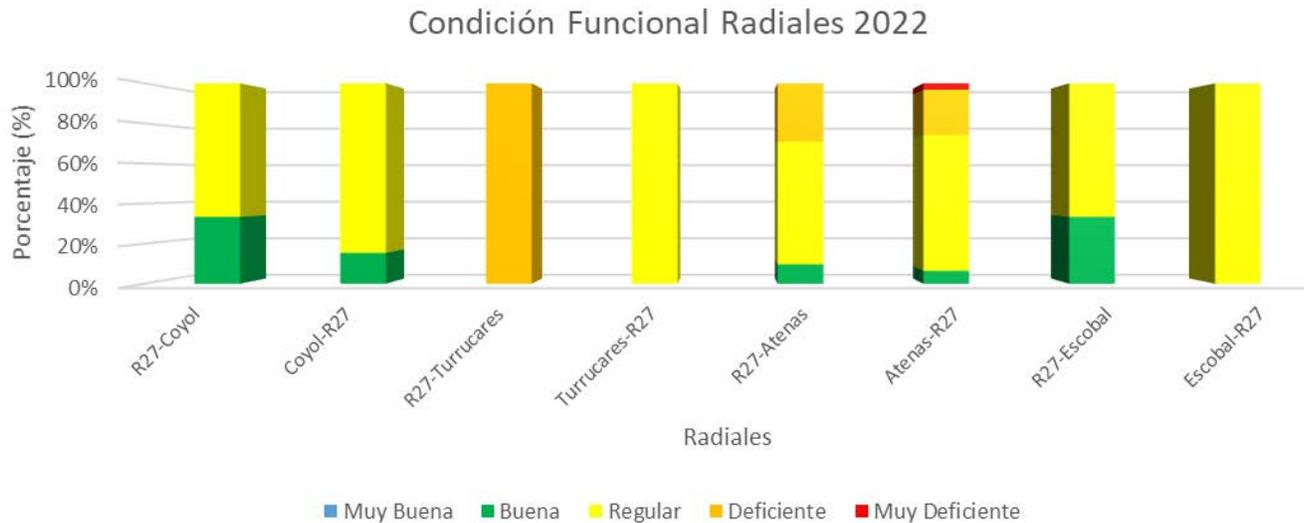


Figura 36. Resultados obtenidos con el Perfilómetro Láser, para las radiales de la Ruta 27, en porcentajes para cada rango.

Como se observa en la figura anterior, la mayor parte de la longitud de cada radial se encuentra en la categoría de *Regular*, excepto la Radial de Turrúcares en el sentido Ruta 27 – Turrúcares, que presenta a todo lo largo de tramo una *Buena* condición. La radial de Atenas, presenta además una longitud importante dentro del rango *Deficiente*.

4.3 Notas de Calidad Q para las radiales

Como se indicó en la sección 4.1 *Capacidad estructural, deflexiones obtenidas mediante el FWD, troncal principal*, para esta evaluación no fue posible realizar la evaluación de la condición estructural y contrario a lo que sucede en la troncal principal, las radiales, a lo largo de las campañas de evaluación realizada, presentan mucha variación, por lo que no fue posible aplicar el mismo criterio que para la troncal principal.

4.4 Resultados obtenidos: Coeficiente de Fricción

La Figura 33 y Figura 34 muestran los resultados obtenidos en la evaluación de agarre superficial, con los 2 equipos usados también en la troncal principal (GripTester, MuMeter).

Para la Radial El Coyol en el sentido El Coyol – Ruta Nacional 27, presenta 2,50 % en condición Muy deslizante, 40,00 % Deslizante y 57,50 % Poco deslizante, mientras que para el sentido Ruta Nacional 27 – El Coyol la proporción pasa a 41,03 % en condición Muy



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 65

deslizante, 46,15 % en condición Deslizante, 10,26 % en condición Poco deslizante y en el caso No deslizante presenta un 2,56 %.

Asociado a los resultados obtenidos con el GripTester, se presenta en la Radial Turrúcares, un 100 % en condición Muy deslizante en sentido Ruta Nacional 27-Turrúcares, mientras que en el sentido Turrúcares – Ruta Nacional 27 se presenta un 50 % en condición Deslizante y 50 % presenta una condición Muy deslizante.

En la Radial Atenas para el sentido Ruta Nacional 27 – Atenas, se presenta un 21,88 % en condición Muy deslizante, 46,88 % en condición Deslizante y 31,25 % en condición Poco deslizante, mientras que en el sentido Atenas – Ruta Nacional 27, se distribuye la condición en 69,70 % Muy deslizante y 30,30 % en condición Deslizante.

Finalmente, en la Radial a Escobal en el sentido Escobal – Ruta Nacional 27 cuenta con un 25,00 % en condición Poco deslizante, 75,00 % en condición Deslizante, por su parte, en el sentido Ruta Nacional 27 – Escobal, el 100 % de su longitud se encuentra en condición Deslizante.

Para el caso de las mediciones del coeficiente de fricción con el equipo MuMeter, se puede observar que se cumple al 100 % lo indicado en el contrato solamente en la Radial Turrúcares, en sentido Ruta Nacional 27 – Turrúcares, y en la radial Escobal, en sentido Ruta Nacional 27 – Escobal. Mientras que, en los demás casos se presentan incumplimientos a las condiciones del contrato en materia de agarre superficial, lo cual varía de un 5 % a un 50 %, según lo indicado en la Figura 34.

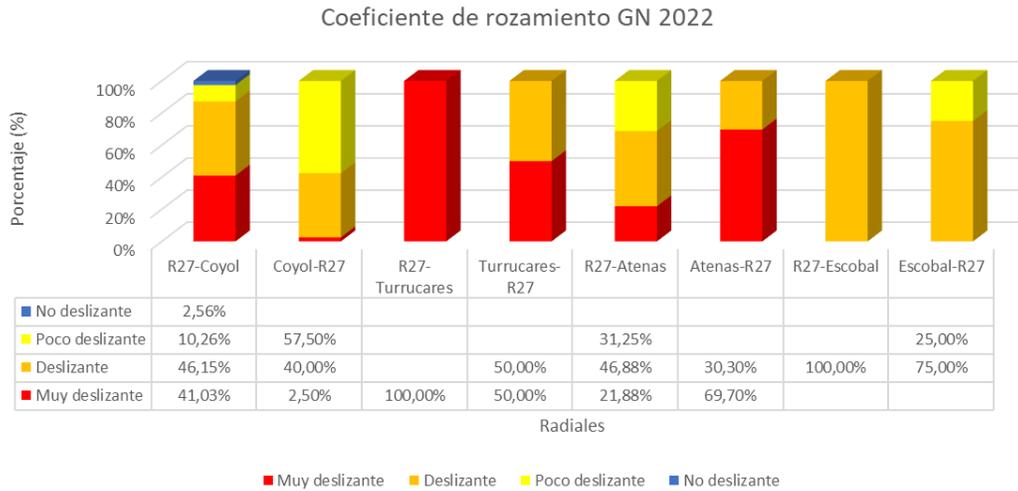


Figura 37. Resultados obtenidos con el Grip Tester, para las radiales del proyecto concesionado, en porcentajes para cada rango.

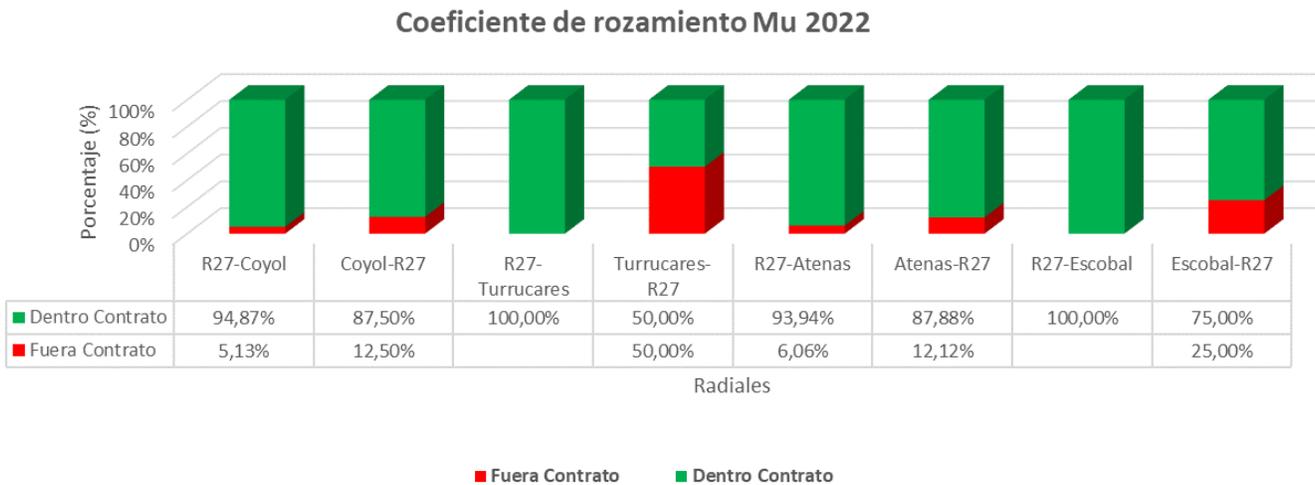


Figura 38. Resultados obtenidos con el Mu-Meter, para las radiales de la Ruta 27, en porcentajes para cada rango.

4.5 Resultados obtenidos: análisis de deterioros superficiales

Con el *Equipo de Imágenes Digitales Georeferenciadas*, se realizó un levantamiento detallado de la superficie pavimentada de cada radial. Con esto, fue posible ubicar los deterioros en cada radial, así como su extensión y severidad.



En la campaña de evaluación 2021 – 2022, se muestra que, al hacer una comparación relativa del área deteriorada versus el área total aproximada de cada radial (Figura 35), se puede notar que la radial a El Coyol es la que presenta mayor porcentaje de área deteriorada. Además, se puede apreciar que los deterioros dominantes son Piel de Lagarto, Exudación y Bacheo, en donde para la Radial El Coyol la Piel de Lagarto representa alrededor de un 10 % del área deteriorada.

Estos resultados concuerdan con los valores obtenidos en la sección 5.5 *Notas de Calidad Q para las radiales*, puesto que un porcentaje importante de longitud para cada radial requieren de actividades de rehabilitación e incluso reconstrucción, dado el nivel que presenta tanto, desde el punto de vista estructural como funcional y de deterioros superficiales.

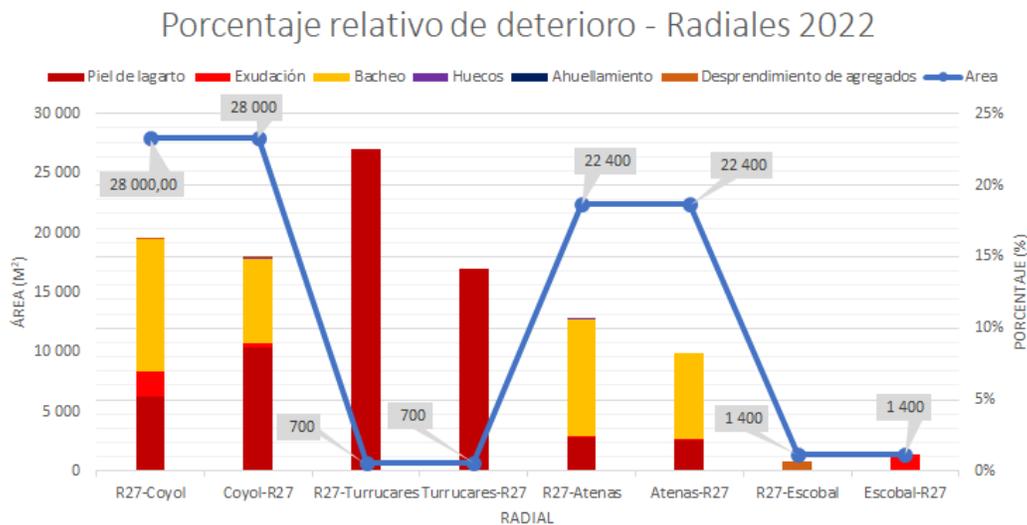


Figura 39. Distribución de deterioros en las radiales con área deteriorada por radial, Ruta Nacional 27



4.6 Comparación de la condición de las radiales, campañas 2013 – 2022

4.6.1 Evaluación con el perfilómetro láser superficial

En las Figura 36, Figura 37, Figura 38 y Figura 39, se muestra la comparación de resultados obtenidos en la evaluación de la regularidad superficial, para las campañas 2013 a 2021. A continuación, se analiza esta información:

- **Radial El Coyol:**
 - En el sentido Ruta 27 – El Coyol para los años 2013 y 2014 se presentaba una condición superficial buena, a partir del 2015 se presenta una variación constante, sin definir claramente una tendencia a la mejora; particularmente entre los años 2019 y 2022 se presenta poca variación en los porcentajes de regular y buena.
 - En el sentido El Coyol – Ruta 27 entre los años 2013 y 2015 se aprecia una mayor presencia de una condición buena, a partir del 2016 se presenta una variación constante, marcando una tendencia a la desmejora hasta el año 2018, ya que a partir del 2019 hay un cambio a la mejora, puesto que disminuye el porcentaje deficiente y se incrementa levemente la condición de buena, pero para el 2021 el porcentaje de condición buena baja un 13 % respecto al año 2021 y continúa disminuyendo en un 5% para el año 2022.
- **Radial a Turrúcares:**
 - En el sentido Ruta 27 – Turrúcares se puede observar, en el 2013 se contaba con una condición muy deficiente, presentando una mejora que se mantuvo entre el 2014 y 2018 en una condición regular y para los años 2019 y 2021 presenta una mejora más, situando este indicador en una condición buena, disminuyendo en el año 2022 a la categoría deficiente.
 - En el sentido Turrúcares – Ruta 27 se tuvo que entre el 2013 al 2016 estuvo variando la condición entre deficiente y muy deficiente, mejorando su condición a partir del año 2017 hasta el año 2022 a la categoría de regular.
- **Radial Atenas:**
 - En el sentido Ruta 27 – Atenas desde el año 2013 cuenta mayoritariamente una condición regular, a partir del año 2018 se observa el incremento de la condición deficiente hasta el 2021, dado que, para el 2022 ya no se cuenta con la condición Muy deficiente y



se da una disminución alrededor de un 7% en la condición deficiente, lo que implica una leve mejora en la condición de esta radial.

- En el sentido Atenas – Ruta 27 en los años 2018 al 2022 ha venido en incremento las categorías de regular, deficiente y muy deficiente, donde la condición regular, la cual es la que tiene mayor presencia en este tramo, paso de un 80 % en el 2020 a casi un 68 % en el 2022.

- **Radial Escobal:**

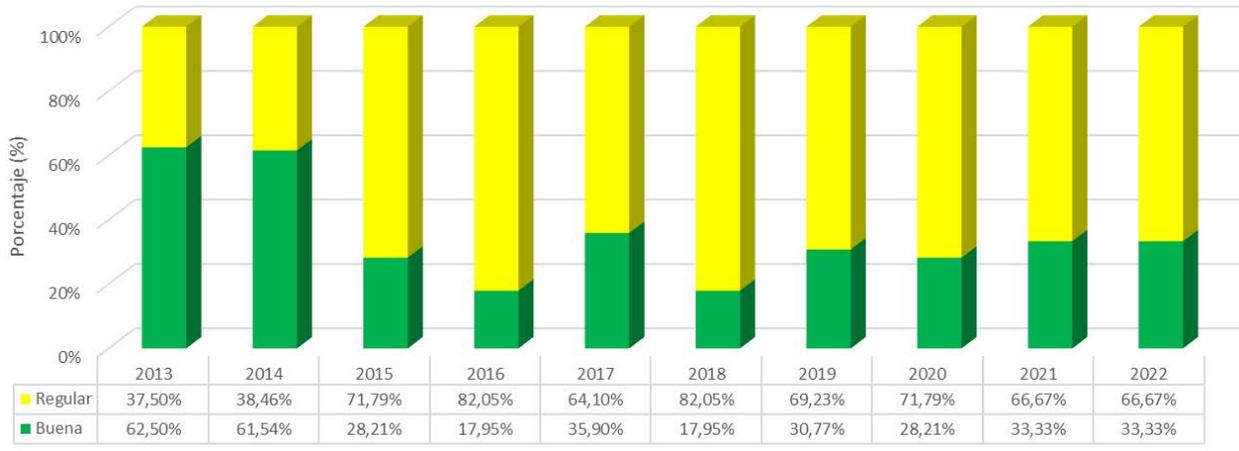
- En el sentido Ruta 27 – Escobal se presenta un comportamiento sostenido desde el 2013 hasta el 2019 con dominancia de la condición regular, para el año 2020 se presenta una variación que mejora la condición funcional, puesto que hay tramos con condición de muy buena y buena equiparado con la condición regular, pero ya en el 2021 y 2022 no se cuenta con la condición muy buena, manteniendo la condición regular en casi un 34 % respecto al año anterior.
- En el sentido Escobal – Ruta 27 ha mantenido la condición funcional en categoría regular desde al año 2013 hasta la actual evaluación.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 70

Capacidad Funcional Ruta 27 - El Coyol, 2013-2022



Capacidad Funcional El Coyol - Ruta 27, 2013-2022

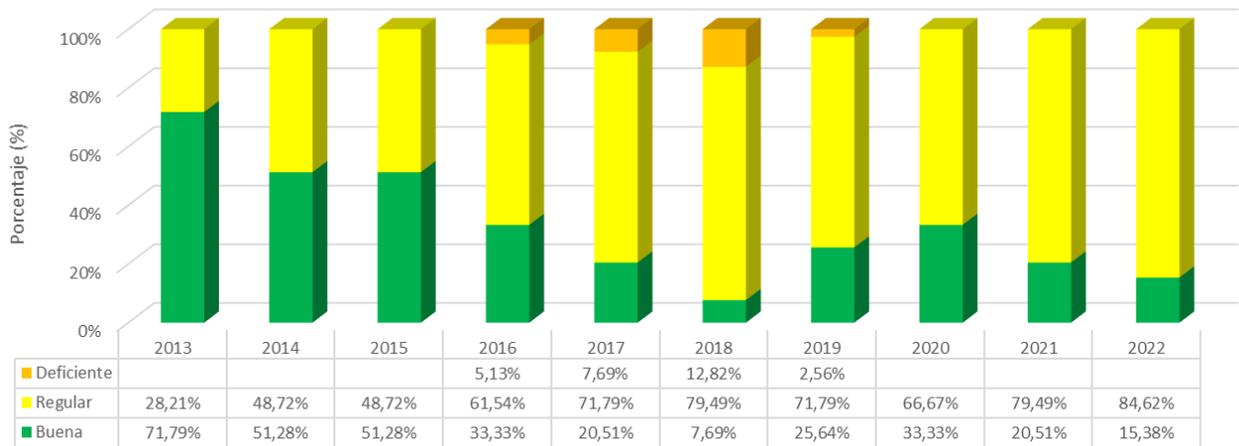


Figura 40. Comparativo Regularidad Superficial de Radial El Coyol años 2013-2021



Capacidad Funcional Ruta 27 - Turrucares, 2013-2022



Capacidad Funcional Turrucares - Ruta 27, 2013-2022

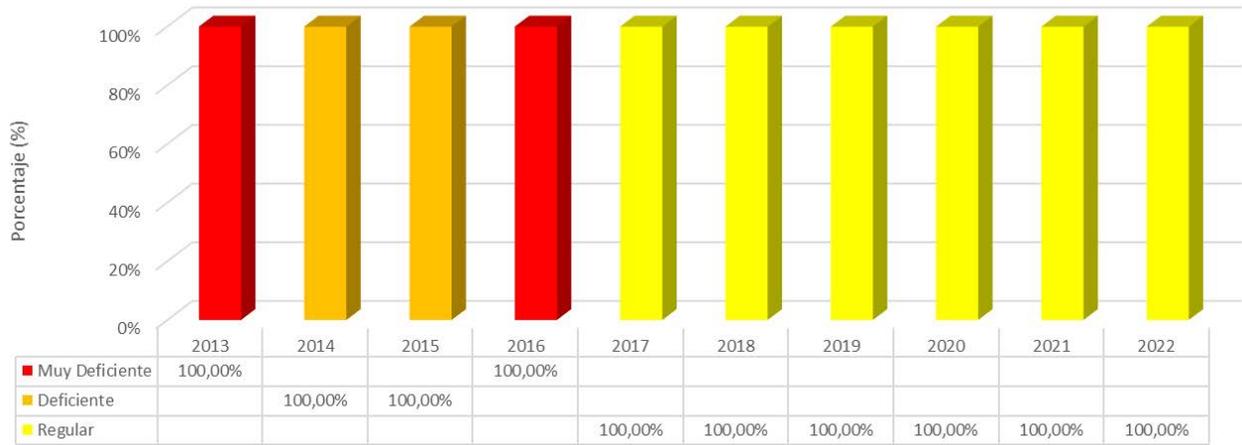
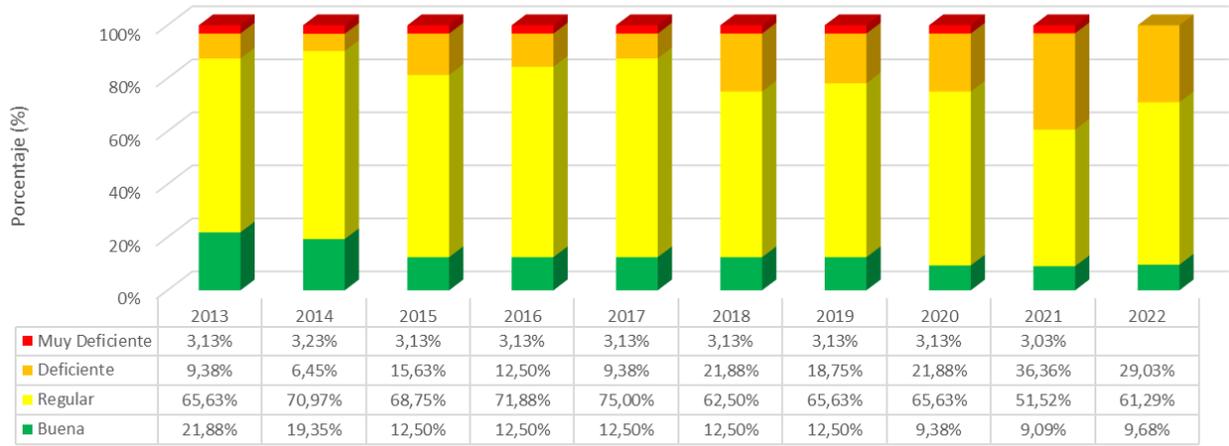


Figura 41. Comparativo Regularidad Superficial de Radial Turrúcares años 2013-2021



Capacidad Funcional Ruta 27 - Atenas, 2013-2022



Capacidad Funcional Atenas - Ruta 27, 2013-2022

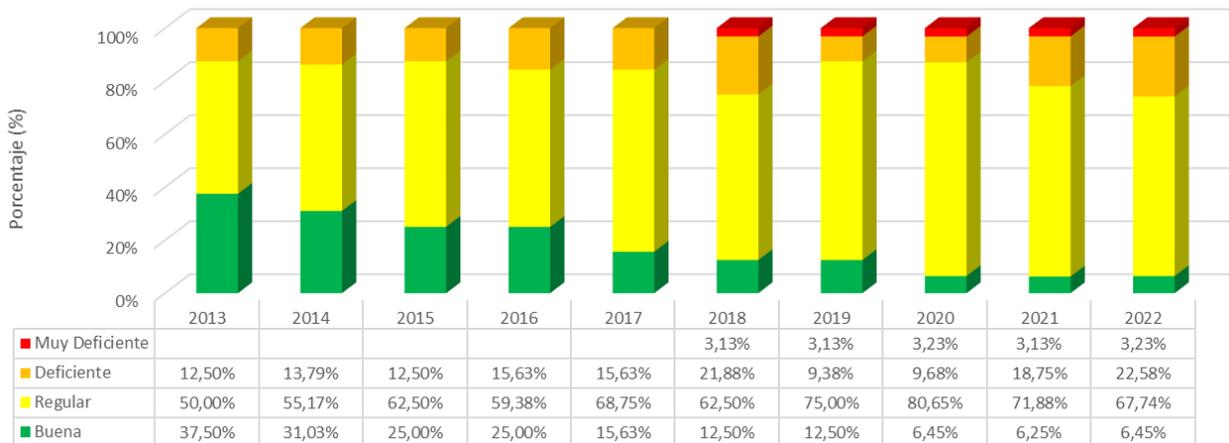


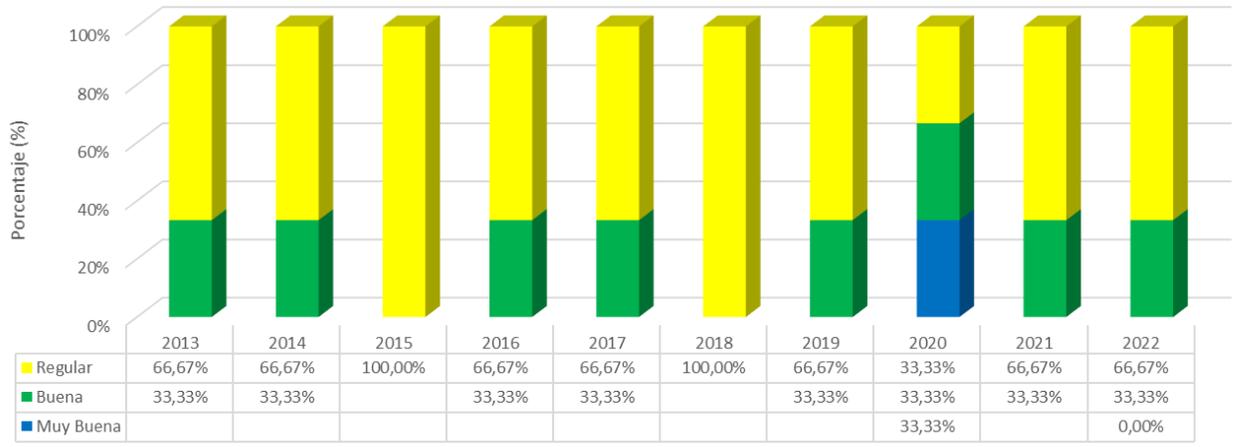
Figura 42. Comparativo Regularidad Superficial de Radial Atenas años 2013-2021



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 73

Capacidad Funcional Ruta 27 - Escobal, 2013-2022



Capacidad Funcional Escobal - Ruta 27, 2013-2022

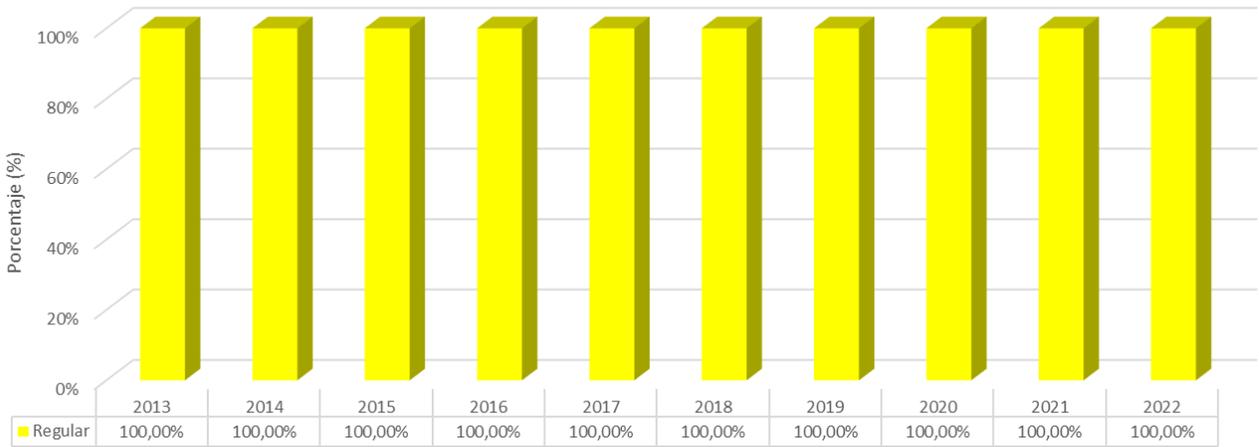


Figura 43. Comparativo Regularidad Superficial de Radial Escobal años 2013-2021



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 74

4.6.2 Evaluación con el medidor del coeficiente de rozamiento superficial

En las Figura 40, Figura 41, Figura 42 y Figura 43 se muestra la comparación de los resultados del ensayo con el GripTester para las radiales en las campañas del 2013 hasta el 2022. Al respecto se tienen tendencias variadas, tal y como se analizan a continuación:

- **Radial El Coyol**

- Sentido Ruta Nacional 27-El Coyol: desde la evaluación del año 2013 a la fecha, por primera vez se presentan registros en la categoría *No deslizante* con un 2,56%. Al comparar los registros del 2021 y 2022, se evidenció un deterioro generalizado del parámetro, donde la condición *Muy deslizante* pasó de 33,33 % para el año 2021 a un 41,03 % para el año 2022. Para el 2021 se obtuvo un 30,77 % en la categoría *Deslizante*, mientras que para el 2022 el resultado fue de 46,15 %. En cuanto a la categoría *Poco deslizante*, se redujo la condición, al pasar de un 35,90 % para el año 2021 a un 10,26 % para el año 2022.
- Sentido El Coyol-Ruta Nacional 27: el estado anual ha sido variable, dentro de los que predomina una tendencia, desde el año 2016 al 2021, de presentar tramos de vía predominantemente con condiciones de *Muy deslizantes* a *Deslizantes*, sin embargo, en el año 2022 predominan las condiciones *Poco deslizantes* y *Deslizantes*. Es importante mencionar que para la presente evaluación disminuyó el riesgo asociado al deslizamiento, donde se registró un 2,50 % en condición *Muy deslizante*, 40,00% para la condición *Deslizante* y un 57,5% en condición *Poco deslizante*.

- **Radial Turrúcares:**

- Sentido Ruta 27-Turrúcares: no hay combinación de condiciones, sino que la condición identificada se presenta en la totalidad del tramo, 100 % en cada año. Lo anterior pues, en el 2013 es *Deslizante* y se mantiene constante durante el periodo que va del 2014 al 2017, en los años 2018 y 2019 como *Muy deslizante*, en torno al 2020 y 2021 como *Deslizante* y por último, en el 2022 se presenta una condición *Muy deslizante*.
- Sentido Turrúcares-Ruta 27: las condiciones varían del 2013 a la fecha generalmente en un 100 % con condición *Deslizante* y *Muy deslizante*, esto de forma consistente desde el año 2017 al 2021, sin embargo, en el año 2022 se presenta un 50 % como condición *Deslizante* y un 50 % *Muy deslizante*.



- **Radial Atenas:**

- Sentido Ruta27- Atenas: del 2013 al 2015 se presenta una tendencia de *Poco deslizante* y algunos tramos *No deslizantes*. En el 2016 la condición *Deslizante* predomina con un 75 %, estado que empeora en el 2017 al registrar un 53 % *Deslizante* y un 34 % *Muy deslizante*. Del 2017 al 2020 se observa una mejoría en el estado del coeficiente de rozamiento, pero no se alcanza en ningún año el estado *No deslizante*. Al año 2022, se evidencia el deterioro de las categorías con respecto al año 2021, donde resalta un 21,88 % en condición *Muy deslizante* y 46,88 % como *Deslizante*.
- Sentido Atenas-Ruta 27: predomina la condición *Poco deslizante*, con valores altos en el 2013, 2017, 2019, 2020 y 2021. El estado al 2022 empeoró, debido a que aumentó la condición *Muy deslizante* a 69,70 % y *Deslizante* a un 30,30 %.

- **Radial Escobal:**

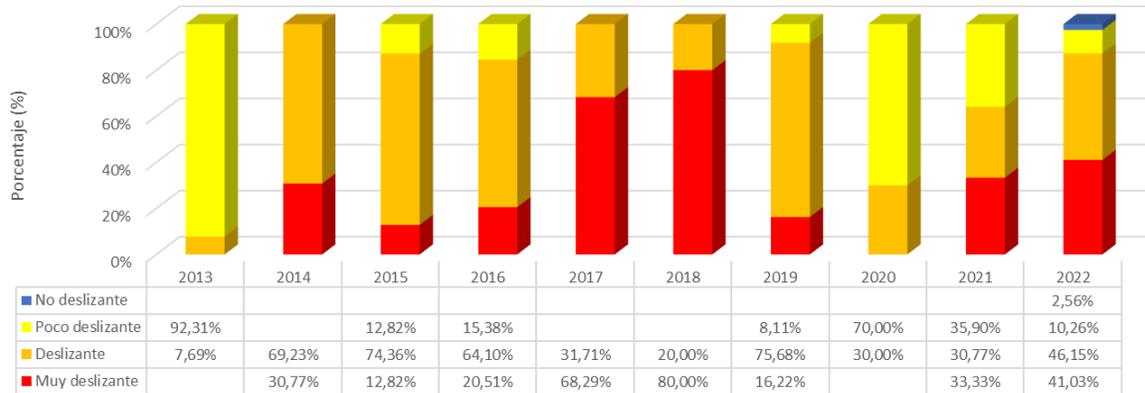
- Sentido Ruta 27-Escobal: en el 2013 domina la condición *Poco deslizante* seguido de *Deslizante*. En el 2014 toda su longitud llega a la condición *Muy deslizante*, al año siguiente mejora y toda su longitud cae en *Poco deslizante*. Desde el 2016 hasta el 2018 se mantiene como *Deslizante* y baja considerablemente en el 2019 pero, adicionalmente, surge de nuevo la condición de *Poco deslizante*. Para la condición 2020, se observan mejoras al pasar a un estado 100 % *Poco deslizante*, sin embargo, para el año 2021 empeora la condición al presentar tanto *Deslizante* como *Poco deslizante*. En el año 2022 la condición es de un 100% *Deslizante*.
- Sentido Escobal-Ruta 27: en el 2013 toda su longitud resulta *Poco deslizante* al año siguiente es totalmente *Muy deslizante*. Vuelve a *Poco deslizante* en el 2015 y en el 2016 presenta en su totalidad condición *Deslizante* y en el 2017 pasa a ser *Muy deslizante*. En el 2018 mejora la condición porque su condición a *Muy deslizante* baja a un 33 % y el resto de la longitud pasa a *Deslizante* (67 %), cierra el 2019 con una condición *Poco deslizante*. Al 2020 el estado empeora con respecto al año anterior y baja a un 100 % en condición *Deslizante*, condición que para el 2021 se ve afectada de forma negativa, ya que se registró un 25,0 % en condición *Muy deslizante*. En el año 2022, se presenta un 25% de condición *Poco deslizante*, mientras que el 75% restante corresponde a una condición *Deslizante*.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 76

Coeficiente rozamiento GN Ruta 27 - El Coyal, 2013-2022



Coeficiente rozamiento GN El Coyal - Ruta 27, 2013-2022

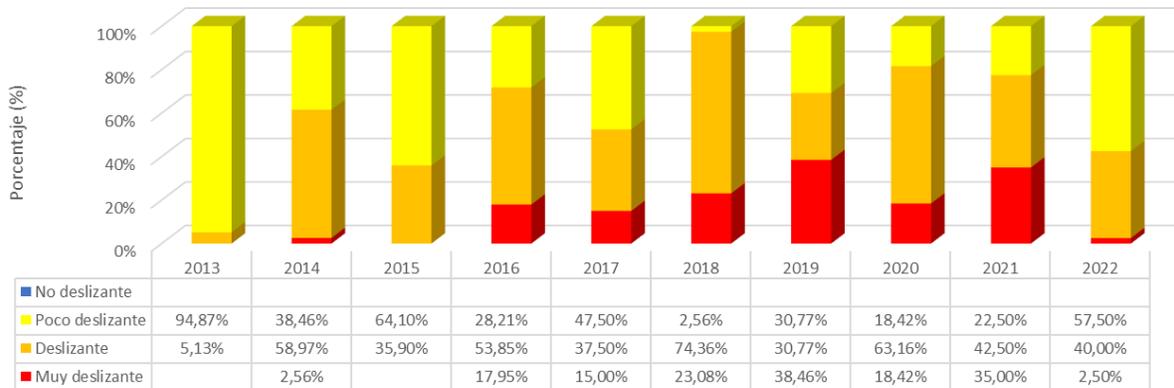


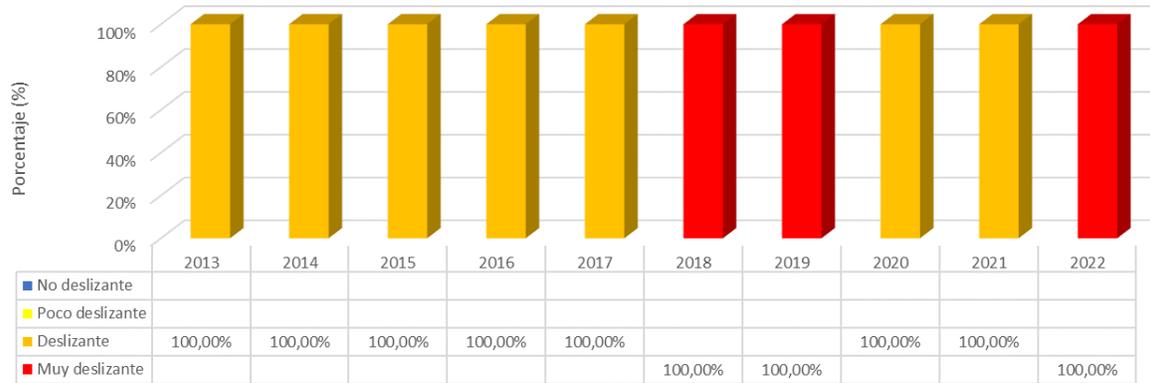
Figura 44. Comparativo Coeficiente de Rozamiento Superficial (GripTester) Radial El Coyal 2013-2022



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 77

Coeficiente rozamiento GN Ruta 27 - Turrúcares, 2013-2022



Coeficiente rozamiento GN Turrúcares - Ruta 27, 2013-2022



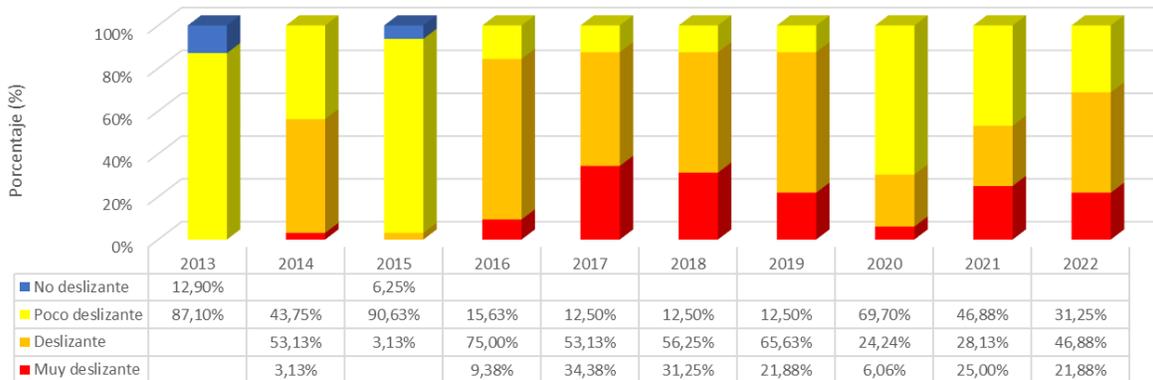
Figura 45. Comparativo Coeficiente de Rozamiento Superficial (GripTester) Radial Turrúcares 2013-2022



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 78

Coeficiente rozamiento GN Ruta 27 - Atenas, 2013-2022



Coeficiente rozamiento GN Atenas - Ruta 27, 2013-2022

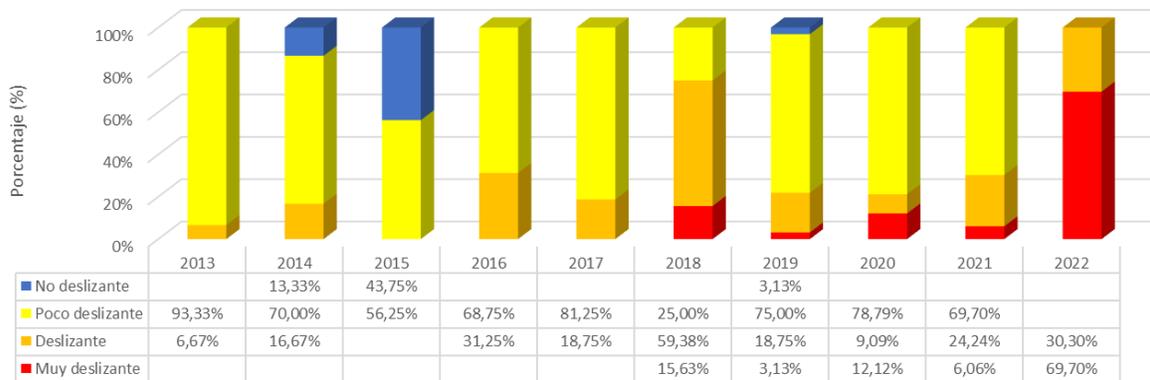
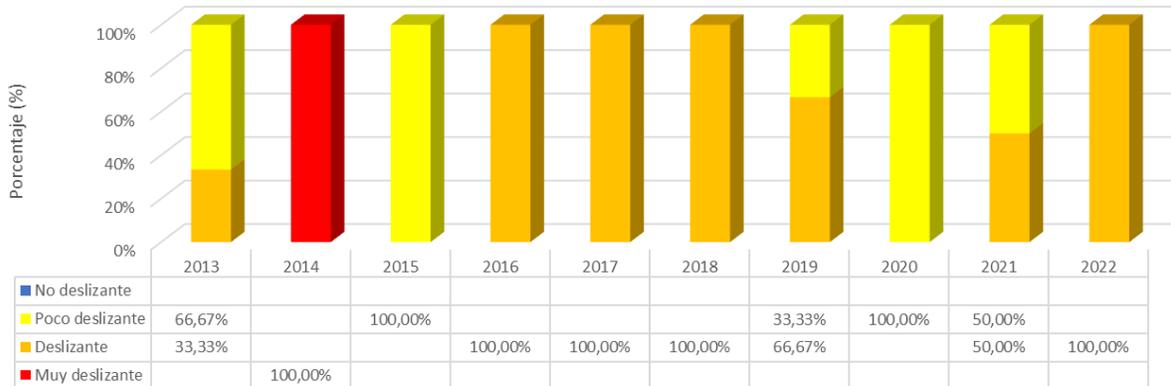


Figura 46. Comparativo Coeficiente de Rozamiento Superficial (GripTester) Radial Atenas 2013-2022



Coeficiente rozamiento GN Ruta 27 - Escobal, 2013-2022



Coeficiente rozamiento GN Escobal - Ruta 27, 2013-2022

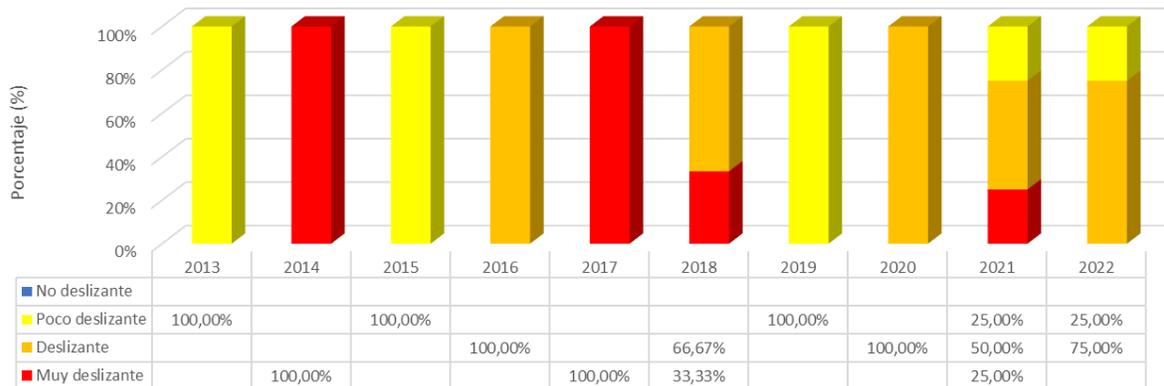


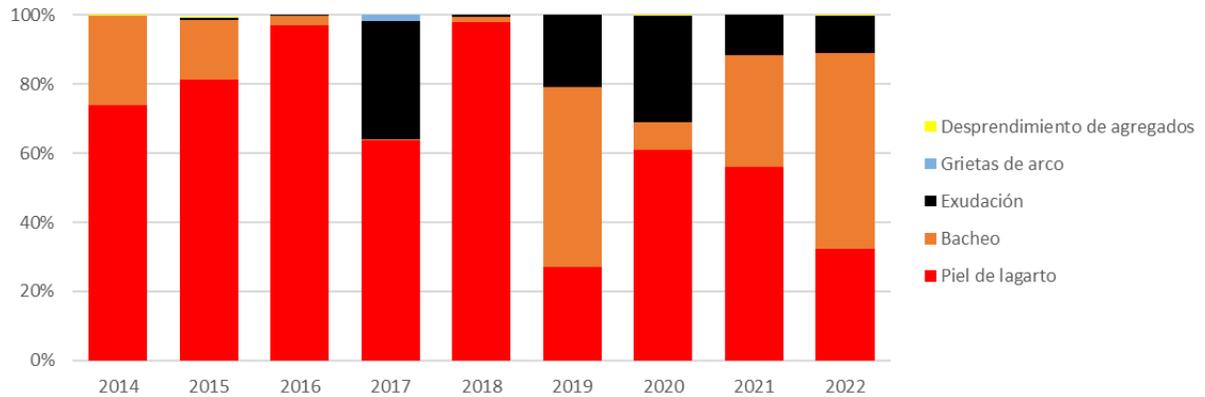
Figura 47. Comparativo Coeficiente de Rozamiento Superficial (GripTester) Radial Escobal 2013-2022

4.6.3 Evaluación visual de Deterioro Superficial.

Al desglosar los deterioros por tipo para el periodo de evaluación 2014 – 2022, el en su mayoría, la *piel de lagarto* es el deterioro que domina en las tres primeras radiales seguido por el *batcheo* (Figura 44, Figura 45, Figura 46 y Figura 47). Destaca el incremento importante en el área afectada por *batche*, para el año 2022. La Radial a Escobal es la que presenta menos deterioro superficial a lo largo de los años de evaluación.



Porcentaje Relativo de Área deteriorada Ruta 27 - El Coyoil 2014 - 2022



Porcentaje Relativo de Área deteriorada El Coyoil - Ruta 27 2014 - 2022

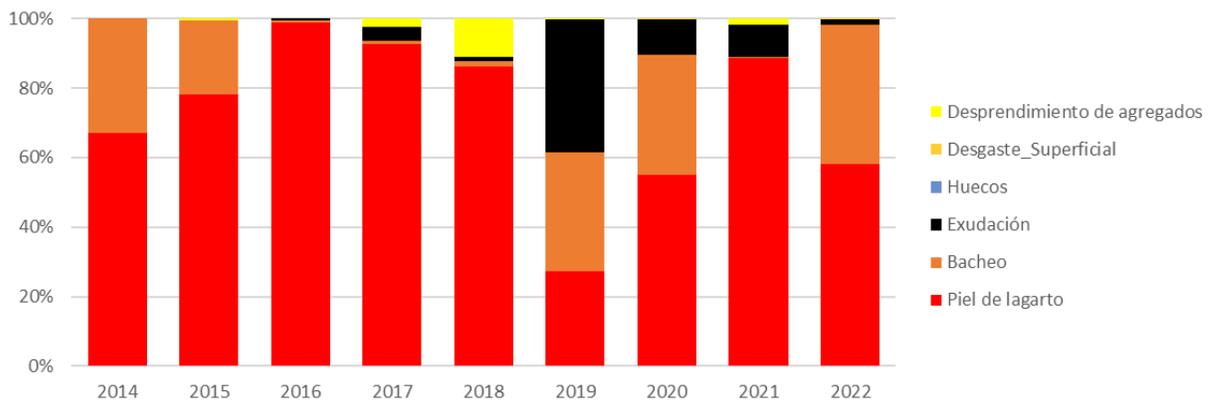


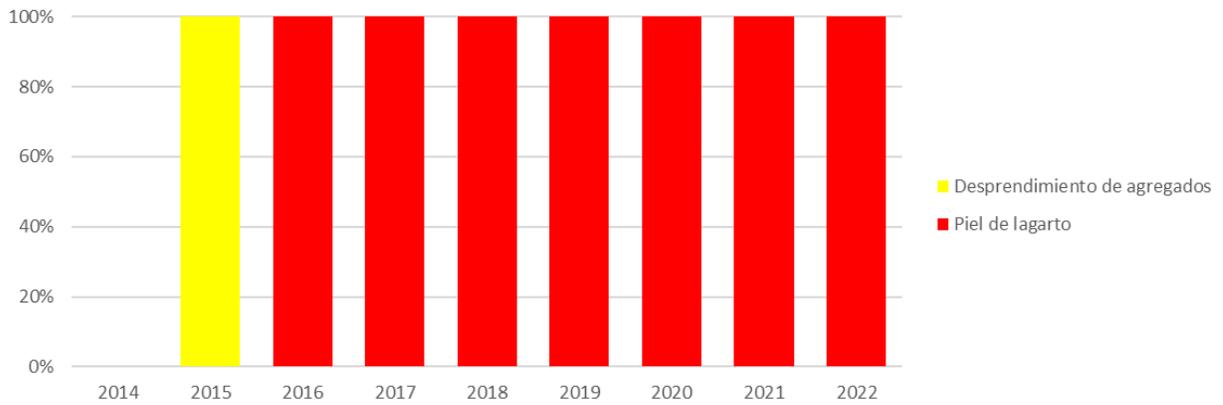
Figura 48. Condición superficial en Radial El Coyoil



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 81

Porcentaje Relativo de Área deteriorada Ruta 27 - Turrucares 2014 - 2022



Porcentaje Relativo de Área deteriorada Turrucares - Ruta 27 2014 - 2022

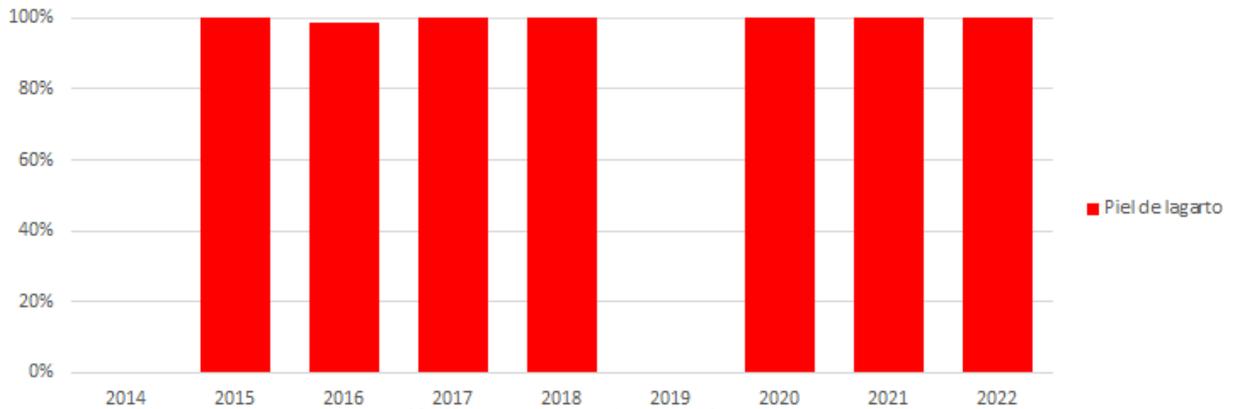


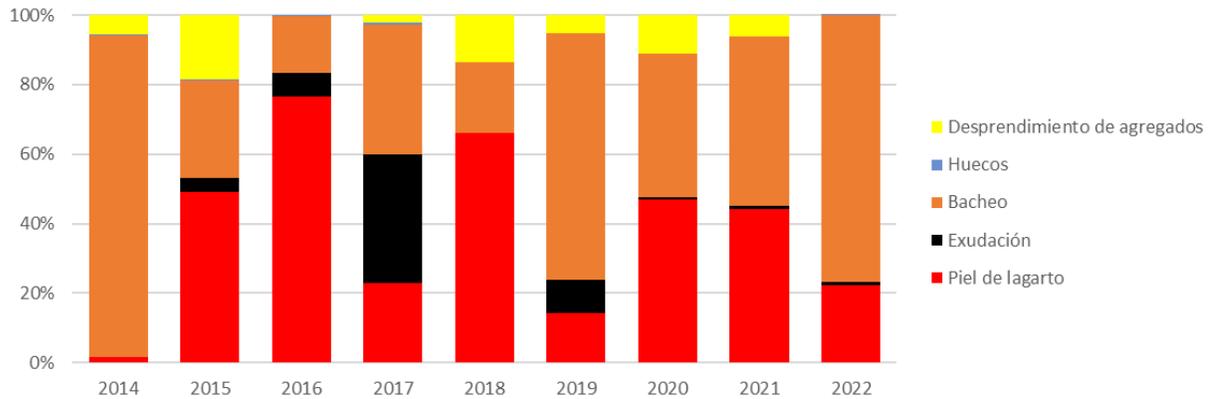
Figura 49. Condición superficial en Radial Turrúcares



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 82

Porcentaje Relativo de Área deteriorada Ruta 27 - Atenas 2014 - 2022



Porcentaje Relativo de Área deteriorada Atenas - Ruta 27 2014 - 2022

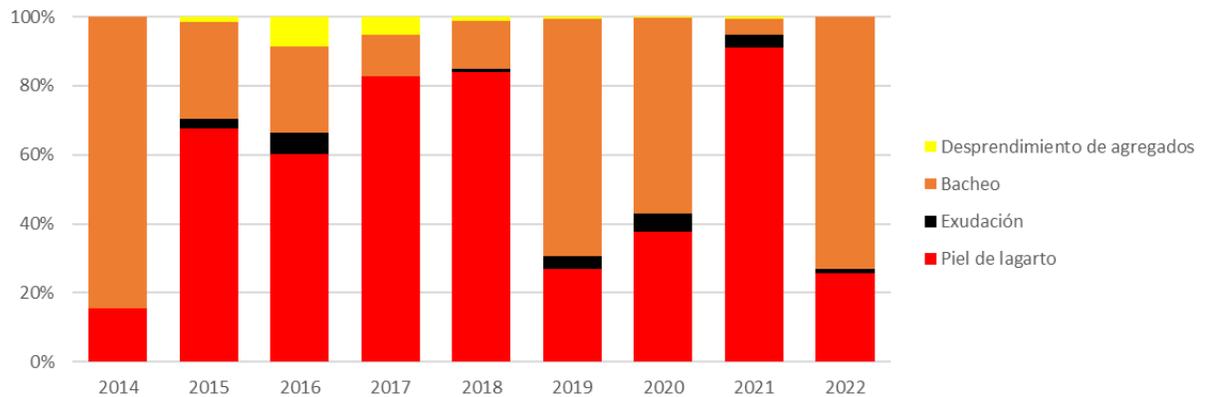


Figura 50. Condición superficial en Radial Atenas



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 83

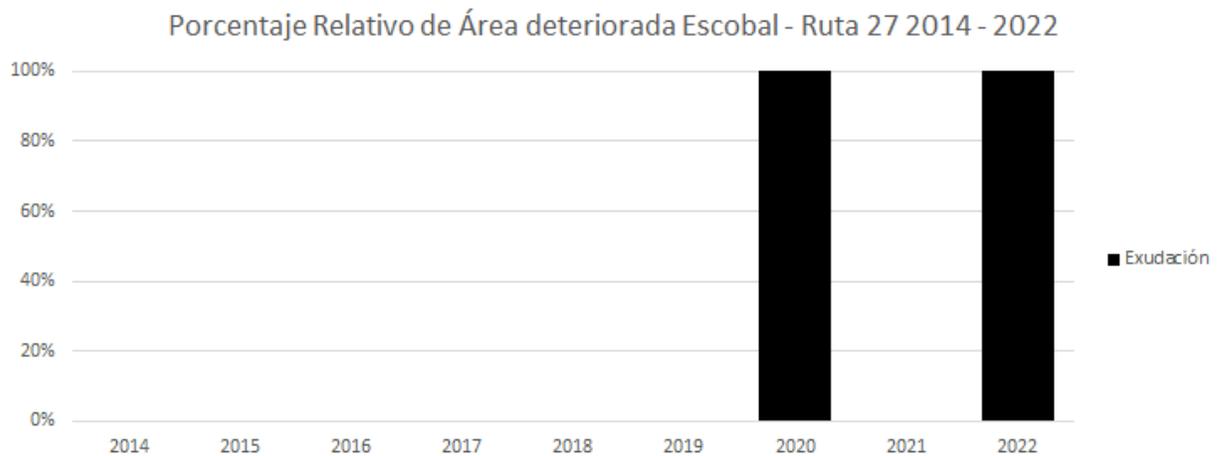


Figura 51. Condición superficial en Radial Escobal



5 Modelos de Deterioro

Los modelos de deterioro son una herramienta que, dentro del marco de la administración de pavimentos, permiten predecir de manera aproximada el daño que éstos pueden sufrir a lo largo de su vida útil. Básicamente, son modelos matemáticos que toman en cuenta una cantidad establecidas de variables, con el fin de determinar el estado a futuro, de tramos dentro de la infraestructura vial. Estos modelos surgen a partir de desarrollos empíricos, los cuales se originan a partir de bases de datos reales de pavimentos existentes, con información que cubre estado actual, tránsito, datos de diseño, entre otros.

Existen los modelos probabilísticos, que estudian las relaciones entre las variables seleccionadas, usando estadísticas y modelos de probabilidad, para predecir condiciones a futuro. Por su parte, los modelos determinísticos hacen uso de las propiedades físicas y mecánicas de las capas que componen un pavimento, para predecir dicha condición a futuro. Para la aplicación del modelo de deterioro a esta ruta, se utiliza un modelo determinístico, el cual será presentado a continuación.

5.1 Aplicación del Modelo de Deterioro

En el informe *LM-PI-UMP-010-R1* (Aguiar, Ávila, Badilla, 2013) se determina la correlación entre los parámetros subjetivos de serviciabilidad de un pavimento *PSI* a través de la percepción humana, con los valores objetivos de *IRI*, para Costa Rica, usando para ello la metodología aplicada por la *AASHTO*. El modelo obtenido se muestra en la Tabla 6.

Tabla 9. Rango de aplicación del Modelo para el cálculo del PSI Costa Rica

Modelo	Rango de Aplicación*
1. $PSI_{CR} = 0,015 * IRI^2 - 0,470 * IRI + 4,989$	0 – 10 m/km

* Rango de aplicación se refiere a los valores permitidos de *IRI* donde el modelo es válido.

Para el análisis de curvas de deterioro en la Ruta Nacional 27, sólo para la troncal, se utilizaron los valores del *IRI* medidos a partir del año 2011 en ambos sentidos de la vía, con una frecuencia de cada 100 m, sin considerar las singularidades de la carretera que puedan alterar sus valores. Con base en la estructura presente, se procedió con la segmentación la ruta en 4 secciones homogéneas, las cuales se muestran en la Tabla 7.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 85

Tabla 10. Secciones de control

Tramo	Estacionamiento
1	0+000 a 3+605
2	3+605 a 14+025
3	14+025 a 51+720
4	51+720 a 76+310

Con los valores de IRI para cada tramo homogéneo de cada sentido de la ruta, se calculó el PSI según lo mostrado en la Tabla 9. Con esto, se procede a graficar los valores obtenidos para cada año: el modelo de deterioro para dicho tramo será por tanto la curva de mejor ajuste. Un ejemplo de curva obtenida se muestra en la Figura 48.

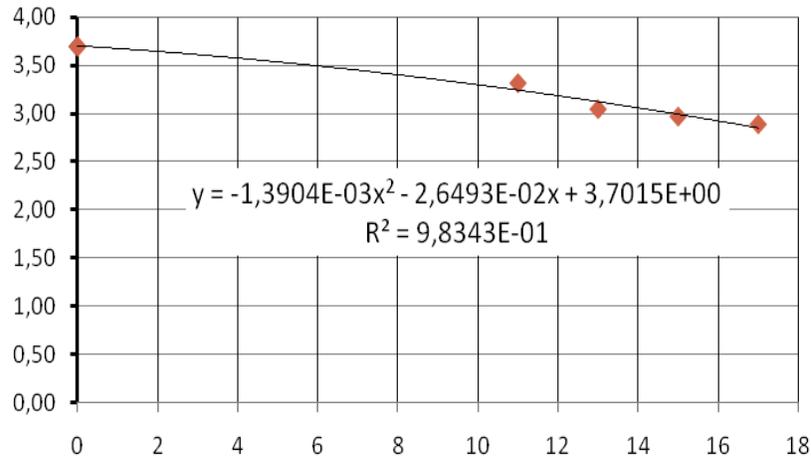


Figura 52. Ejemplo de curva obtenida a partir de los datos del PSI

En la Figura 49 se muestra como una ecuación cuadrática característica de un tramo evaluado, permite proyectar la condición funcional de una sección en años posteriores (línea verde).

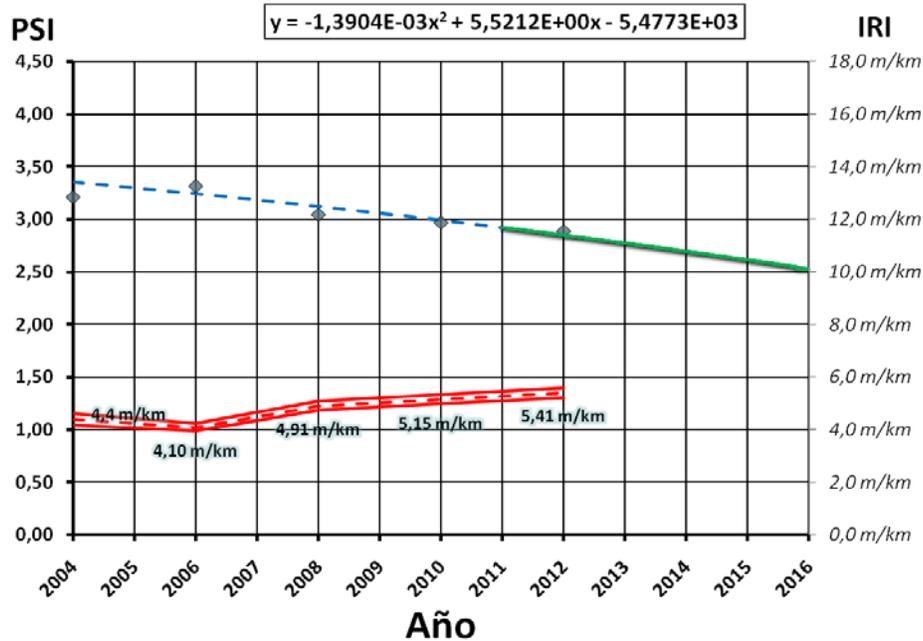


Figura 53. Gráfica ejemplo PSI vs Año, e IRI vs Año

El valor del R² obtenido con la curva de mejor ajuste, no es el más acertado para describir modelos de esta naturaleza. Por lo tanto, se utiliza un coeficiente de determinación ajustado, definido por

$$R^2 = 1 - \frac{SSE}{SST}$$

donde el valor SSE es el enfoque del análisis de varianza que utiliza la suma cuadrática de los errores, definido como

$$SSE = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

y el valor SST es la suma total de los cuadrados corregida, que representa la variación en los valores de respuesta que idealmente serían explicados en el modelo

$$SST = \sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n y_i)^2}{n}$$

Los valores teóricos obtenidos del análisis están representados por \hat{y}_i , los valores reales (aquellos de la base de datos de las evaluaciones) están representados por y_i , y n



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 87

representa el número de datos usados para determinar la envolvente de la curva de deterioro.

Luego de obtener el análisis completo de cada tramo homogéneo, se procede a realizar una ficha representativa donde se muestra el resumen de los parámetros utilizados y valores obtenidos, como se muestra en las Figura 60 y Figura 51.

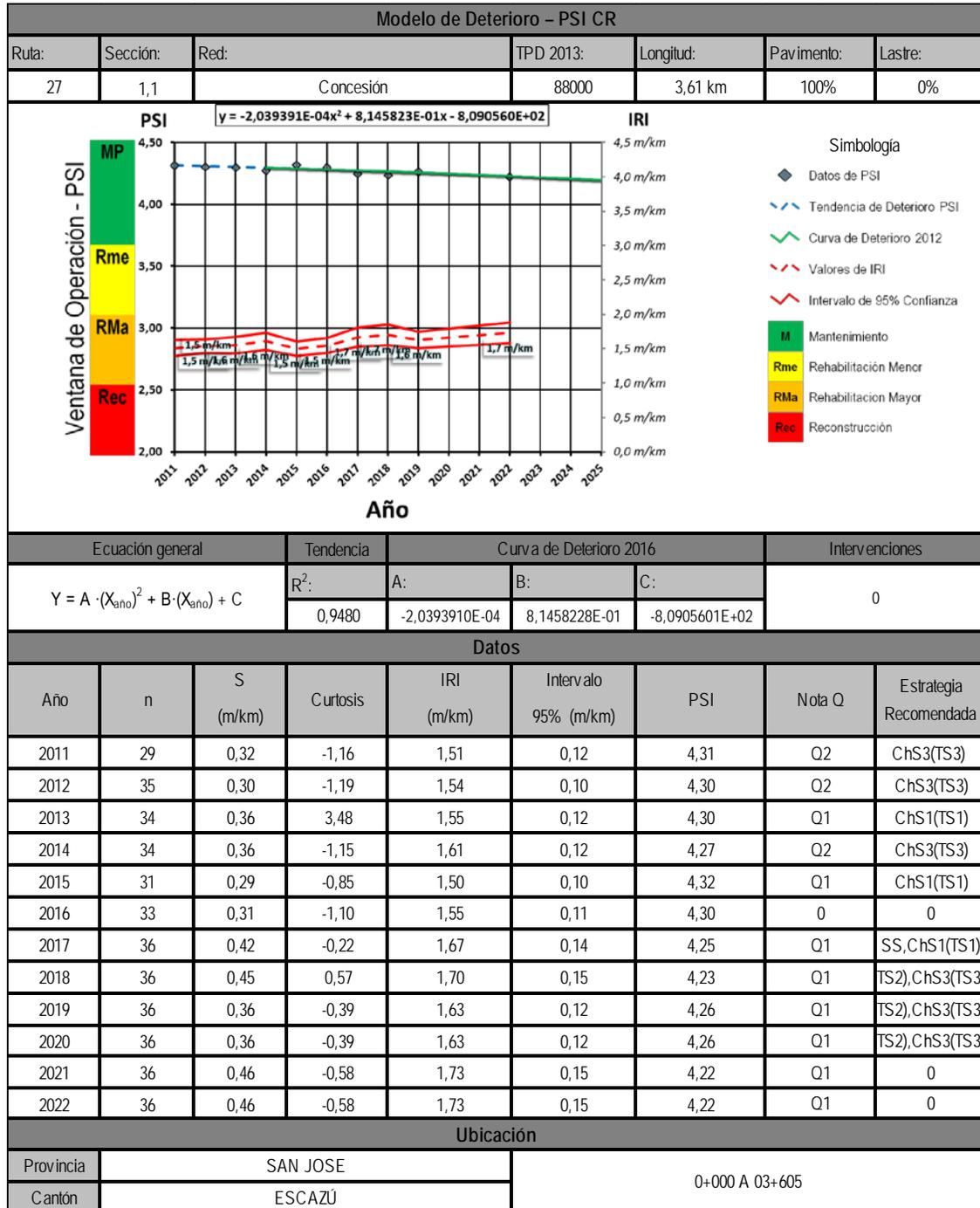
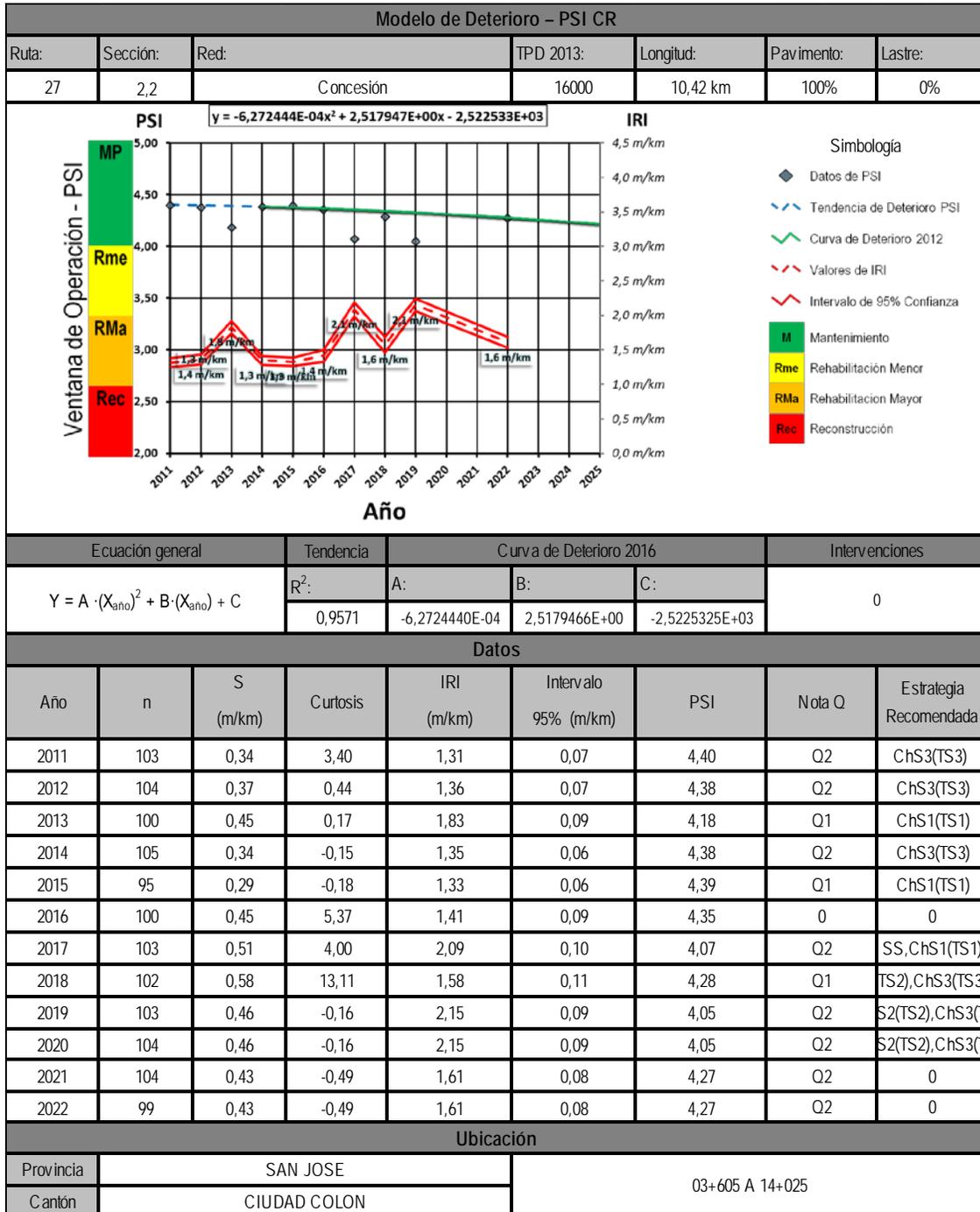


Figura 54: Modelo de deterioro para el tramo 1, sentido San José - Caldera.



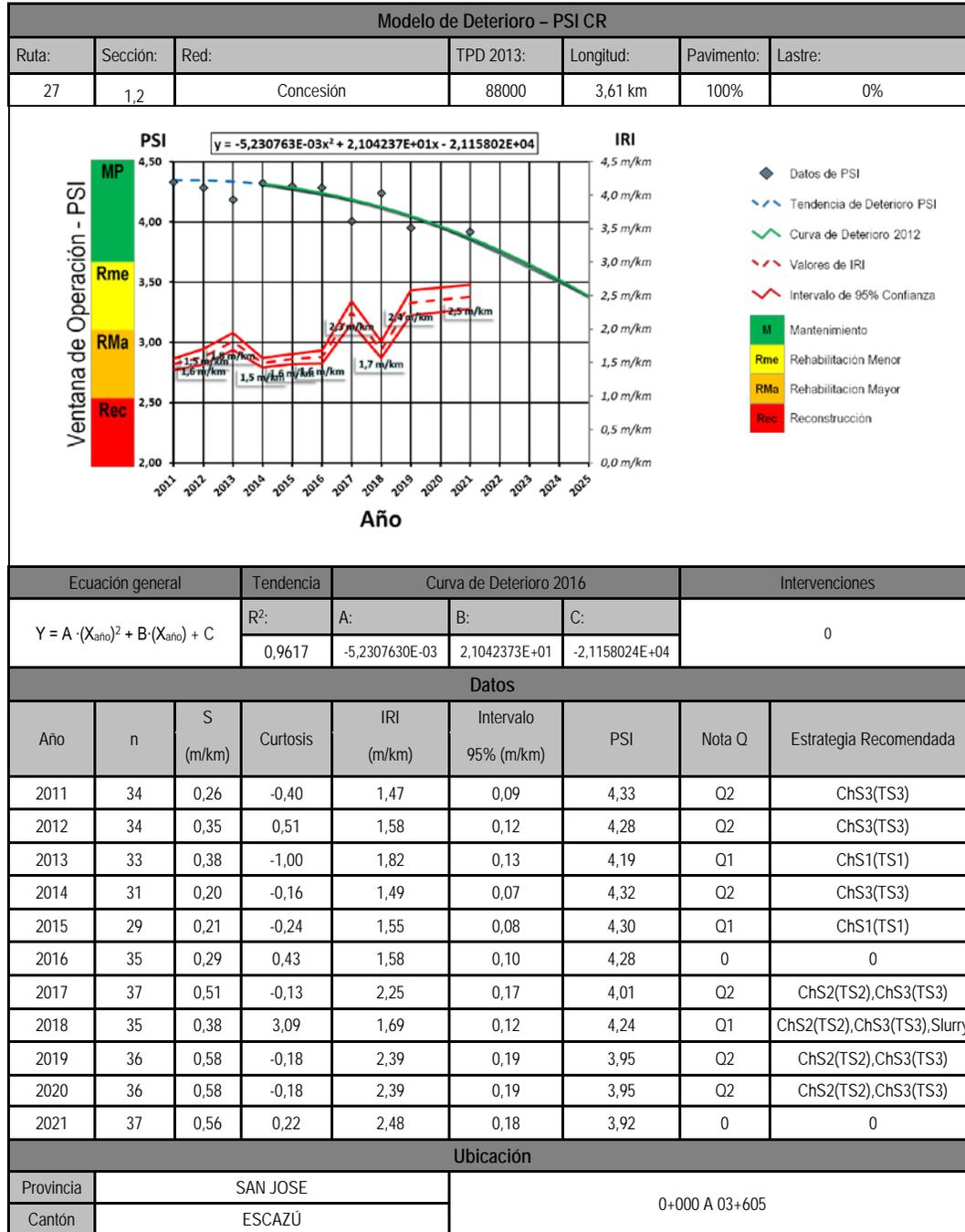


Figura 55: Modelo de deterioro para el tramo 1, sentido Caldera - San José.

5.2 Análisis de Resultados

Partiendo de la base de que un pavimento nuevo debe presentar un valor de PSI cercano a 4,5 y que se va deteriorando en el tiempo con el paso de las cargas vehiculares y las condiciones climáticas, reduciendo dicho valor. Al analizar este índice a lo largo de la vida de un proyecto, es posible establecer umbrales para realizar intervenciones, con el objeto de conservar el nivel de servicio en niveles óptimos (Figura 52).

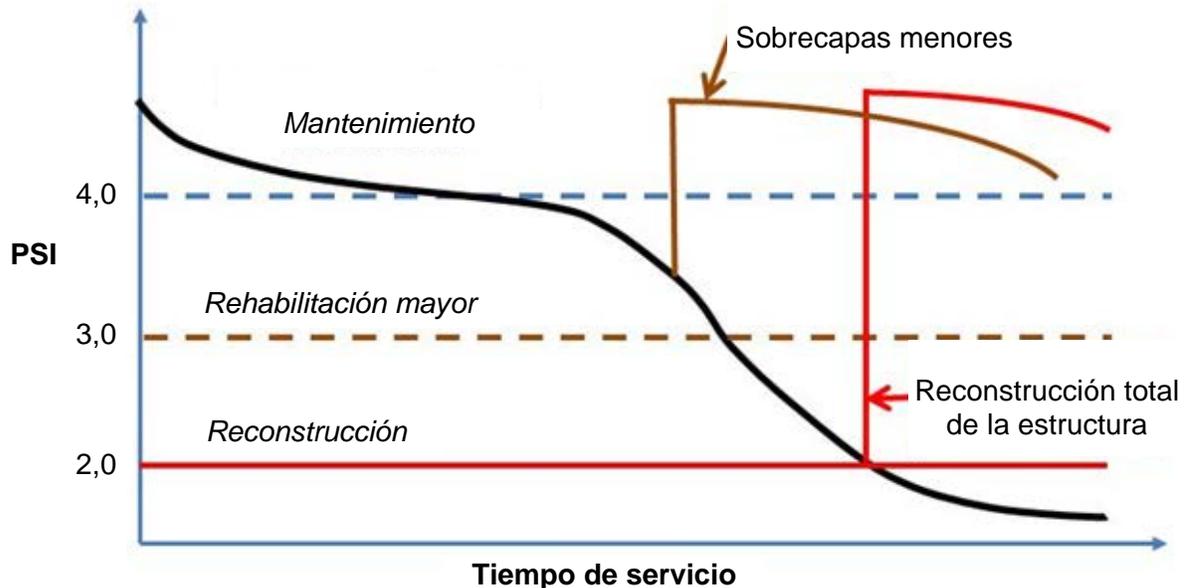


Figura 56. Concepto del PSI, y el respectivo cambio del valor con el tiempo para un pavimento (línea negra), contra valores umbral (líneas horizontales).

La figura anterior muestra el cambio del índice de serviciabilidad para un pavimento a lo largo de su tiempo de servicio. Es posible, mediante intervenciones menores, conservar valores PSI altos. A nivel internacional, es aceptado que cuando un pavimento llega a un valor de PSI igual a tres, para recuperar una condición cercana a la inicial es necesario realizar una rehabilitación mayor (curva café). Asimismo, cuando se alcanzan valores cercanos a dos, el tipo de intervención es su reconstrucción total (curva roja), con el impacto económico y de tiempo que esto significa.

Con los modelos de deterioro explicados en la sección anterior, es posible obtener la tendencia del cambio del valor *PSI* para cada tramo homogéneo, estableciendo el punto en el tiempo, en el que el mismo alcanzará un valor de tres (*rehabilitación mayor*). Si bien en cada tramo, año con año se realizan intervenciones en puntos específicos, lo que se



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 92

analiza acá es la tendencia del cambio del valor del PSI para la totalidad del tramo homogéneo, por lo que el modelo es aplicable. Además, con cada evaluación sucesiva a partir de ésta, se obtendrá el nuevo valor del PSI, el cual permitirá ir calibrando la curva de manera más precisa.

Con los modelos de deterioro obtenidos (y cuya totalidad se muestra en el Anexo VI), la Tabla 8 muestra el resumen de resultados, con el valor PSI de la presente evaluación, así como el tiempo necesario en años, para alcanzar el valor de 3.

Tabla 11, Año en el que el PSI alcanza el valor de 3,0 (umbral de rehabilitación mayor)

Tramo	Sentido	Descripción	PSI-2022	PSI=3	PSI	Delta años
1,1	San José - Caldera	0+000 A 03+605	4,23	2035	4,06	13
2,1	San José - Caldera	03+605 A 14+025	4,25	2035	3,98	13
3,1	San José - Caldera	14+025 A 51+720	3,98	2035	3,25	13
4,1	San José - Caldera	51+720 A 76+310	4,01	2035	3,54	13
1,2	Caldera - San José	0+000 A 03+605	4,23	2035	4,15	13
2,2	Caldera - San José	03+605 A 14+025	4,28	2035	3,93	13
3,2	Caldera - San José	14+025 A 51+720	4,04	2035	3,37	13
4,4	Caldera - San José	51+720 A 76+310	4,03	2035	3,92	13

Con base en estos resultados, los tramos homogéneos muestran que según las condiciones actuales, ninguno de los tramos alcanzará un valor de PSI menor a 3 antes de que termine el periodo de la concesión.



6 CONDICIONES GEOTÉNICAS Y SISTEMAS DE DRENAJE

El LanammeUCR realiza desde el año 2010 un seguimiento de las condiciones geológicas y geotécnicas que han afectado diferentes elementos de esta Ruta Nacional en concesión. Producto de dicho seguimiento se ha logrado documentar al menos 63 deslizamientos en los que el material presente en los taludes de corte (rocas, suelo, concreto lanzado, vegetación, entre otros) cayó sobre la carretera, así como dos hundimientos en los que el relleno que da soporte al pavimento ha fallado, afectando el tránsito vehicular (EIC-LANAMME-INF-0776-2021).

El tamaño y tipo de deslizamientos que han ocurrido a lo largo de los años en la Ruta Nacional No.27, así como las intervenciones implementadas por el Concesionario han sido muy variables. Dependiendo de la magnitud del deslizamiento o caída de material, así como del sitio específico donde caen los materiales con respecto a la carretera y del nivel de afectación a los usuarios, en varios de estos eventos fue necesario realizar un cierre completo de la vía por un tiempo determinado. En el informe de evaluación EIC-LANAMME-INF-0776-2021 se lograron documentar un total de once eventos que han generado el cierre completo de la vía.

Actualmente, por su condición destacan tres de estos sitios que, en algún momento de la operación de esta carretera desde el año 2009, han generado al menos un cierre completo de la carretera, por caída de material y con afectación directa a los usuarios. Los cambios observados recientemente en estos sitios, así como la evaluación de su condición actual y oportunidades de mejora identificadas, se presentan en detalle a continuación.

6.1 Taludes en el km 38+600

Este sitio ha sido objeto de intervenciones por parte del Concesionario y de evaluación y seguimiento por parte del LanammeUCR desde el inicio de la concesión. Los materiales utilizados en los trabajos que ha realizado el Concesionario en este sitio han sufrido de deterioros prematuros por la presencia de Drenaje Ácido de Rocas en este tramo de la carretera. El ácido que se forma en la superficie de los taludes ha disminuido la vida útil y el desempeño de los materiales empleados a lo largo de estos años.

Producto de estas condiciones han tenido lugar varios deslizamientos registrados en los distintos informes con caída de material como suelo, rocas y concreto lanzado en la carretera. Uno de estos deslizamientos tuvo lugar en el año 2015 (INF-PI-UGERVN-04-



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 94

2017), y posteriormente en el año 2020 (INF-PI-UGERVN-12-2020), nuevamente cayó una cantidad de material que cubrió ambos carriles de circulación.

Posterior al deslizamiento del año 2020 este talud fue intervenido en su totalidad. El Concesionario removió una parte del material para disminuir la pendiente de los taludes y construyó diferentes obras para el manejo del agua superficial.

Al comparar las fotografías aéreas obtenidas mediante el uso de drones, se pueden identificar varios cambios significativos que han tenido lugar en los últimos meses en este sector.

En la Figura 53 se observa la condición que presentaba el talud del costado derecho (sentido San José – Caldera) en abril del año 2022.



Figura 57. Vista aérea del talud de corte en el km 38+600 de la Ruta Nacional No.27 en abril del 2022. Se observa la superficie expuesta del terreno luego de los cortes, con secciones alternadas de berma y talud

La mayor parte de la superficie de los taludes intervenidos se observaba sin deterioros importantes, en la sección central se empezaban a mostrar en la superficie indicios de movimientos en el terreno, lo que llevó en su momento a la colocación por parte del Concesionario de apilamientos de rocas en el sector que estaba siendo afectado por la inestabilidad.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 95

Producto del seguimiento que realiza el LanammeUCR a estos sitios, se logra obtener en la evaluación del año 2023 (un año después) la siguiente fotografía aérea (Figura 54), en la cual se aprecia la condición que presentó el talud en abril del presente año 2023.



Figura 58. Vista aérea del talud de corte en el km 38+600 en abril del año 2023. Se observan diferentes materiales colocados para la protección superficial del talud y se destaca en línea roja el perímetro aproximado del deslizamiento que tiene lugar en el centro del talud que fue intervenido

El cambio más significativo observado entre las dos fotografías anteriores, es el avance del deslizamiento en el centro del talud. Se destaca también la colocación por parte del Concesionario de varios materiales para la protección superficial del talud, tales como concreto lanzado y geosintéticos para control de erosión. También se observó durante las visitas de campo la construcción de cunetas de concreto para el manejo del agua de escorrentía.

En abril del 2023 se observó poca vegetación creciendo en las zonas con manto geosintético, así como unas pocas manchas en el concreto debido al drenaje ácido de rocas, el cual para esas fechas se encontraba nuevamente en una etapa inicial del proceso de producción de ácido luego de los cortes que se hicieron en el terreno.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 96

Más recientemente, en el mes de agosto del 2023 por parte del LanammeUCR se registró nuevamente la condición del talud de corte en este sitio. La fotografía aérea correspondiente se muestra en la Figura 59



Vista Aerea Línea Férrea



Vista a nivel de terreno de Línea Férrea

Figura 59. Vista aérea del talud de corte en el km 38+600, agosto del 2023. Se destaca con línea roja el perímetro actual aproximado del deslizamiento que ha estado afectando este talud desde su intervención

En la figura anterior se observa el crecimiento que ha tenido la vegetación en la parte superior del material deslizado. También se aprecian las principales cárcavas que el agua ha creado en parte de la superficie del material que se ha deslizado.

Nuevamente se recomienda considerar la necesidad de realizar estudios geológicos y geotécnicos para caracterizar el material del talud y modelar su condición actual, con el fin de determinar la necesidad de diseñar y construir obras de estabilización que eviten un movimiento más grande del material que afecte a los usuarios de la carretera.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 97

En la parte superior de este talud se observó la afectación importante que continúa presentando la vía férrea (Figura 59), debido a que el terreno que le daba soporte a la vía falló junto con el resto del material que se deslizó. Esta afectación en la infraestructura del ferrocarril, provocada por este deslizamiento, fue señalada por el LanammeUCR desde noviembre del año 2021 mediante el Informe EIC-Lanamme-INF-0140-2021 “Informe de Evaluación del Proyecto San José-Caldera Ruta Nacional 27, Años 2020-2021”.

Tal como se aprecia en la Figura 56, en algunos de los sectores al pie del talud, que fueron cubiertos con el geosintético se observó crecimiento de vegetación a través y por encima del manto, que resulta beneficioso para la estabilidad. No obstante en la mayoría de los otros sectores intervenidos no presentan del todo crecimiento de vegetación.



Figura 60. Sector al pie del talud en el km 38+600, con crecimiento de vegetación sobre el manto geosintético instalado

En lo que respecta a la generación de Drenaje Ácido de Rocas en este sector, se observó una coloración en tonos naranja y café en el agua que corre por la superficie del talud, característica de las zonas en las que se presenta el proceso de drenaje ácido.

En la Figura 57 se observa el agua en la superficie y al pie del talud, así como la coloración naranja sobre el concreto lanzado que empieza a presentarse en las salidas de los drenajes del talud.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 98



Figura 61. Talud en el km 38+600 de la Ruta Nacional No.27. Coloración naranja y café en el agua que corre en la superficie del talud. Se observan también manchas en el concreto lanzado, evidencia del proceso de generación de drenaje ácido de rocas que deteriora el concreto y el acero

De acuerdo con la experiencia con el Drenaje Ácido de Rocas y sus efectos en los materiales utilizados en esta carretera (Informe LM-PI-UGERVN-008-2015), podría esperarse que el drenaje ácido deteriore de forma acelerada el concreto y el acero colocado en estos taludes. En este sentido es importante mantener un monitoreo regular de la condición que vayan presentando estos recubrimientos de concreto y también de los mantos para control de erosión, ya que estos últimos tienen un refuerzo de acero que también es susceptible a ser corroído por el ácido que se genera en la superficie de los taludes.

Otro de los problemas generados por la presencia de Drenaje Ácido de Rocas y que se pudo observar en la presente evaluación, es la formación de sales al reaccionar el ácido sulfúrico con el componente calcáreo del concreto lanzado. Estas sales tienden a colmatar los drenajes subhorizontales pues impide la salida de agua por estas tuberías, promoviendo que el talud se sature. Debido a esta situación, el mantenimiento y limpieza de los drenajes es esencial para disminuir la acumulación de sales y residuos, y con ello solucionar los problemas que se generan por el Drenaje Ácido de Roca en las obras recién construidas.

En este mismo sector, pero al lado contrario de la carretera (costado izquierdo en el sentido San José – Caldera), se localiza un talud de corte, el cual también ha sido objeto recientemente de intervención por parte del Concesionario.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 99

Tal como se aprecia en la Figura 58, en la superficie de este talud se instaló un manto para control de erosión con refuerzo metálico. Este manto instalado está brindando protección superficial al talud, lo que ha permitido incluso el crecimiento de un poco de vegetación en su parte alta.



Figura 62. Talud de corte en el km 38+600 de la Ruta Nacional No.27. Se observa el manto para control de erosión instalado, así como vegetación que ha logrado establecerse en la parte alta del talud

6.2 Taludes en el km 40+700

En este estacionamiento se localizan varios taludes de corte que han presentado deslizamientos en los últimos años. La principal afectación se ha dado en el talud del costado derecho de la carretera, en el sentido San José – Caldera.

Los deterioros y los riesgos para los usuarios asociados a la condición que durante años ha presentado este talud, ha sido objeto de seguimiento y han sido evidenciados por parte del LanammeUCR desde el año 2014 (INF-PI-UGERVN-05-2014 y INF-PI-UGERVN-14-2014).

Los deslizamientos más importantes se presentaron en los años 2014 y 2020. El primero de estos se presentó el 2 de noviembre, hubo caída de materiales (suelo y rocas) que impactaron un vehículo y bloquearon los dos carriles de circulación. La ruta se mantuvo



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 100

cerrada en el tramo entre Balsa de Atenas y Orotina el 2 y 3 de noviembre (EIC-LANAMME-INF-0776-2021).

Las intervenciones realizadas por el Concesionario, posterior a ese evento, incluyeron colocación de anclajes pasivos, concreto lanzado y mantos geosintéticos reforzados con mallas de acero. Sin embargo, dichas intervenciones no fueron efectivas para detener el avance del deslizamiento y el deterioro superficial de este talud.

Posteriormente, el 10 de noviembre del 2020 se presentó otro deslizamiento de mayores proporciones en el talud, lo que obligó nuevamente al cierre de ambos carriles por la caída de material.

Más recientemente el talud ha sido intervenido mediante la remoción de una parte importante del terreno y la construcción de sistemas de drenaje superficial. La condición actual se muestra mediante la vista aérea de la Figura 59 a continuación.



Figura 63. Vista aérea del talud de corte en el km 40+700 de la Ruta Nacional No.27, setiembre 2023. Se observan las nuevas secciones de taludes y bermas, producto de la más reciente intervención por parte del Concesionario

La nueva superficie consiste en secciones de talud y bermas intermedias, en las cuales se observaron cunetas de concreto para el manejo del agua de escorrentía. En estas intervenciones el Concesionario removió el material que se encontraba en la parte superior



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 101

del talud, dicho material había perdido una parte del terreno que le daba soporte, lo que lo convertía en un peligro para los usuarios ante la eventual caída de dicho material en la carretera.

En las Figura 60 y Figura 61 se muestra en detalle la condición que presenta actualmente una parte de la superficie de estos taludes, y los sistemas de drenaje que fueron construidos por el Concesionario.



Figura 64. Talud de corte en el km 40+700 de la Ruta Nacional No.27, con secciones de berma y talud



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 102



Figura 65. En este talud de corte del km 40+700 se observan los primeros indicios de erosión superficial, una parte del material erosionado se acumula en la cuneta de concreto

Tal como se observa en las Figura 60 y Figura 61 al pie de los taludes, en la parte interna de las bermas construyeron cunetas de concreto que forman parte del sistema de manejo del agua de lluvia. Estos elementos son vitales y se debe garantizar su funcionamiento durante la estación lluviosa mediante el mantenimiento periódico, principalmente con la remoción de los sedimentos que disminuyen su capacidad.

En esas dos figuras también se observan las primeras evidencias de erosión superficial en el talud. Los materiales que conforman el talud son principalmente tobas y depósitos fluviales y lacustres, los cuales son susceptibles a la erosión. Al no contar con una protección superficial, estos materiales se acumulan en los sistemas de drenaje, haciendo necesario un mantenimiento más frecuente para removerlos.

A un costado del talud se observó un quebragradiente de concreto para amortiguar la descarga del agua de esorrentía, tal como se muestra en la Figura 62.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 103



Figura 66. Quebragradiente de concreto al costado del talud de corte del km 40+700.
Se observan elementos de concreto dentro del canal para disipar la energía del agua

La construcción y el mantenimiento de este tipo de elementos se considera primordial para lograr un adecuado manejo del agua de escorrentía superficial. Estos elementos disminuyen el daño causado por el agua de lluvia al correr por las superficies expuestas de los taludes.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 104

6.3 Hundimiento en el km 44+500

En este sitio tiene lugar un deslizamiento que ha afectado durante años al terraplén de la carretera y las laderas aledañas a la misma (INF-PI-UGERVN-01-2019). Se trata de un deslizamiento cuyos efectos en la carretera han sido constantes y han sido registrados e informados por el LanammeUCR desde el año 2011 en los informes anuales de evaluación (INF-PITRA-010-2011).

Adicionalmente, el LanammeUCR ha mantenido seguimiento más detallado al comportamiento de este hundimiento desde el año 2018 (INF-PI-UGERVN-12-2020), mediante la instalación y uso de instrumentos en el campo como: inclinómetros, GPS y mediante la comparación de modelos de elevación digital generados con datos LIDAR y fotogrametría.

Entre los efectos negativos del deslizamiento se encuentran deformaciones de la carpeta asfáltica y del guardavía, así como grietas y hundimientos en el pavimento de variada magnitud a lo largo de aproximadamente 400 metros de carretera.

Durante las estaciones lluviosas de los años 2017 y 2018, los hundimientos obligaron al Concesionario a intervenir nuevamente este sector. El Concesionario construyó un muro anclado y una pantalla de pilotes al pie del terraplén. El movimiento del terreno continuó a pesar de estas intervenciones y frecuentemente el Concesionario debe colocar nuevas capas de asfalto para permitir que este tramo sea transitable.

En el año 2022 se observó el inicio del acondicionamiento del terreno para la construcción de un viaducto, que permitirá salvar la distancia sobre el terreno inestable afectado por el deslizamiento.

En la Figura 63 se observa la condición que presentan una parte de las obras que se desarrollan en este sector al mes de setiembre del 2023.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 105



Figura 67. Trabajos en el estacionamiento 44+500 de la Ruta Nacional No.27. Se observan parte de las obras que están siendo construidas cerca del hundimiento, setiembre 2023

Parte de las obras que se han desarrollado incluyen el corte del terreno para generar el espacio necesario para la estructura del viaducto y el acceso al mismo en ambos sentidos. En los cortes generados se observan diferentes tipos de material, destacándose sectores de roca fracturada en combinación con estratos de suelo.

Debido a esta heterogeneidad, cada sector tendrá diferentes necesidades de protección superficial, la cual busca evitar el deterioro y la caída de materiales como suelo o rocas en la carretera. En ese sentido se han observado algunos tramos en los cuales el Concesionario ha colocado concreto lanzado para la protección superficial.

7 CONCLUSIONES

7.1 Conclusión General

El presente es un informe técnico de evaluación, reiteramos, que se enmarca dentro de las funciones de ente fiscalizador que la Ley 8114 le confiere al LanammeUCR.

La prueba con el medidor de agarre superficial “*GripTester*”, usado a nivel internacional para medir la resistencia al deslizamiento de una superficie de rueda en carretera, dio resultados que señalan tramos de la vía con valores ubicados en la categoría



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 106

de “Muy *Deslizante*” (18,18 % de la longitud en el sentido San José - Caldera y un 19,48 % en el sentido contrario); y en el sentido Caldera – San José, un 63,64 % se encuentra en la categoría de “*Deslizante*”, condición que en el sentido opuesto se ubicó en 31,17 %. Por su parte, la prueba con el “*MuMeter*”⁷ dio como resultado que un 1,3 % de la longitud de la troncal principal, en el sentido Caldera-San José y un 2,60% en el sentido contrario, presentan una condición fuera de los valores estipulados en el contrato.

El análisis integral del pavimento en la troncal principal, se realiza considerando la influencia de una serie de aspectos que afectan en algún grado la calidad general del proyecto. Se debe tomar en consideración la calidad de los materiales utilizados, es decir, el diseño 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. Todos estos aspectos no 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.

Con los resultados de las pruebas de capacidad estructural, funcional y de agarre superficial, se calculan las Notas de Calidad para la ruta, así como las estrategias de intervención según la nota obtenida en cada tramo. Si bien las notas obtenidas califican la ruta en buenas condiciones (al ser las Q1 y Q2 las que abarcan la mayor parte de la longitud del proyecto), al comparar los resultados de esta última campaña contra campañas anteriores, es posible determinar una tendencia a la mejora, la cual se ha venido reflejando desde el año 2019. Esto especialmente es claro al analizar las estrategias de intervención, las cuales para esta evaluación son más rigurosas en comparación con las obtenidas en evaluaciones anteriores.

En el tema de deterioros superficiales, se sigue la tendencia marcada desde la campaña de evaluación anterior, con un aumento de los deterioros tipo área (piel de lagarto, bacheo, exudación y desprendimiento de agregado) y de la cantidad de kilómetros con grietas, en comparación con evaluaciones anteriores. Para el primer tipo, los deterioros más comunes son piel de lagarto, el bache y la exudación; mientras que en el segundo tipo dominan las grietas longitudinales y transversales. Es de recordar que el cartel de licitación

⁷ El LanammeUCR, en el informe *INF-PI-UGERVN-05-2016* consigna que las especificaciones presentes en el *Contrato de Concesión de Obra Pública de la Carretera San José – Caldera*, en el apartado relativo a la medición de la resistencia al *resbalamiento* como se denomina ahí, no son apropiadas desde el punto de vista técnico, debido al uso original del *MuMeter* para realizar esta medición en pistas de aterrizaje, y que no es posible adaptarlo a la medición de carreteras, debido a que la configuración física de las ruedas no coinciden con las huellas de los vehículos.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 107

para este proyecto, prohíbe del todo la existencia de la exudación, deterioro que ha sido relacionado a nivel mundial con bajos niveles de agarre superficial.

A partir de investigaciones del *LanammeUCR* en modelos de deterioros para rutas nacionales, se pudieron crear los modelos en esta evaluación. Con ello y la calibración que se hará año con año, a partir de nuevos valores de *IRI* obtenidos, será posible evaluar las políticas de mantenimiento que se están aplicando a la ruta. Con los resultados obtenidos este año, para los ocho tramos analizados, siempre que se mantengan las condiciones actuales de mantenimiento, se puede estimar que no tendrán un valor inferior a un *PSI* igual a 3 en los próximos 13 años.

7.2 Conclusiones Específicas

7.2.1 Sobre la condición funcional

En este parámetro, alrededor de un 67% de la longitud de la troncal principal presenta valores en el rango de Regular, el restante 36% corresponde a una condición Buena. Sabiendo la relación existente entre valores altos de *IRI* con costos de operación, es importante establecer una política para reducir este porcentaje, sobre todo cuando es posible ver una clara tendencia al deterioro (aumento del porcentaje de longitud en el rango regular de *IRI*) desde la campaña de evaluación 2015-2016, con una leve disminución en el año 2019.

Con respecto a las radiales, el rango de *IRI* predominante es el Regular, con porcentajes promedio en el orden de 80% de la longitud de cada radial en esta categoría.

7.2.2 Sobre la resistencia al deslizamiento

En el sentido San José – Caldera se presenta aproximadamente un 49,35 % de la vía entre la condición *Muy Deslizante* y *Deslizante*, condición que para el sentido opuesto representa un 83,12 %. Según los datos obtenidos con el *GripTester*, se puede relacionar con niveles muy bajos de seguridad vial al momento de transitar los usuarios por la superficie de la carretera.

En lo que respecta a los datos obtenidos con el *MuMeter*, en el sentido San José-Caldera se registró un 2,60 % fuera del contrato, mientras que para el sentido Caldera-San José este valor resultó en 1,30% en la longitud de la ruta que presenta valores fuera de los rangos estipulados en el contrato.

En comparación con las campañas anteriores del periodo 2018 al 2020, los valores obtenidos con el *Grip Tester* habían experimentado una disminución en relación con los



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 108

valores que se clasifican como *Muy deslizante* y *Deslizantes* en ambos sentidos de circulación. Sin embargo, los registros del año 2021 y 2022 evidencian deterioros, con un aumento predominante en la categoría *Deslizante* y *Muy deslizantes* para ambos sentidos de circulación, principalmente en esta última campaña.

Al analizar las radiales, predomina la condición *Deslizante* de forma generalizada. En el caso de la Radial Turrúcares, presenta un 100 % de los segmentos de vía en condición *Muy Deslizante*, para el sentido Ruta Nacional 27 hacia Turrúcares y un 50 % en el sentido opuesto. De forma análoga, la Radial Atenas presenta un 69,70 % en condición *Muy Deslizante* para el sentido Atenas hacia Ruta Nacional 27 y 21,88 % en sentido contrario. Por último, en la Radial Coyol en el sentido Ruta Nacional 27 hacia El Coyol, se obtuvo un 41,03 % en condición *Muy Deslizante*.

Al tomar en cuenta los datos del *MuMeter* para las radiales, estos presentan más de 75 % de cumplimiento para todas las radiales, con la excepción de la Radial Turrúcares en el sentido Turrúcares a Ruta Nacional 27, que presenta un 50 % de cumplimiento.

Queda demostrado que tanto la Ruta Nacional 27 como sus Radiales, con el método de *MuMeter* muestran un alto grado de cumplimiento en contratos respecto al año 2021, sin embargo, en cuanto al método del *Grip Tester* se demuestra que se ha aumentado el grado de peligrosidad en cuanto a deslizamientos, donde, de forma histórica, no se alcanzan valores robustos en la categoría *No deslizante*, condición a la que se debe aspirar de forma predominantemente.

7.2.3 Sobre los deterioros superficiales de la mezcla asfáltica

Gracias a la información obtenida con el *Equipo de Imágenes*, fue posible realizar una evaluación detallada de la totalidad de los deterioros superficiales por medio del *Imaging* en las radiales y la troncal principal. La evaluación de los años 2015 – 2018, indicó un aumento importante en el área con deterioros; con los resultados de la presente evaluación (2021-2022).

En las radiales, el deterioro predominante es el tipo *piel de lagarto*, seguido en menor medida por *bacheo*, *exudación* y los *agrietamientos*.

7.2.4 Sobre las notas de calidad y las estrategias de intervención

Para la troncal principal, las notas de calidad predominantes son *Q1* y *Q2*, con porcentajes bajos para la nota *Q5*. Esto en general refuerza el concepto de que el proyecto presenta una buena condición estructural y funcional, en un porcentaje importante de su longitud. Sin embargo, al comparar las notas obtenidas en campañas de evaluación anteriores, tanto por su distribución como por la aparición de nuevas notas (tramos con



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 109

notas Q6 y Q8), se muestra una tendencia general hacia el deterioro. Lo anterior, se refuerza cuando se determinan las estrategias de conservación: para estas últimas campañas, los resultados obtenidos indican estrategias cada vez más rigurosos, con el fin de devolver a la superficie de ruedo las condiciones normales para un proyecto de este tipo.

7.2.5 Sobre los Modelos de Deterioro

Con la ruta dividida en tramos homogéneos para cada uno de los sentidos y con el modelo de *PSI* desarrollado por el *LanammeUCR* para Costa Rica, el cual utilizado como información de entrada los datos calculados de *IRI* con el perfilómetro láser, se crearon los modelos de deterioro para la troncal principal. Para esta evaluación se obtuvo que, para todos los tramos analizados, se requiere realizar labores de mantenimiento preventivo, puesto que, según las condiciones actuales, ninguno de estos tramos alcanzará un valor de *PSI* menor a 3 en un plazo mayor a 13 años.

7.2.5.1 Sobre las condiciones geotécnicas y sistemas de drenaje

Se presentan las principales conclusiones producto de la evaluación geológica y geotécnica, realizada en la Ruta Nacional No.27 en concesión:

- Desde el año 2010, se ha registrado un total de 63 deslizamientos en la Ruta Nacional No.27, lo que ha llevado en muchos casos a cierres temporales. Estos deslizamientos han involucrado diferentes tipos de material, incluyendo rocas, suelo y concreto lanzado. Además, se han documentado hundimientos que afectaron y afectan la circulación vehicular.
- Uno de los sitios que continúa con inestabilidad es el talud en el kilómetro 38+600, dado que ha experimentado varios deslizamientos. En el pasado estos deslizamientos han deteriorado las intervenciones previas realizadas por el Concesionario.
- Producto de los trabajos realizados por el Concesionario se han observado cambios significativos en el talud del km 38+600, incluyendo la colocación de materiales para la protección superficial, como concreto lanzado y geosintéticos para control de erosión. También se ha notado el crecimiento de vegetación en algunas de las áreas protegidas con el manto para control de erosión, así como la persistencia del problema del drenaje ácido.
- El deslizamiento que tiene lugar en el km 38+600 sigue afectando negativamente la infraestructura del ferrocarril, situación que persiste desde noviembre de 2021, lo que es una preocupación adicional.



- La situación en el km 38+600 de la Ruta Nacional No. 27 requiere atención debido a los deslizamientos recurrentes en el sector central del talud y el drenaje ácido de rocas, tal como se apreció en la comparación realizada entre la Figura 54 (abril 2022) y Figura 59 (agosto 2023).
- El talud en el estacionamiento 40+700 ha sido intervenido nuevamente con la remoción de material y la construcción de sistemas de drenaje superficial. Se ha logrado eliminar material que representaba un riesgo para los usuarios. La nueva superficie incluye secciones de talud y bermas con cunetas de concreto para el manejo del agua de lluvia. Es esencial realizar un mantenimiento periódico, principalmente para eliminar los sedimentos que podrían obstruir las cunetas.
- Continuando con el talud en el estacionamiento 40+700, recientemente se han observado los primeros signos de erosión en el talud debido a la falta de protección superficial. Los materiales que conforman el talud son susceptibles a la erosión.
- En lo relativo al hundimiento en el km 44+500, debido a la inestabilidad del terreno que ha afectado el terraplén de la carretera, en el 2022 se comenzaron los trabajos para construir un viaducto que permita superar la zona inestable afectada por el deslizamiento.
- Debido a la heterogeneidad de los materiales en el nuevo talud de corte en el km 44+500, se recomienda considerar de forma preventiva una protección superficial adaptada a estas condiciones, para evitar la caída de materiales, como suelo o rocas, en la carretera.
- Dado que el km 44+500 es una zona históricamente inestable, se recomienda el diseño e implementación de un sistema de monitoreo para evaluar la estabilidad del terreno que soporta los bastiones del viaducto.

8 RECOMENDACIONES

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

8.1 Sobre la evaluación funcional y de deterioro superficial del proyecto

- 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, con el fin de detener la propagación de los deterioros detectados.
- Mantener o mejorar los estándares de calidad y mantenimiento del proyecto puesto que, al realizar el análisis de modelos de deterioro, se detectó que para esta



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 111

evaluación hubo una mejora en la proyección de los tramos para el momento en que requerirían una intervención mayor. Es por esto que deben considerarse las acciones preventivas correspondientes, que garanticen al Estado costarricense obtener un proyecto de altos estándares al final del periodo de la concesión.

8.2 Sobre la evaluación de las radiales

- Realizar una intervención del tipo *Rehabilitación Mayor* de manera inmediata en las radiales que presentan condiciones estructurales críticas, para extender su vida de servicio.
- Implementar un programa de mantenimiento rutinario a cada radial, de tal manera que cuente con una adecuada condición estructural, funcional y de seguridad vial, evitando deterioros prematuros y de forma acelerada.

8.3 Evaluación talud en PK 38+600

Se recomienda al Consejo Nacional de Concesiones valorar la pertinencia de solicitar las siguientes acciones por parte del Concesionario:

- Analizar, mediante estudios geotécnicos de estabilidad de taludes, la condición actual del deslizamiento que tiene lugar en este tramo de la Ruta Nacional No.27 en concesión.
- Determinar la necesidad de diseñar y construir una solución de estabilización que logre evitar que el deslizamiento continúe avanzando y afectando las zonas aledañas y los taludes de la carretera, así como la estabilidad del terreno que da soporte a la vía férrea en la parte alta del talud.
- Mantener planes de mantenimiento periódico de los sistemas de drenaje que han sido construidos en las bermas y en los costados del talud de corte en este sector.
- Considerar la siembra de vegetación en los taludes que han sido recientemente protegidos con el manto para control de erosión. Para el éxito de estos sistemas es vital lograr el crecimiento permanente de la vegetación.

8.4 Evaluación talud en PK 40+700

Se recomienda al Consejo Nacional de Concesiones valorar la pertinencia de solicitar las siguientes acciones por parte del Concesionario:

- Considerar el uso de mantos para control de erosión u otros materiales para la protección superficial de los taludes de corte en este tramo de la carretera.
- Llevar a cabo un mantenimiento periódico, de limpieza de los sistemas de manejo del agua de escorrentía en las obras construidas en este talud.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 112

8.5 Hundimiento en el km 44+500

Se recomienda al Consejo Nacional de Concesiones valorar la pertinencia de solicitar las siguientes acciones por parte del Concesionario:

- Considerar el diseño e instalación de sistemas de protección superficial para los taludes de corte recientemente construidos en este sitio, se debe tomar en cuenta la cercanía del talud con la carretera, la condición meteorizada de algunos de estos materiales rocosos y la altura considerable de los taludes.
- Diseñar e implementar un sistema para el monitoreo de la estabilidad del terreno que da soporte a los bastiones del viaducto. Se debe considerar que, esta es una zona históricamente inestable y es primordial verificar que las condiciones de diseño corresponden con las condiciones reales del sitio, tanto durante la construcción como después de realizadas las obras.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 113

9 BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, J., 2017. Caracterización geológica e identificación de drenaje ácido de roca en sitios seleccionados entre el km 37 y el km 48 en la Ruta Nacional 27. Tesis, Lic. Escuela Centroamericana de Geología.
- American Association of State Highway Transportation Officials. (2011). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, 6th Edition. Washington, D. C, Estados Unidos de América.
- American Association of State Highway Transportation Officials. (2010). *Highway Safety Manual*, 1st Edition. Washington, D. C, Estados Unidos de América.
- American Association of State Highway Transportation Officials. (1993). *American Association of State Highway Transportation Officials Guide for Design of Pavement Structures*. Washington, DC. Washington, DC. Estados Unidos de America.
- American Association of State Highway Transportation Officials. (2008). *Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide, Interim Edition: A Manual of Practice. Asociación Americana de Carreteras Estatales y Oficiales de Transporte*. Washington, DC. Estados Unidos de America.
- American Association of State Highway Officials. (2014). *LRFD Bridge Design Specification*, Seventh Edition. Washington, DC. Estados Unidos de America.
- American Association of State Highway Officials. (1961). *The American Association of State Highway Official Road Test: History and Description of Project. Highway Research Board*, Vol. 61, No. 1. Washington, DC. Estados Unidos de America.
- Al-Omari & Darter. (1994). *Relationships between international roughness index and Present serviceability ratings*. Transportation Research Council, Washington D.C. Estados Unidos de América.
- Arriaga, P. & C. Mario. (1998). *Índice de Rugosidad Internacional en la red carretera de México*. Publicación Técnica No 108. Sanfandila, Qro. México.
- Sociedad América para Ensayos y Materiales (ASTM por sus siglas en inglés). Estados Unidos de América.
- Badilla, G. (2009). *Determinación de la regularidad superficial de pavimento mediante el cálculo del índice regularidad internacional (IRI): Aspectos y consideraciones importantes*. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Badilla, G., Elizondo, F. & Barrantes, R. (2008). *Determinación de un procedimiento de ensayo para el cálculo del IRI*. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 114

- Carey, W. & Irick, P. (1960). *The Pavement Serviceability Performance Concept. Highway Research Board. Record 250.* Estados Unidos de América.
- Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (2013). *Lineamientos para el Diseño Sismorresistente de Puentes*, San José, Costa Rica: Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos.
- Consejo Nacional de Concesiones (CNC). (2000a). Cartel de licitación: Concesión de obra con servicio público de la carretera San José – Caldera. Licitación pública internacional N°01-98. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
- Consejo Nacional de Concesiones (CNC). (2000b). Contrato de concesión: Concesión de obra con servicio público de la carretera San José – Caldera. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
- De Solminihac, H., Salsilli, R., Kohler, E. & Bengoa, E. (2003). *Analysis of Pavement Serviceability for the AASHTO Design Method: The Chilean Case.* Santiago, Chile.
- Dold, B., 2010: Gestión de residuos y minería sostenible. Basic concepts in environmental geochemistry of sulfidic mine-waste management.- 37 pp. Universidad Internacional de Andalucía.
- Dujisin, D. & Arroyo, A. (1995). *Desarrollo de una Relación Índice de Serviciabilidad - Índice de Rugosidad Internacional (IRI). Comisión de Diseño y Evaluación De Pavimentos*, Corporación de Desarrollo Técnico (CDT), Cámara Chilena de la Construcción. Santiago, Chile.
- Grandia, F., Salas, J., Arcos, D., Archambault, A. & Cottard, F., 2009: Impacto del drenaje ácido de explotaciones mineras en la cuenca del Río Margarita y Embalse de Hatillo (República Dominicana).- Bol. Geol. Minero, 120(4): 595-606.
- Hall, K. T. & Correa Muñoz, C. E. (2007). *Estimation of present serviceability index from International Roughness Index.* Transportation Research Record 1655, TRB. Consejo de Investigación Nacional. Paper No. 99-1508 Washington, D. C, Estados Unidos de América.
- HOLDRIDGE, L. R., 1967: Life zone ecology.- 206 págs. Tropical Science Center, San José.
- Huang, Y. (1998) *Pavement Analysis and Design* Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey. Estados Unidos de América.
- Hungr, O., Leroueil, S. & Picarelli, L., 2014: The Varnes classification of landslide types, an update. – Landslides, 11:167–194, DOI 10.1007/s10346-013-0436-y.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 115

- Hveem, F M. & Carmany R. M. (1948). *The Factors Underlying the Rational Design of Pavements*. Highway Research Board, Vol 28, pp 101-136. Estados
- INTECO. (2019). *INTE W82: 2019. Dispositivos de señalización temporal para el control del tránsito en obras. Hitos de vértice. Requisitos y métodos de ensayo*. San José, Costa Rica.
- LanammeUCR, *Análisis de los estudios geológico – geotécnicos y del diseño, construcción y mantenimiento de la sección comprendida entre los estacionamientos 46+780 a 46+860 y de la atención a los hechos relacionados con la falla de la sección de relleno. Proyecto San José – Caldera, Ruta nacional 27, Tramo II*, año 2010, PITRA.
- LanammeUCR, *Informe de evaluación de la Ruta Nacional 27*, año 2010, PITRA.
- 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 de la Ruta Nacional 27*, año 2012, PITRA.
- LanammeUCR, *Informe de evaluación de la Ruta Nacional 27*, año 2013, PITRA.
- LanammeUCR, *Informe de evaluación de la Ruta Nacional 27*, año 2014-2015, PITRA
- LanammeUCR, *Informe de evaluación de la Ruta Nacional 27*, año 2015-2016, PITRA
- LanammeUCR, *Informe de evaluación de la Ruta Nacional 27*, año 2016-2017, PITRA
- LanammeUCR, *Informe de evaluación de la Ruta Nacional 27*, año 2017-2018, PITRA
- LanammeUCR, *Informe de evaluación de la Ruta Nacional 27*, año 2019-2020, 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.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 116

- LanammeUCR. (2011). Guía de evaluación de seguridad vial en puentes. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Montero, M. (2019). *Diagnóstico de utilización de puentes peatonales en la Gran Área Metropolitana* (Tesis de licenciatura, Universidad de Costa Rica). San José, Costa Rica.
- Moya, L., Agüero, J., Zamora, J. y Jiménez, D. (2019). *Análisis de choques en la Ruta 27 usando modelos multivariados* (Tesis de maestría, Universidad de Costa Rica). San José, Costa Rica.
- Palacios, C. (2011). *Análisis sobre la Guía Mecánico Empírica AASHTO 2011*. Laboratorio GEOLAB & VialTech. Ecuador.
- Paterson, W. (1986). *Road Deterioration and Maintenance Effects*. Banco Mundial. Washington, D.C., Estados Unidos de America.
- Permanent International Association of Road Congresses (PIARC). (2003). *Road Safety Manual, 1st Edition*. PIARC Technical Committee on Road Safety.
- Piedra, Jonathan. (2007) *Coeficiente de fricción de las carreteras nacionales en Costa Rica*, Proyecto final de graduación, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica
- Porras, H., Cascante, M., Granados, R., y Alvarado, G.E., 2012: *Volcano-Estratigrafía y tectónica del Valle Central occidental y las estribaciones de los Montes del aguacate a lo largo de la Ruta 27*, Costa Rica. *Rev. Geol. Amér. Central*, 47: 69-93.
- Rodríguez, S., Agüero, J., Zamora, J. y Jiménez, D. (2019). *Análisis de sitios de concentración de choques viales mediante la utilización de sistemas móviles para el inventario de carreteras en la Ruta Nacional 1*. (Tesis de maestría, Universidad de Costa Rica). San José, Costa Rica.
- Rodriguez, G., 2010: *El sistema de gestión ambiental en el control del drenaje ácido de mina*. 315 pp. Universidad Nacional de Ingeniería Lima, Perú [Tesis Maestría.].
- Ruiz, P., Araúz, A., Garcia, J., Villalobos, G., Sedó, A & Suárez, C., 2015: *Drenaje ácido de rocas en taludes de la ruta nacional 27*, San José - Caldera, Costa Rica. *Rev. Geol. Amér Central*, 53: 25-46 DOI: 0.15517/rgac.v53i0.21146.
- Secretaría de Integración Económica Centroamericana. (2014). *Manual centroamericano de dispositivos uniformes para el control del tránsito*. Ciudad de Guatemala, Guatemala: SIECA.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 117

- Secretaría de Integración Económica Centroamericana. (2011). *Manual Centroamericano de Normas y Diseño Geométrico de Carreteras*. Ciudad de Guatemala, Guatemala: SIECA.
- Sobek, A., Schuller, W., Freeman, J & Smith, R., 1978: Field and Laboratory Methods Applicable to Overburden and Minesoils. – 203 págs. U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), Cincinnati, Ohio.
- Suarez, C. 2017. Metodología para la Caracterización del Efecto del Drenaje Ácido en las rocas y el concreto lanzado en los taludes de la Ruta Nacional No. 27 (San José - Caldera), tesis, Lic. Escuela Centroamericana de Geología.
- Unidad de Evaluación de la Red Vial Nacional. (2011). Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica LM-PI-UE-05-2011. LanammeUCR.
- UMTRI Research Review. The Shape of Roads to Come: Measuring and Interpreting Road Roughness Profiles. Volúmen 33. Número 1, 2002.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA) Office Of Solid Waste Special Waste Branch. 1994: Technical Document Acid Mine Drainage Prediction. Epa530-R94-036 Ntis Pb94-201829. 52 pp.
- Valverde, G. (2011). *Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras*. Vicerrectoría de Investigación. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Valverde, G. (2010). *Guía para el desarrollo de proyectos de infraestructura desde la óptica de la seguridad vial*. San José, 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.



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 118

Anexo II: Resultados obtenidos Perfilómetro Láser



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 119

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.

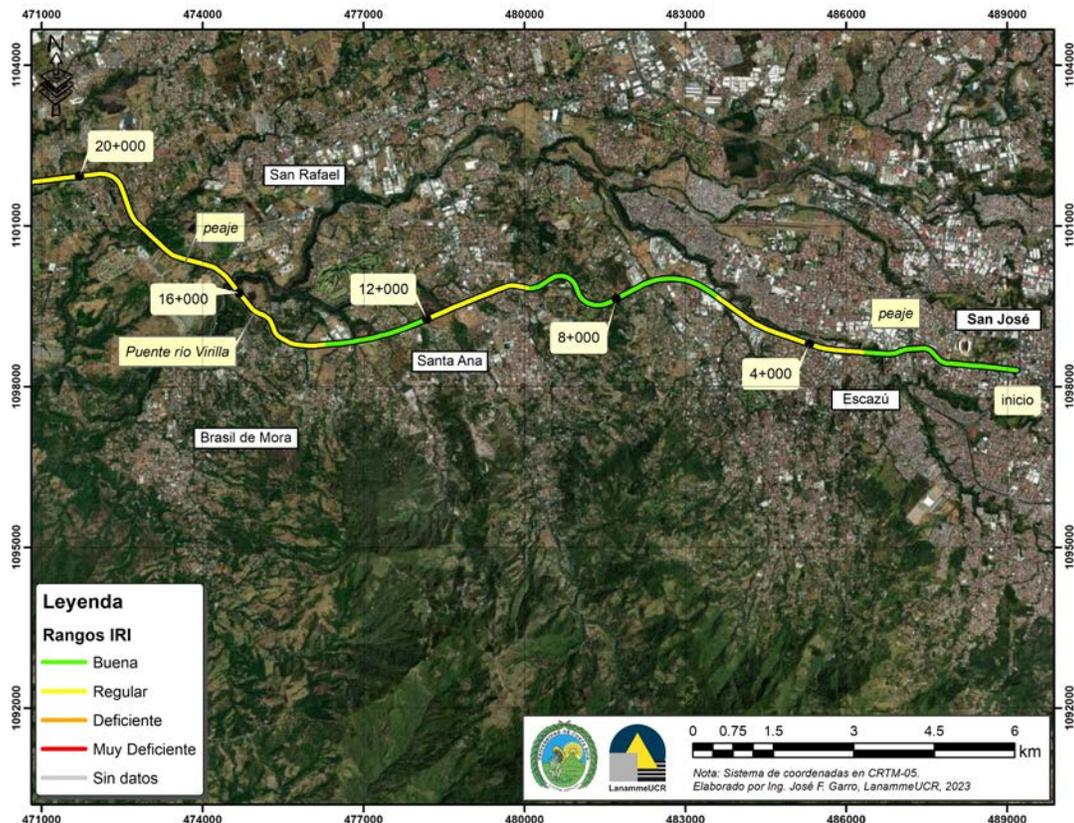


Figura A2 1. Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 0+000 - 20+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 120

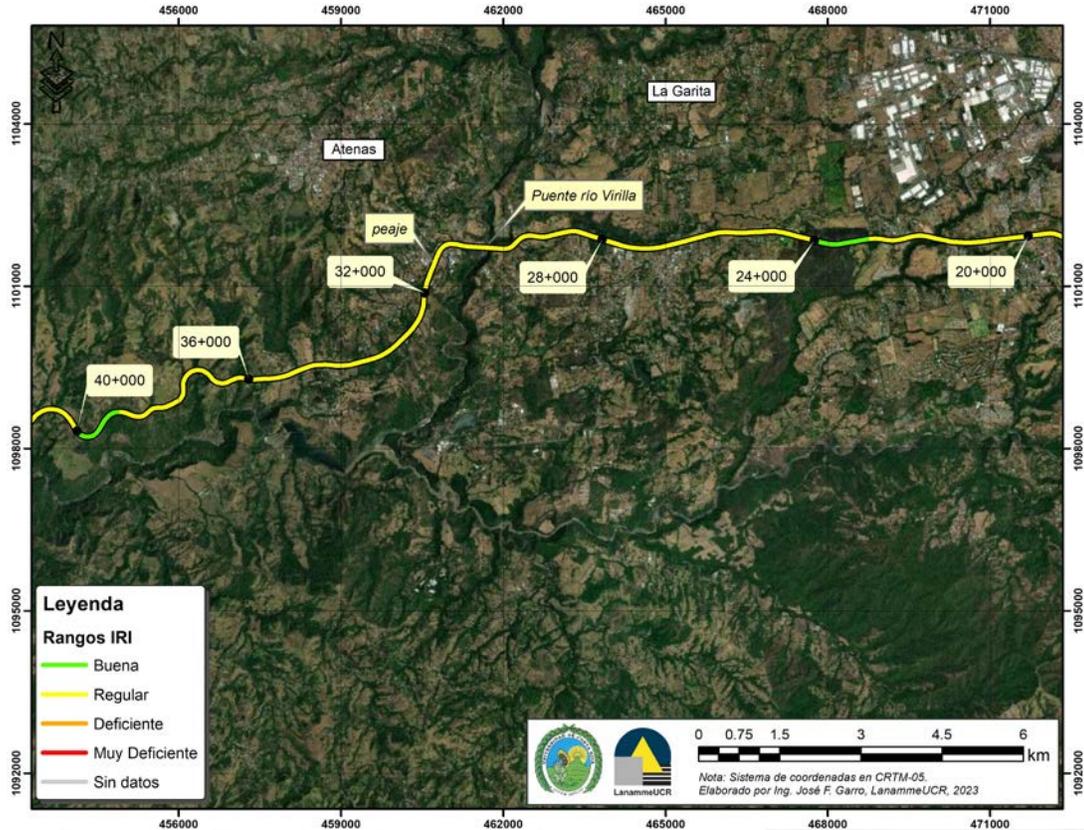


Figura A2 2. Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 20+000 - 40+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 121

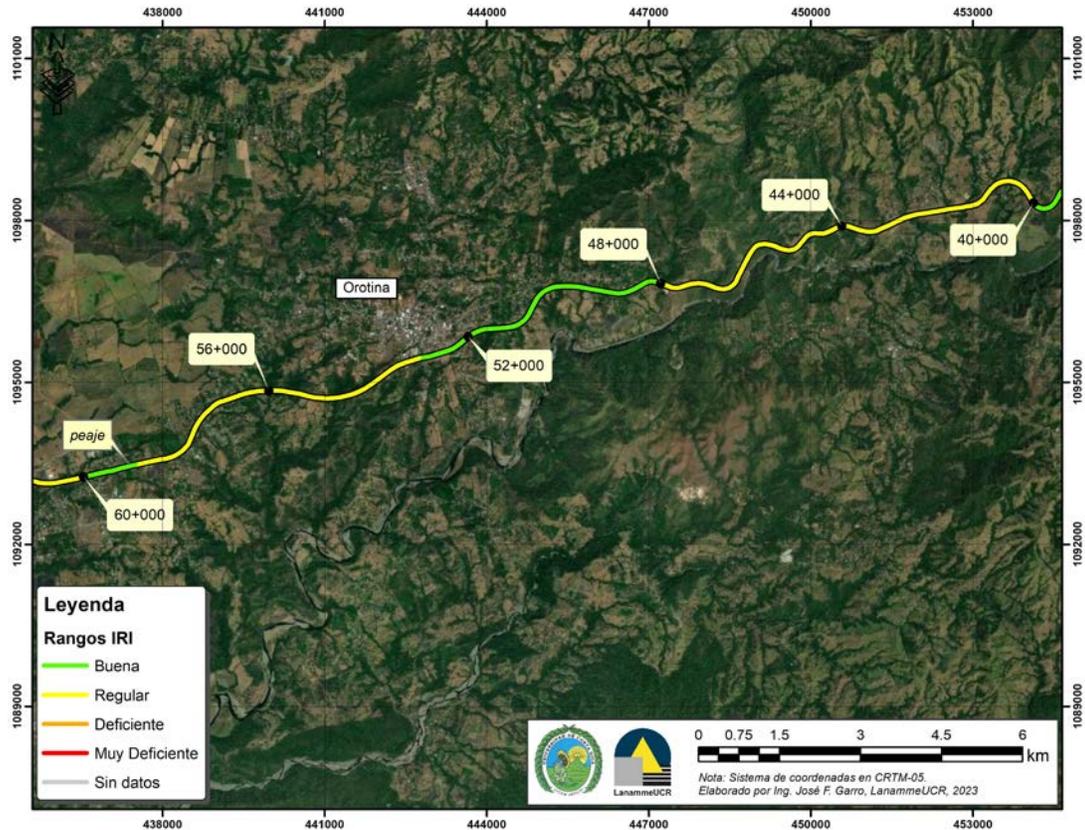


Figura A2 3. Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 40+000 - 60+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 122



Figura A2 4. Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 60+000 - 76+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 123

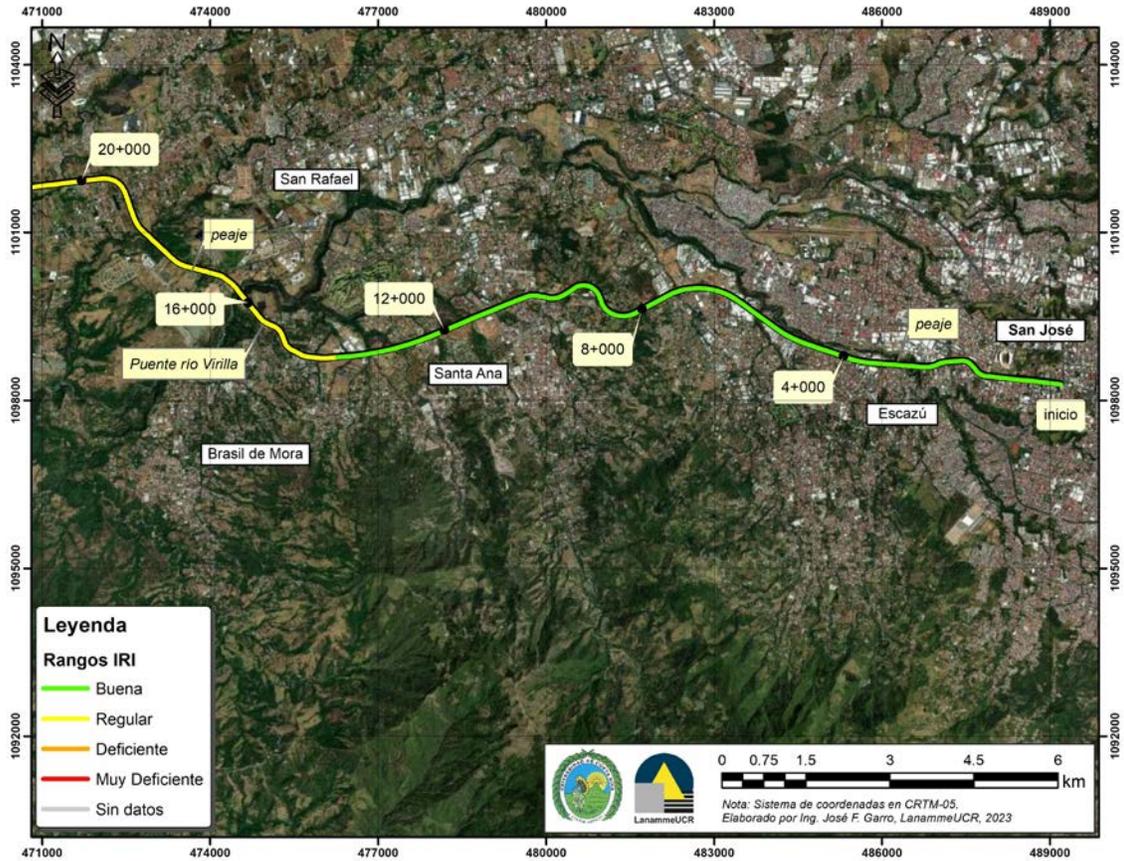


Figura A2 5. Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 0+000 - 20+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 124

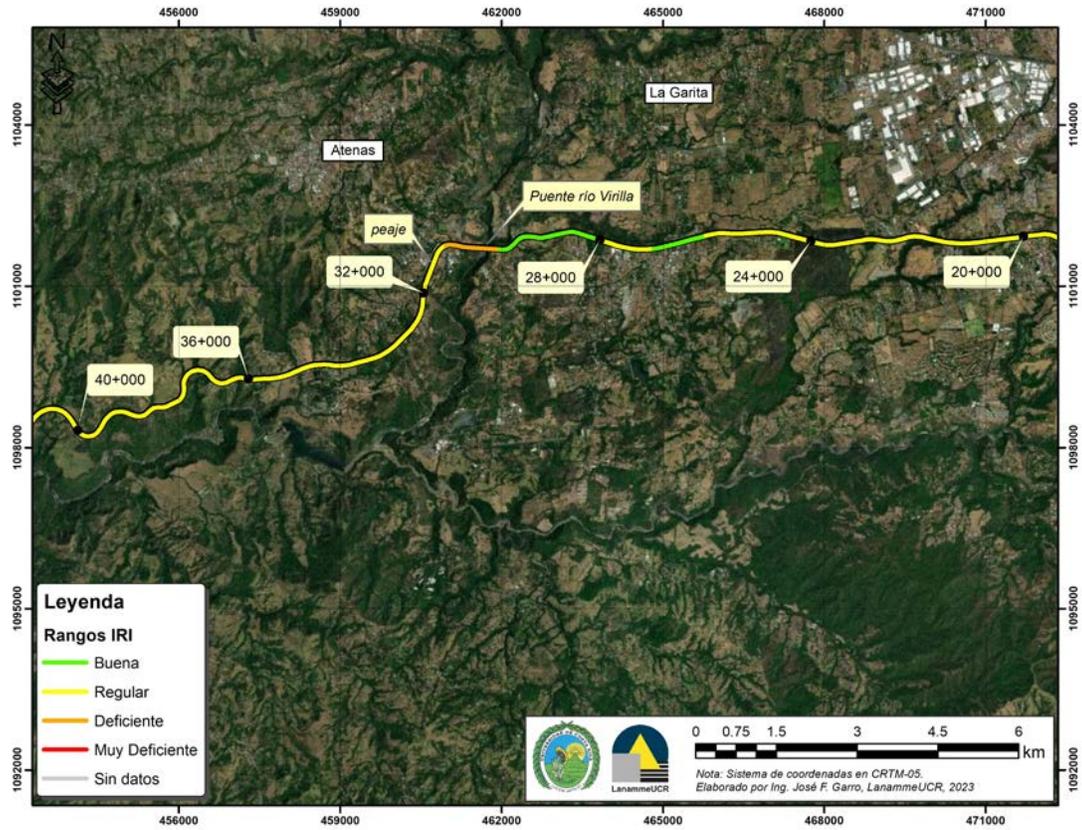


Figura A2 6. Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 20+000 - 40+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 125

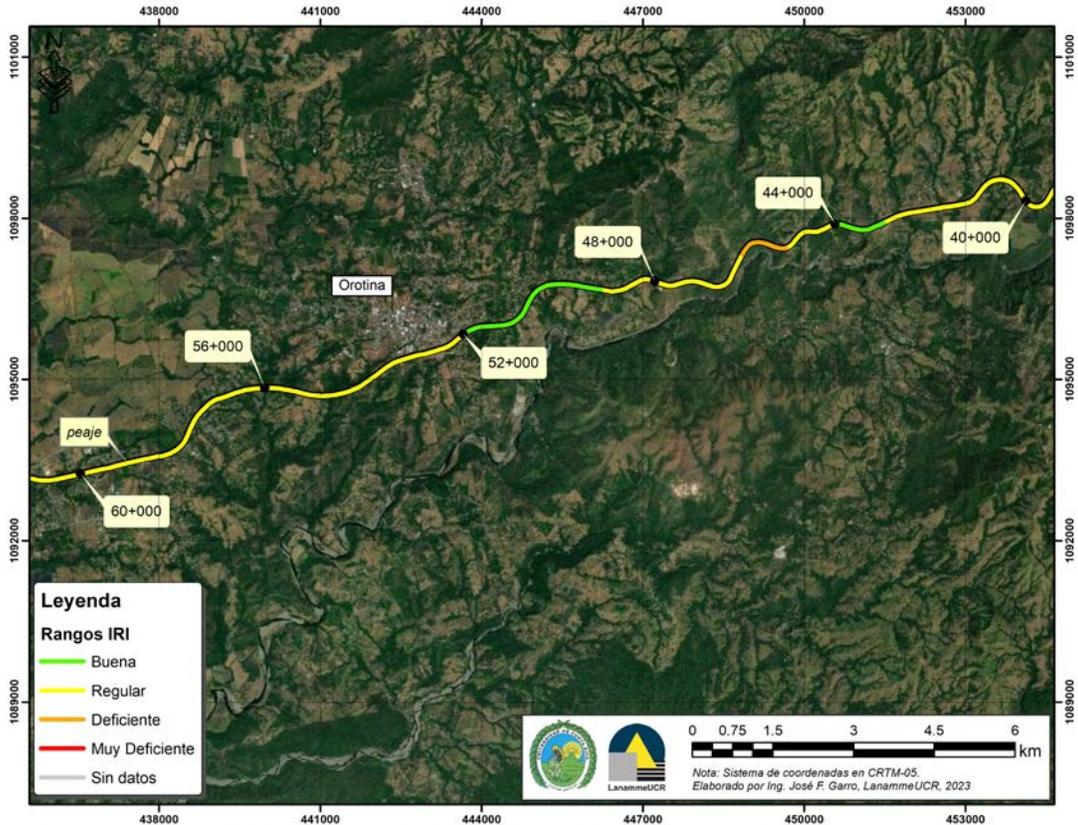


Figura A2 7. Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 40+000 - 60+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 126

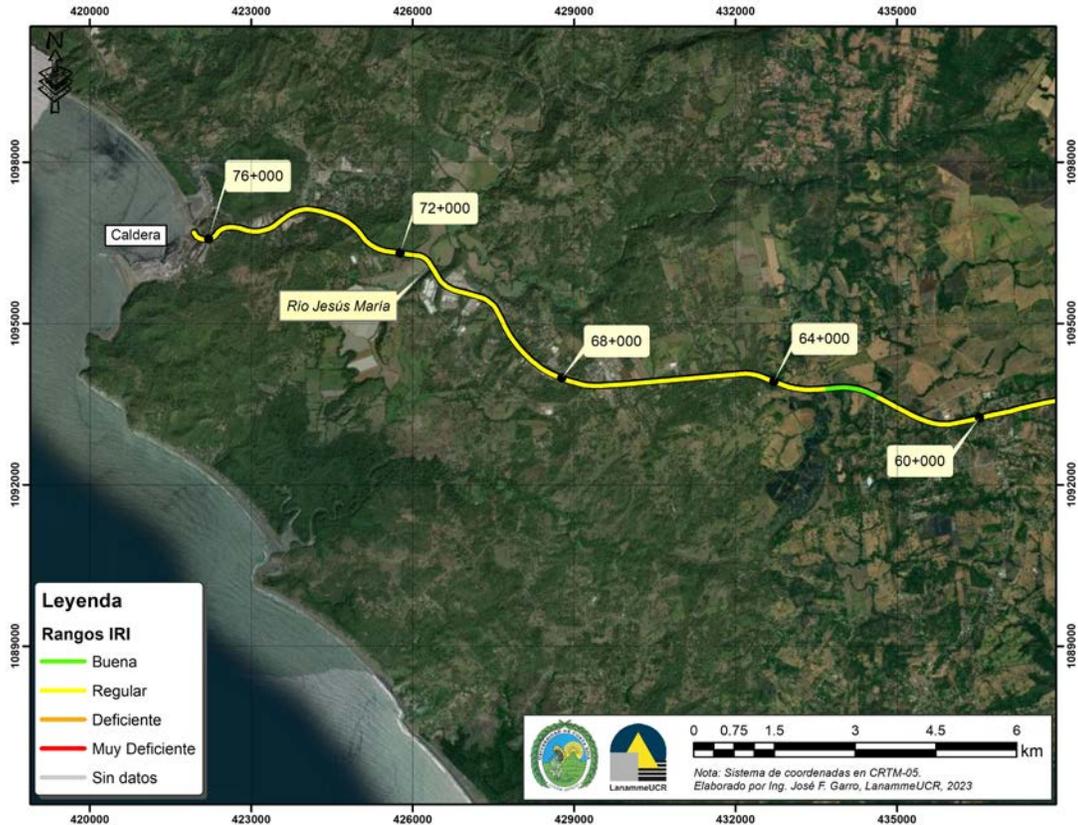


Figura A2 8. Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 60+000 - 76+000



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 127



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 128

Anexo III: Resultados obtenidos Medidor de Agarre Superficial



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 129

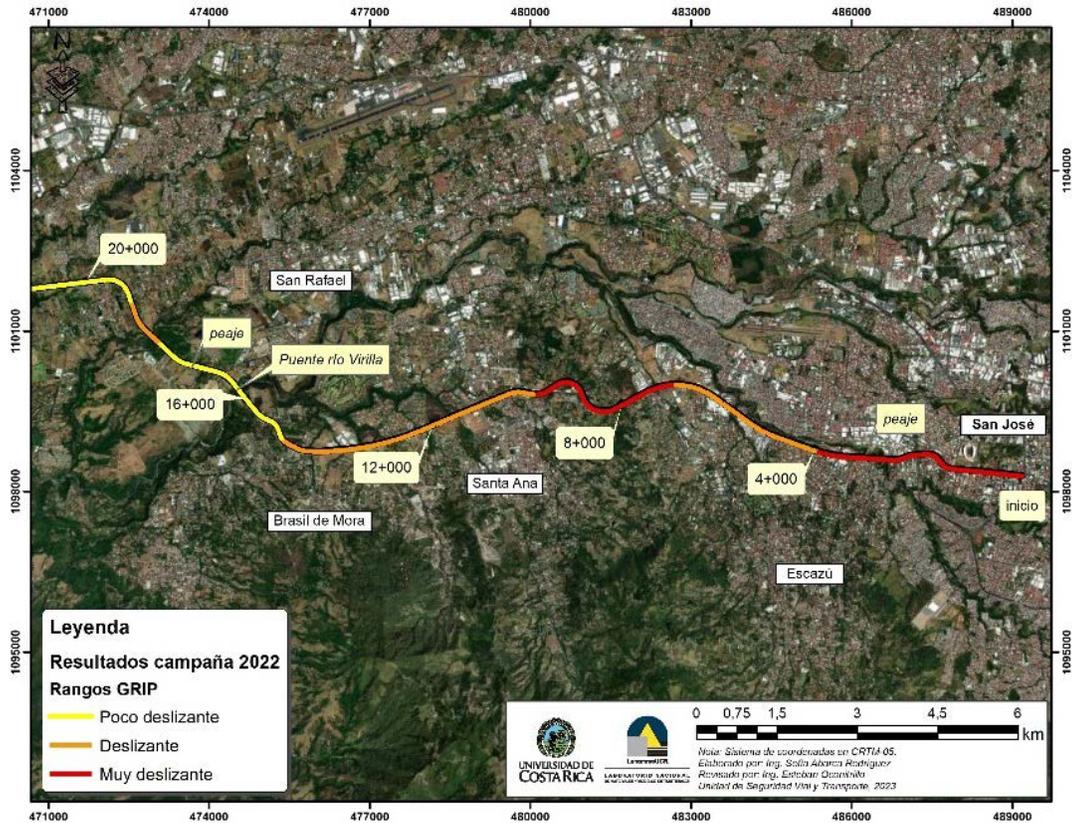


Figura A3 1. Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 0+000 -20+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 130

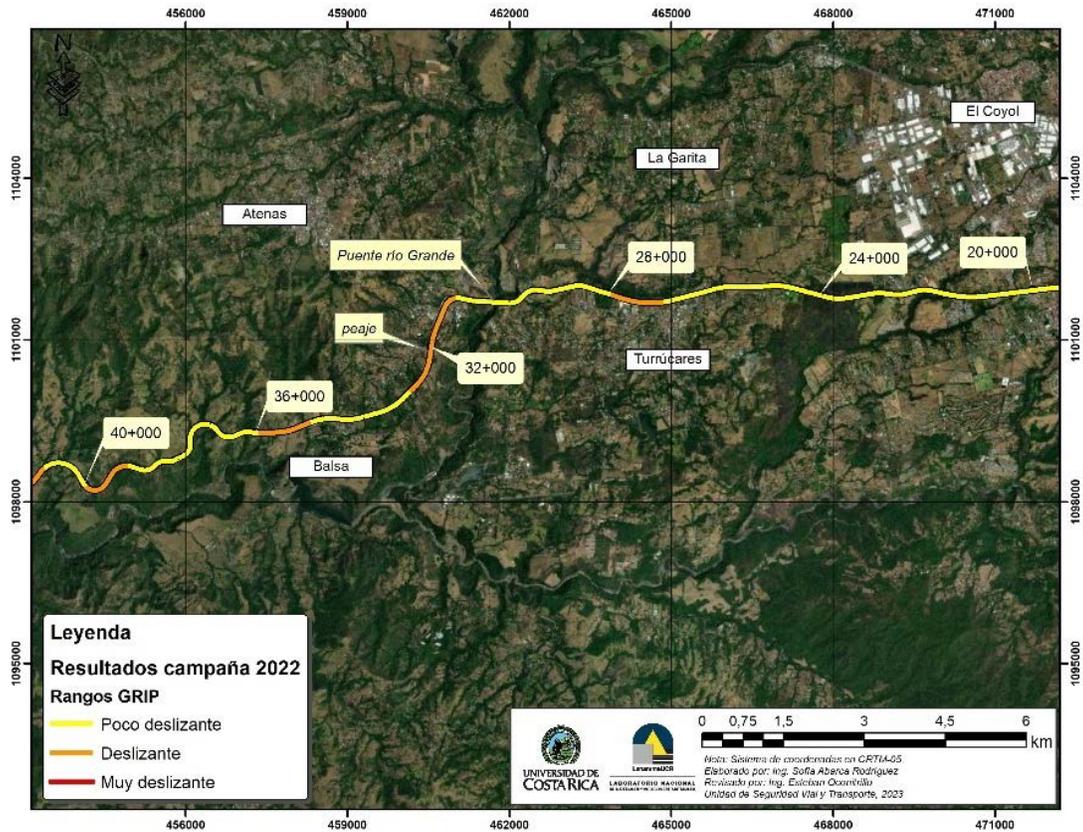


Figura A3 2. Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 20+000 - 40+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 131

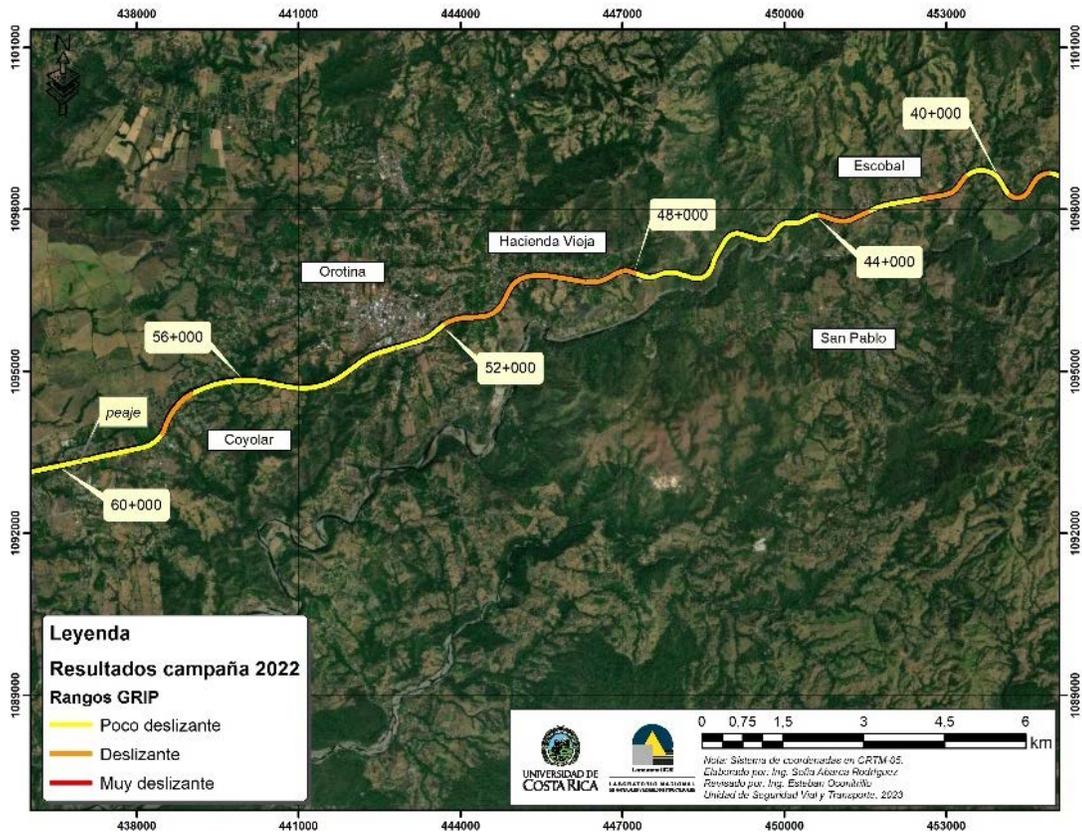


Figura A3 3. Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 40+000 - 60+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 132

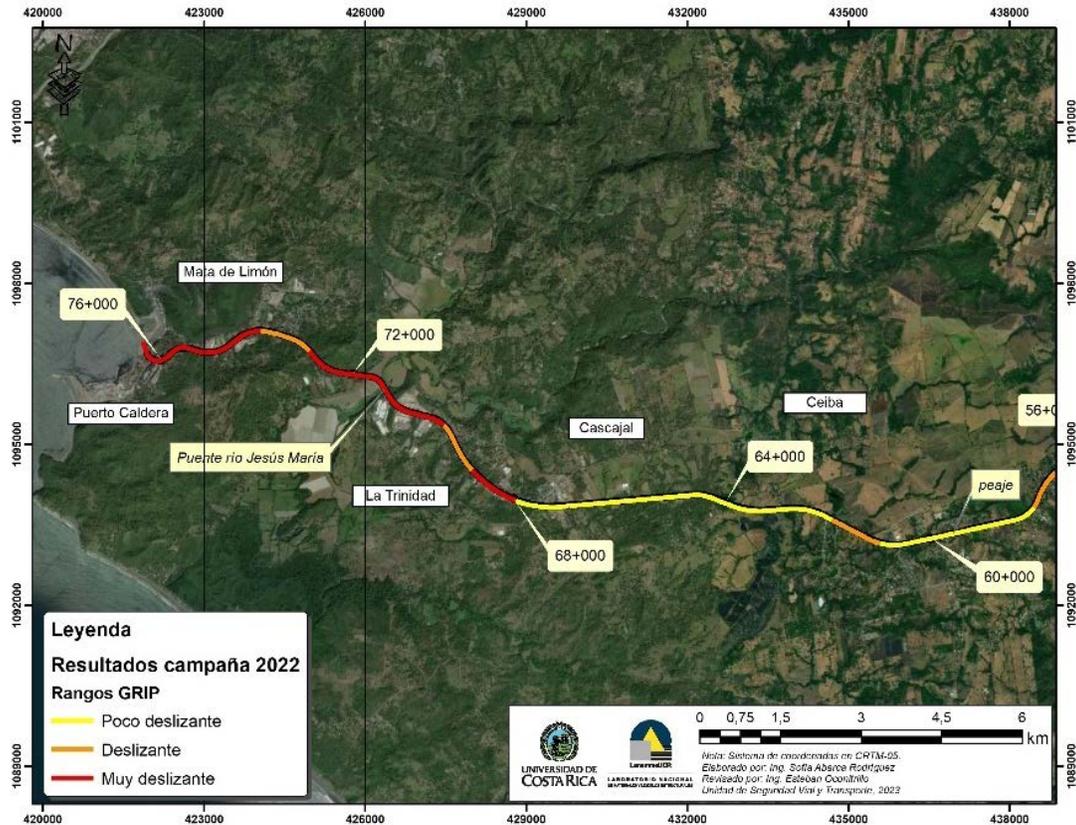


Figura A3 4. Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 60+000 - 76+000

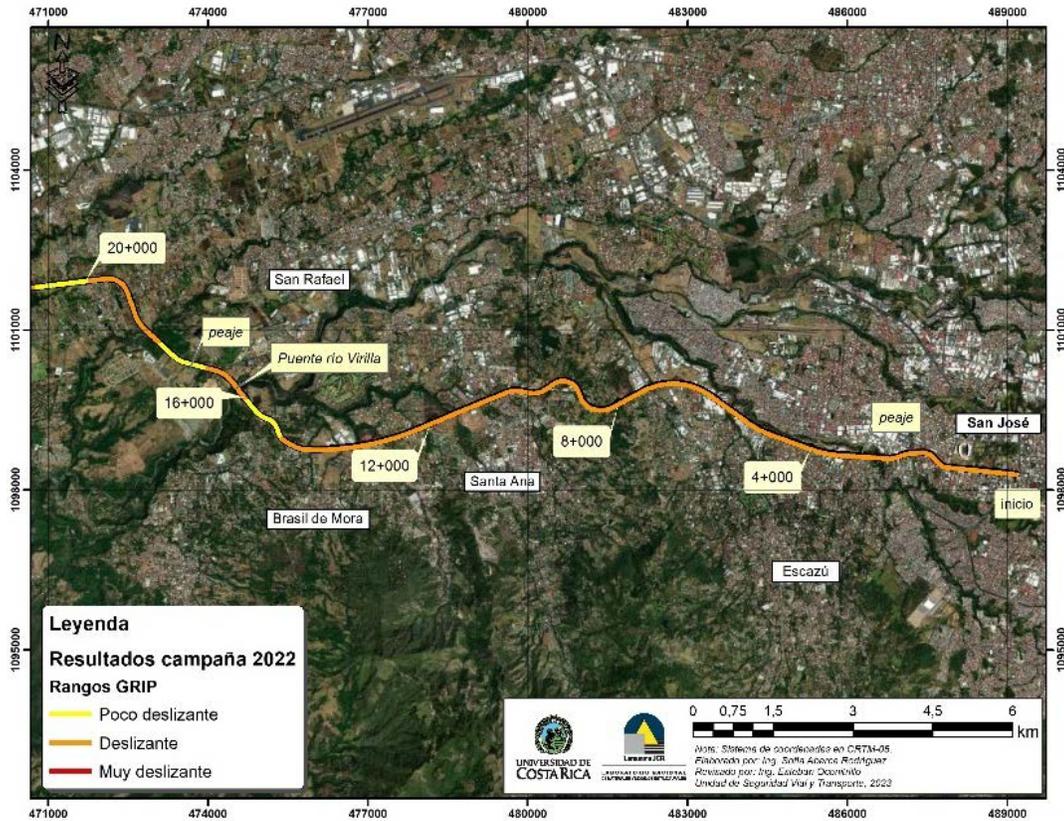


Figura A3 5. Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 0+000 - 20+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 134

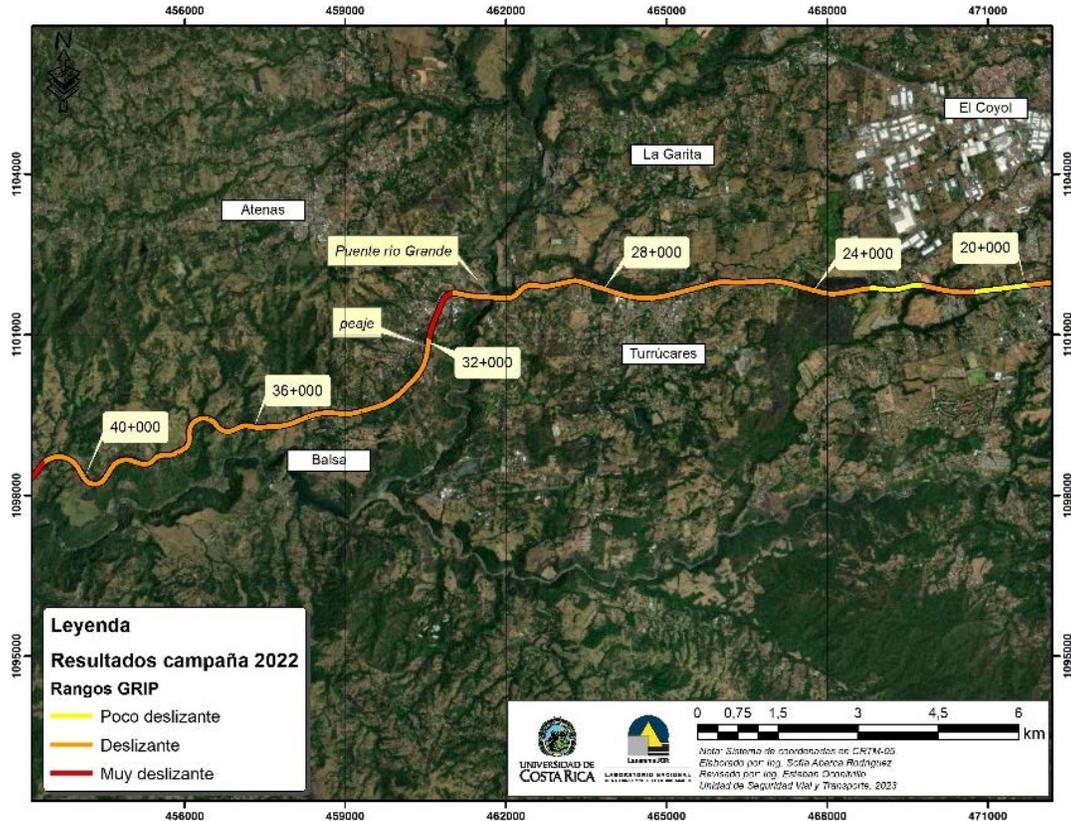


Figura A3 6. Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 20+000 - 40+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 135

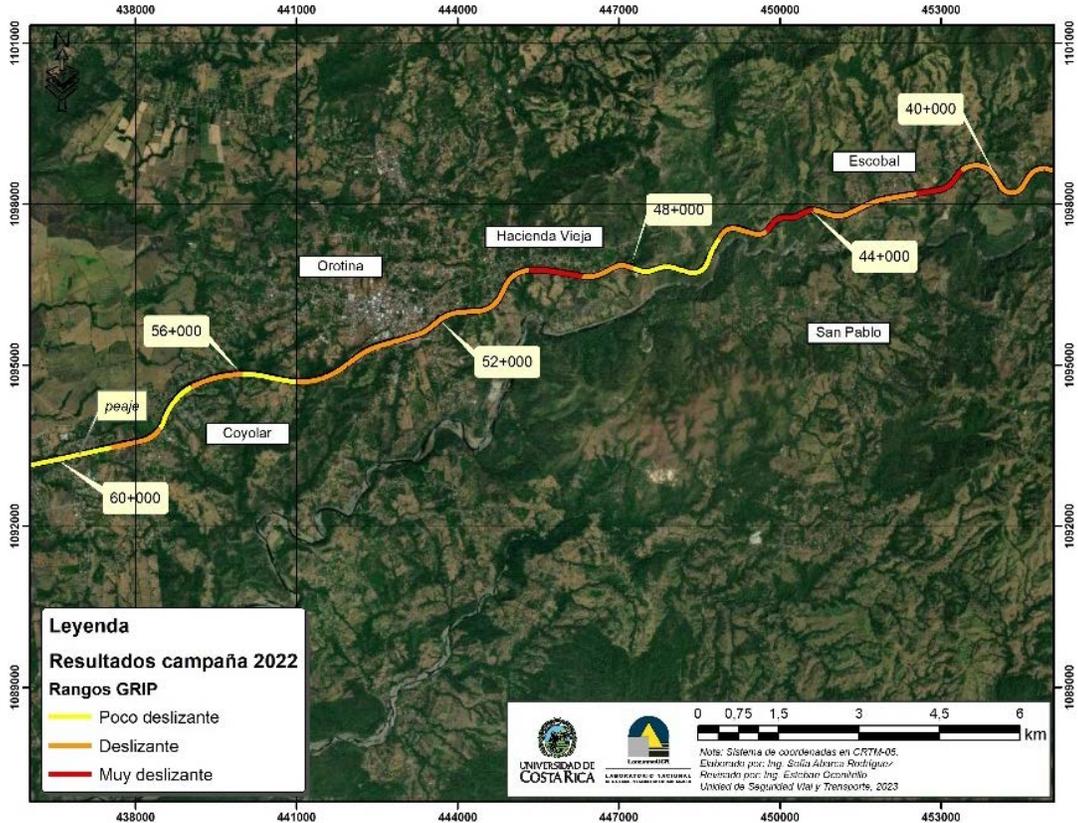


Figura A3 7. Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 40+000 - 60+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 136

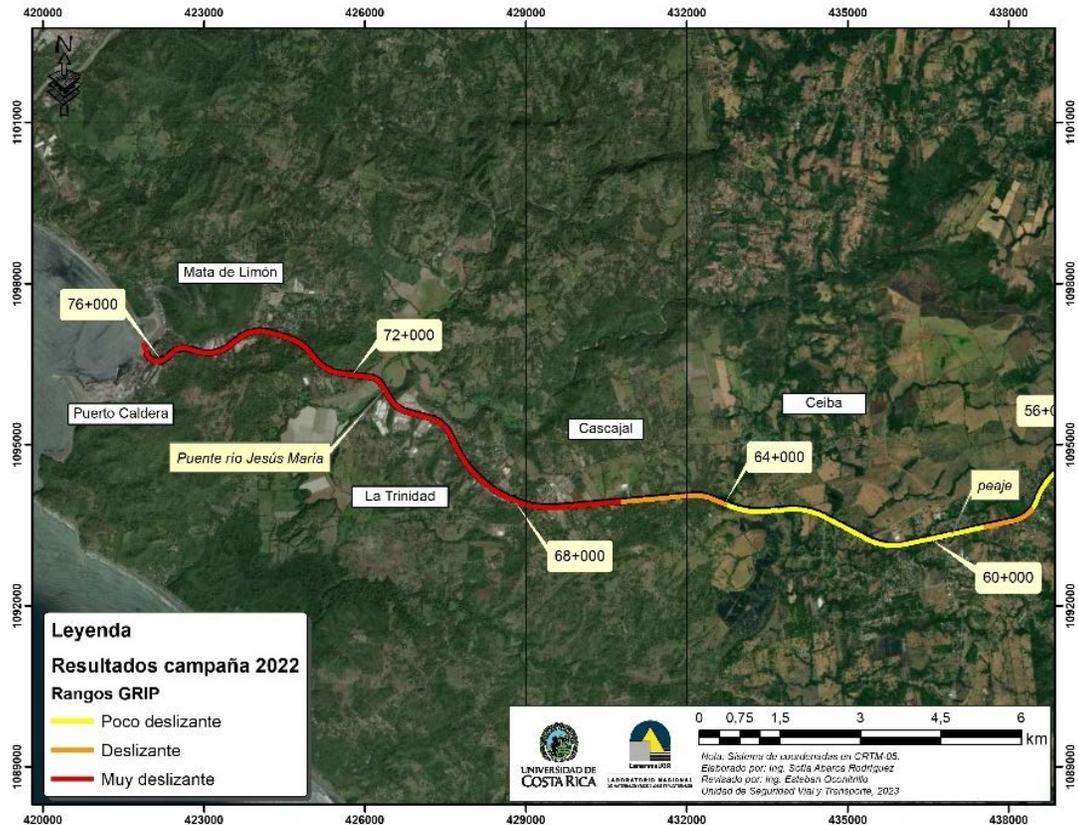


Figura A3 8. Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 60+000 - 76+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 137

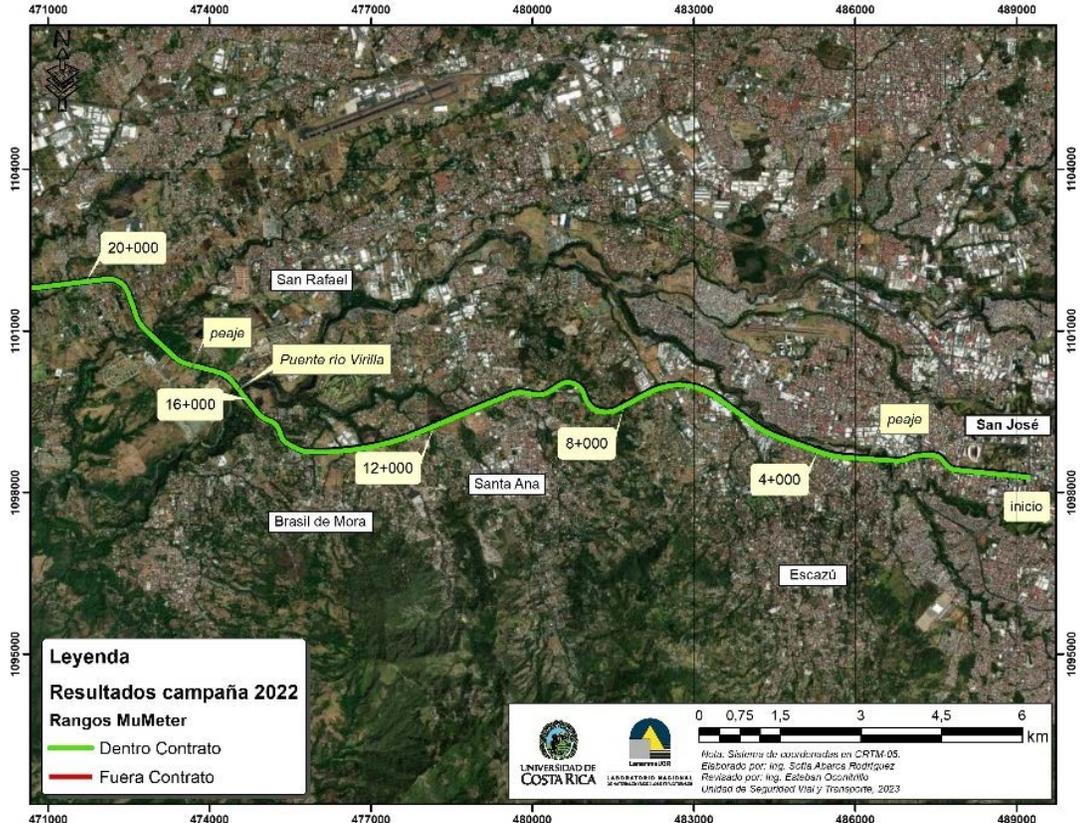


Figura A3 9. Resultados MuMeter, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 0+000 - 20+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 138

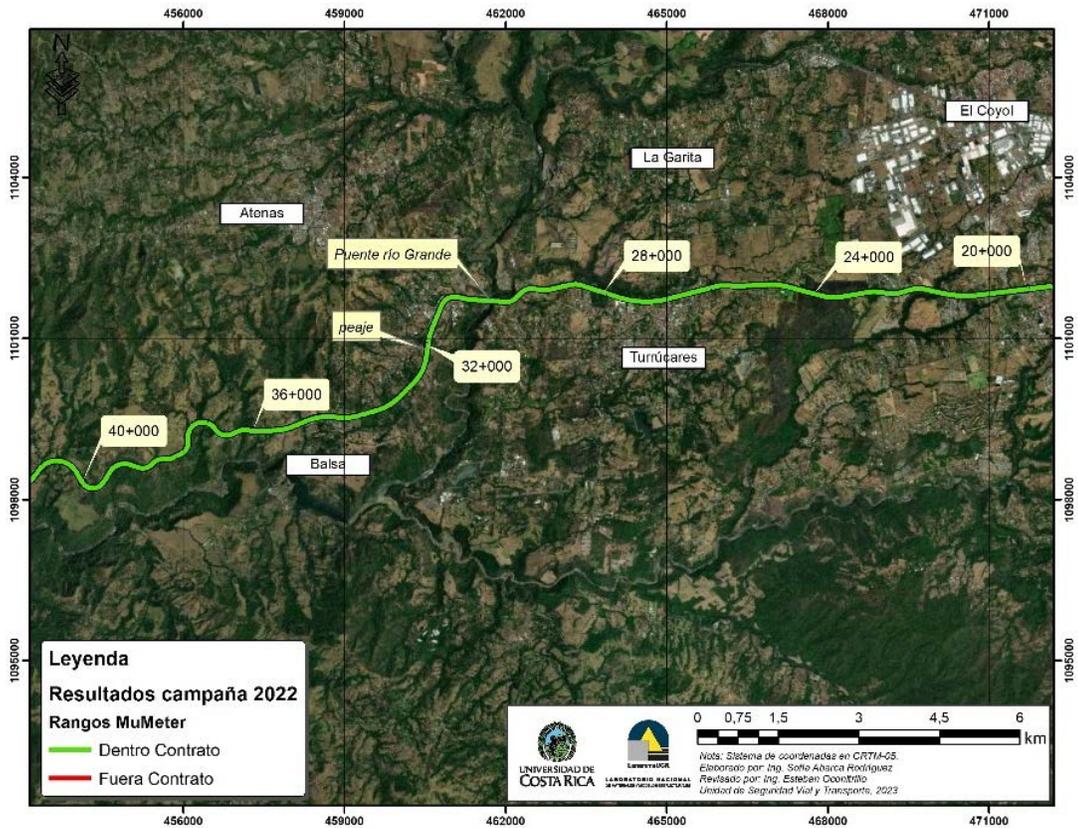


Figura A3 10. Resultados MuMeter, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 20+000 - 40+000

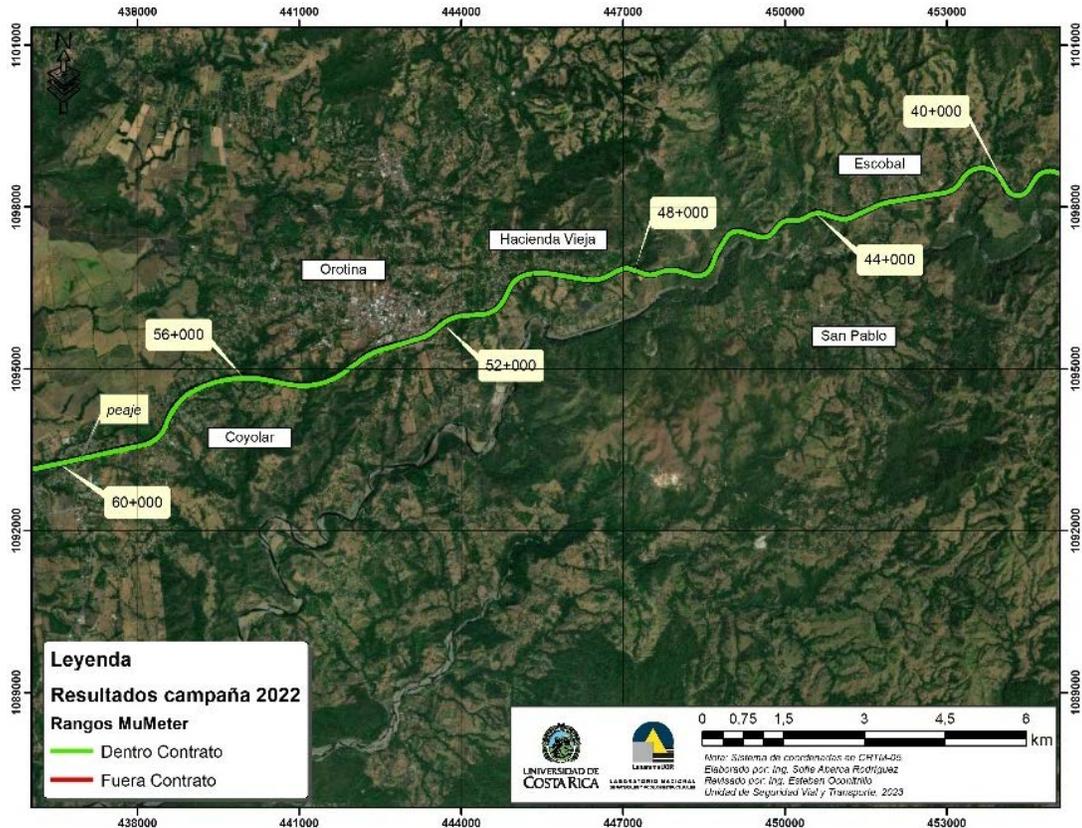


Figura A3 11. Resultados MuMeter, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 40+000 - 60+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 140

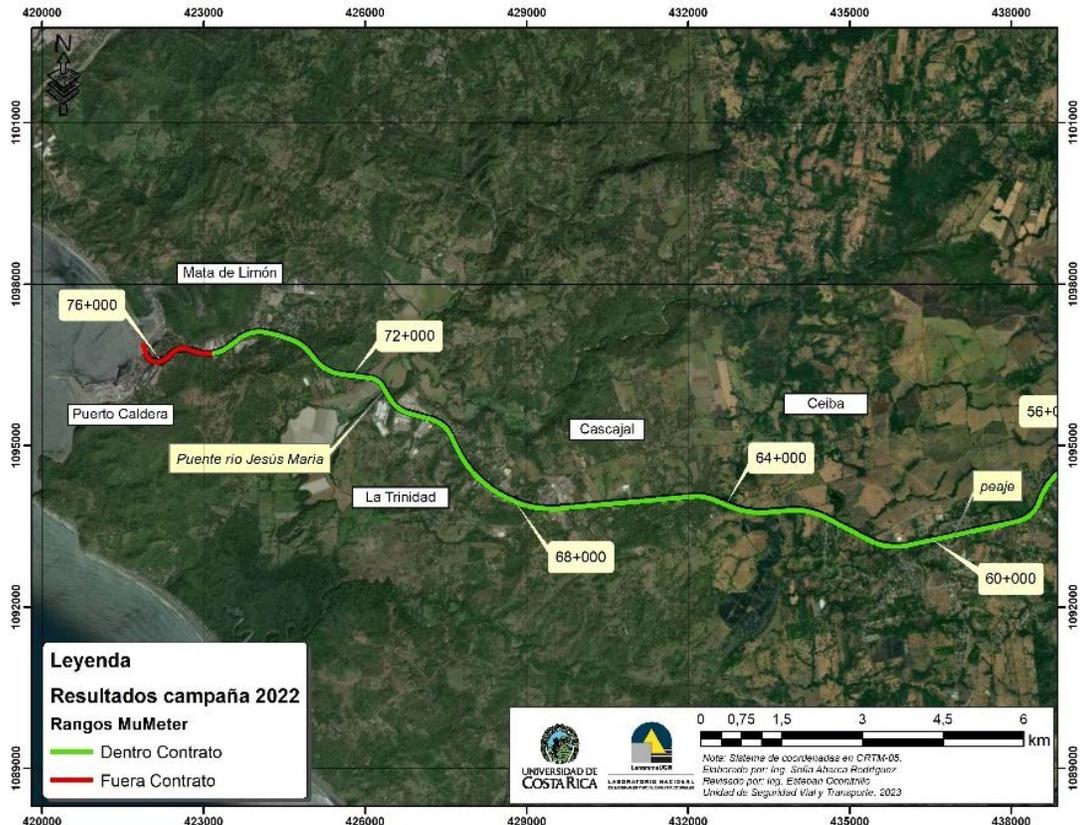


Figura A3 12. Resultados MuMeter, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 60+000 - 76+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 141

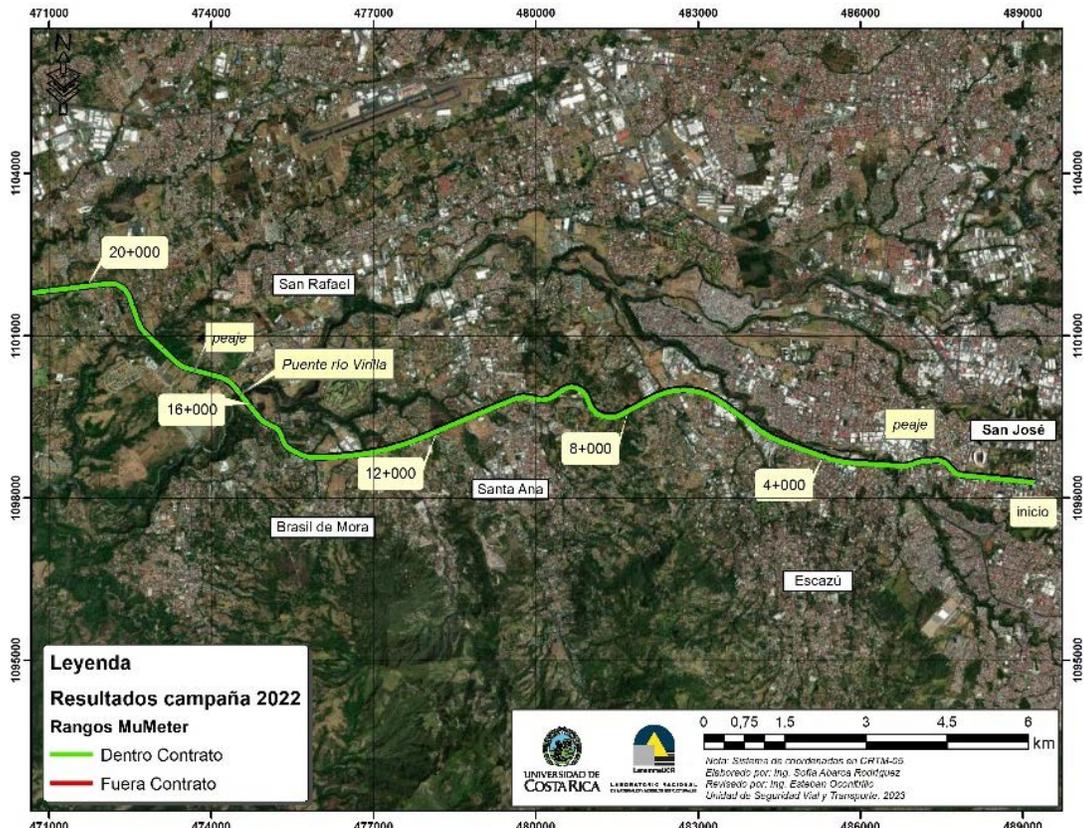


Figura A3 13. Resultados MuMeter, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 0+000 - 20+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 142

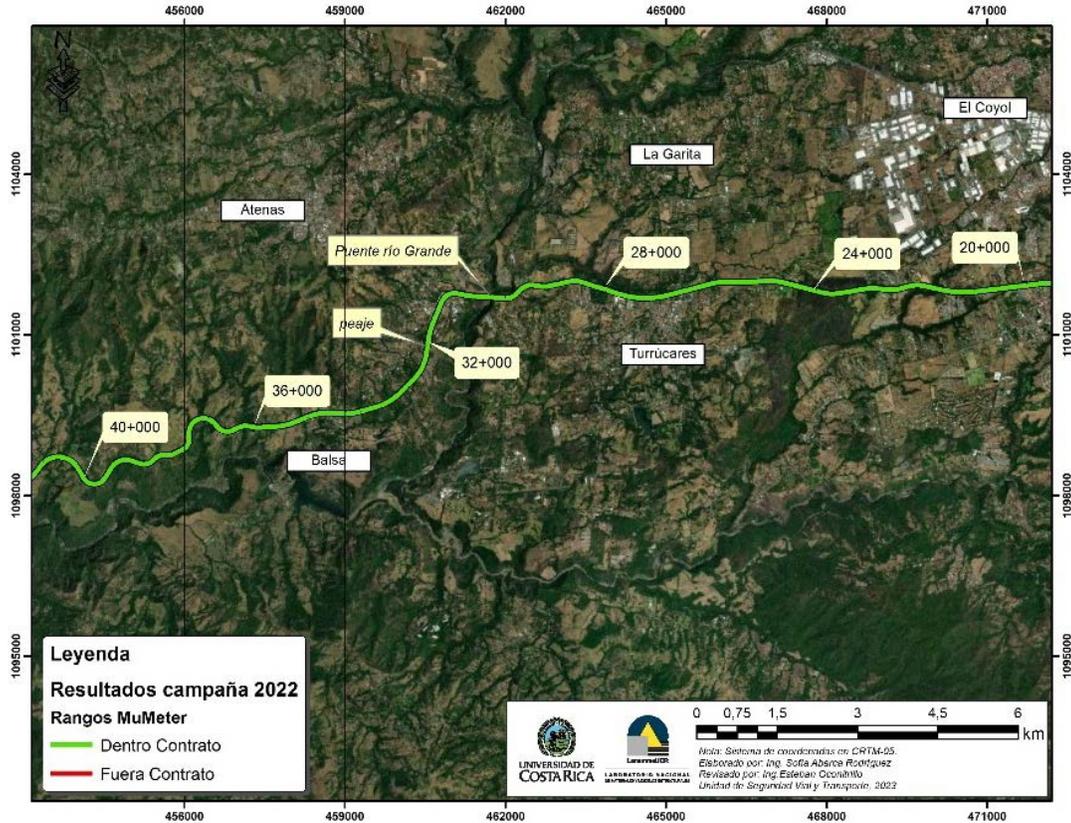


Figura A3 14. Resultados MuMeter, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 20+000 - 40+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 143

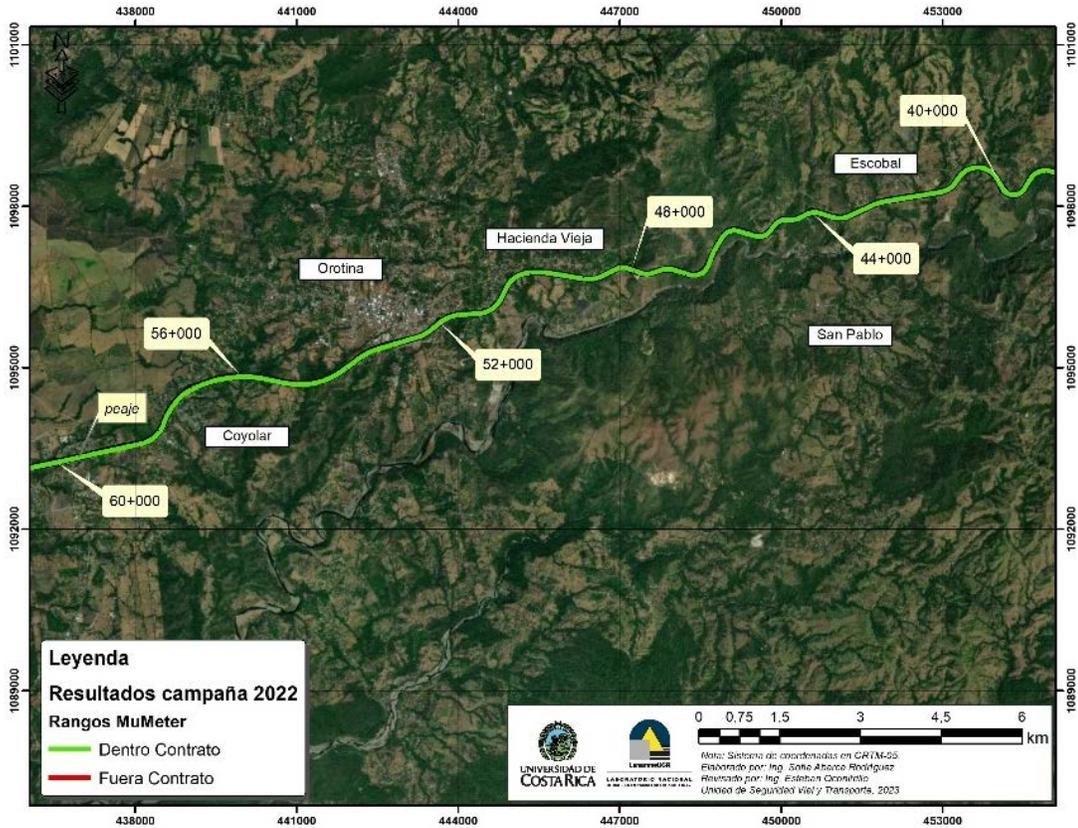


Figura A3 15. Resultados MuMeter, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 40+000 - 60+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 144

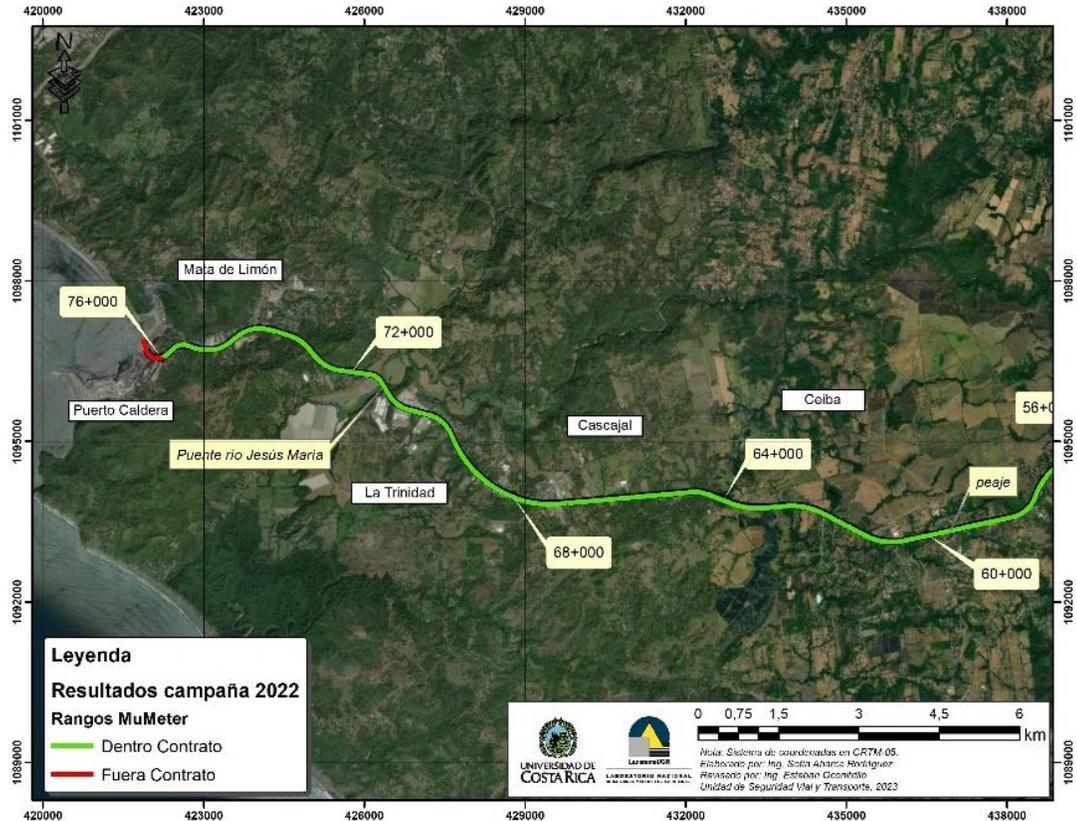


Figura A3 16. Resultados MuMeter, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 60+000 - 76+000



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 145

Anexo IV: Resultados Obtenidos Notas de Calidad Q



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 146

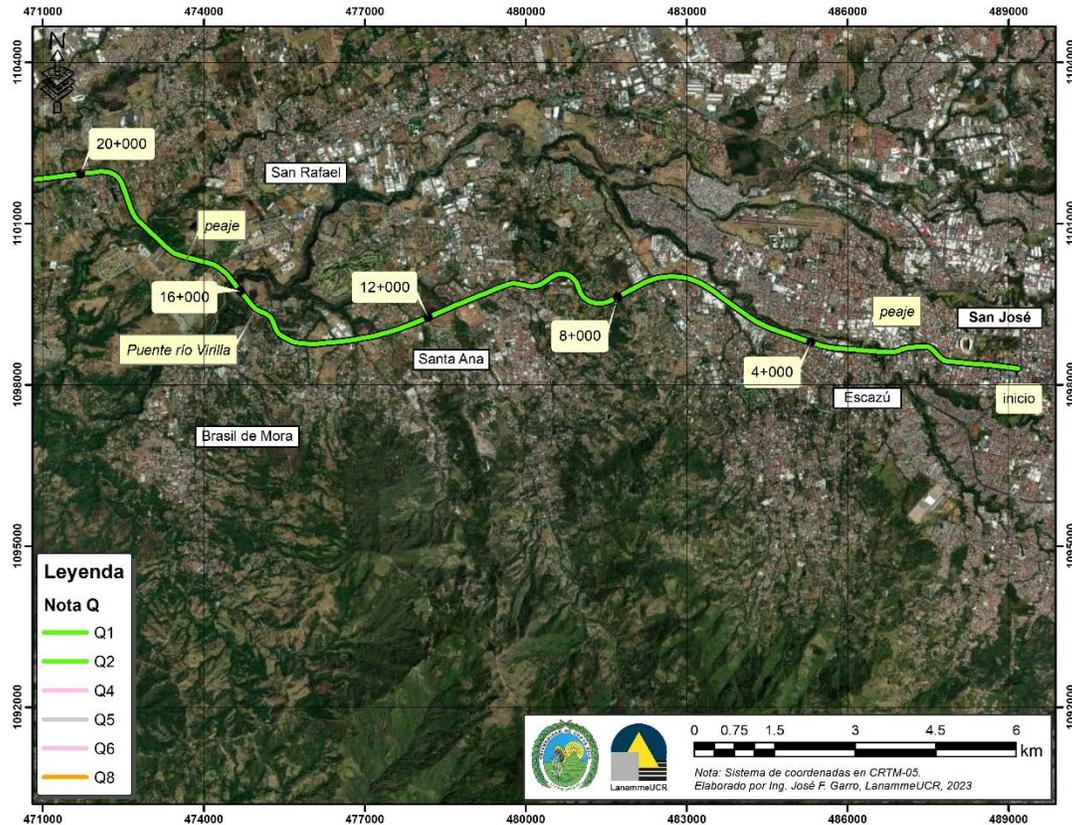


Figura A4 1 Resultado Notas de Calidad, Ruta Nacional 27, Sentido San José – Caldera
0+000 – 20+000

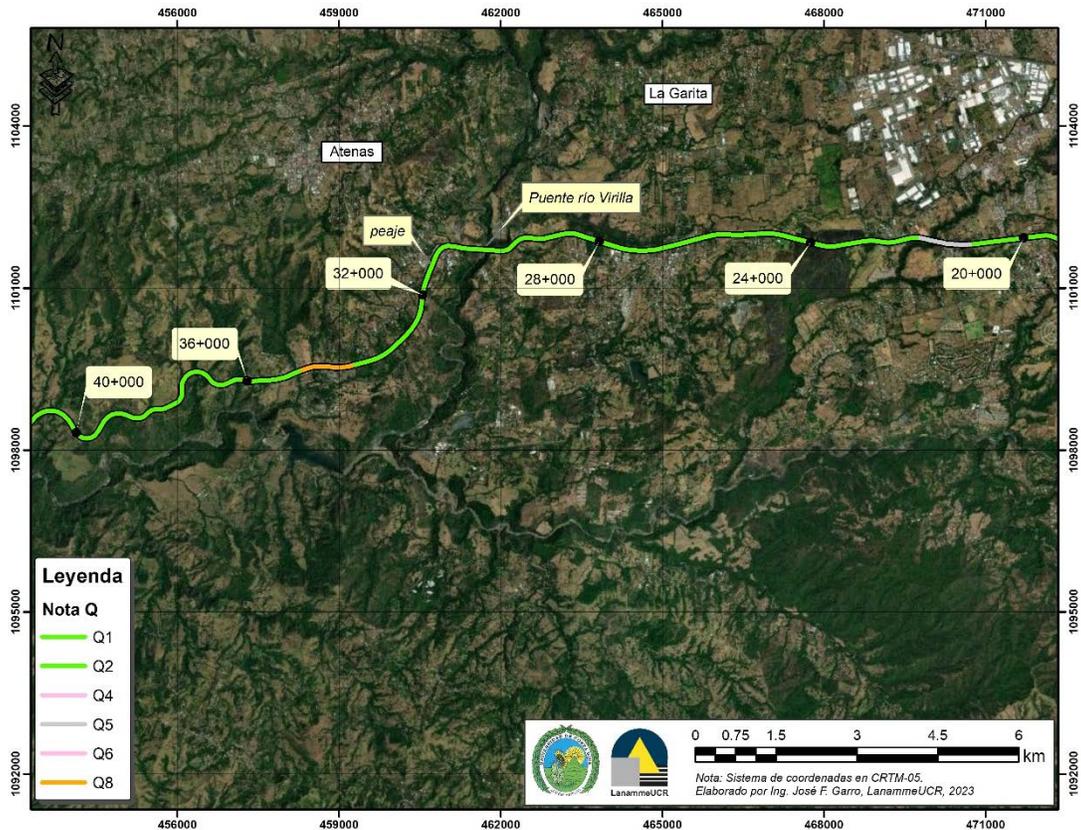


Figura A4 2 Resultado Notas de Calidad, Ruta Nacional 27, Sentido San José – Caldera
20+000 – 40+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 148

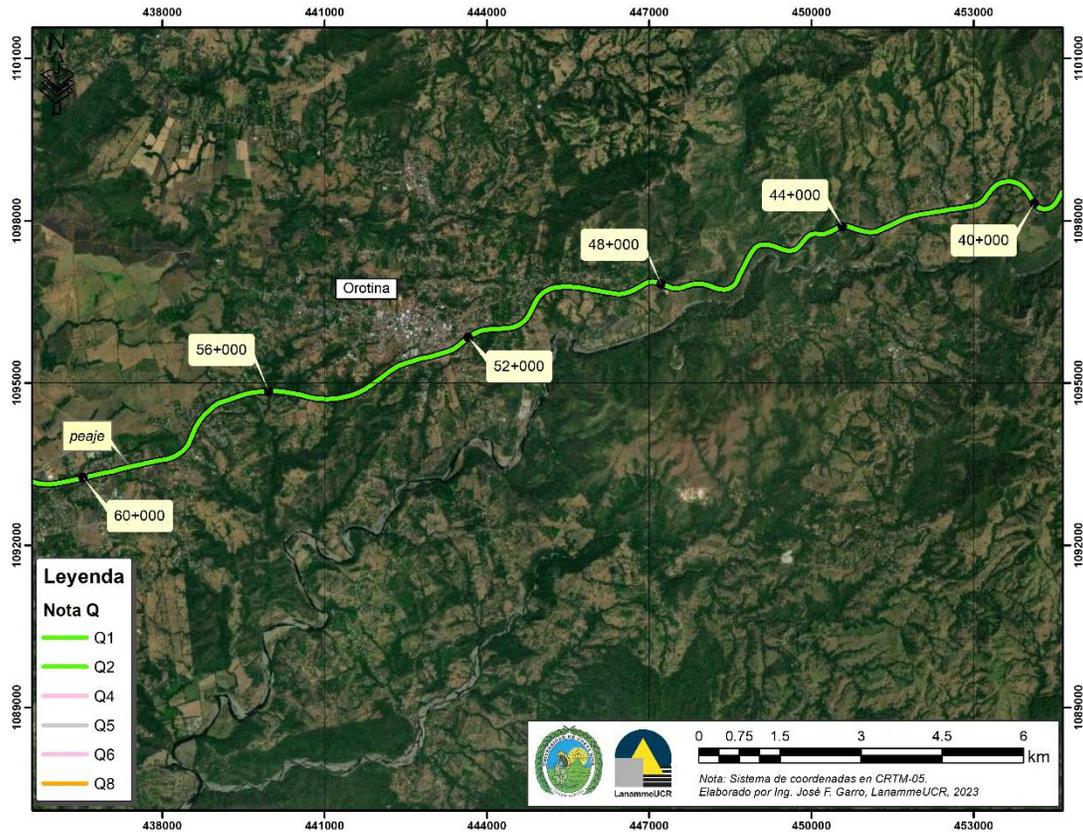


Figura A4 3 Resultado Notas de Calidad, Ruta Nacional 27, Sentido San José – Caldera
40+000 – 60+000

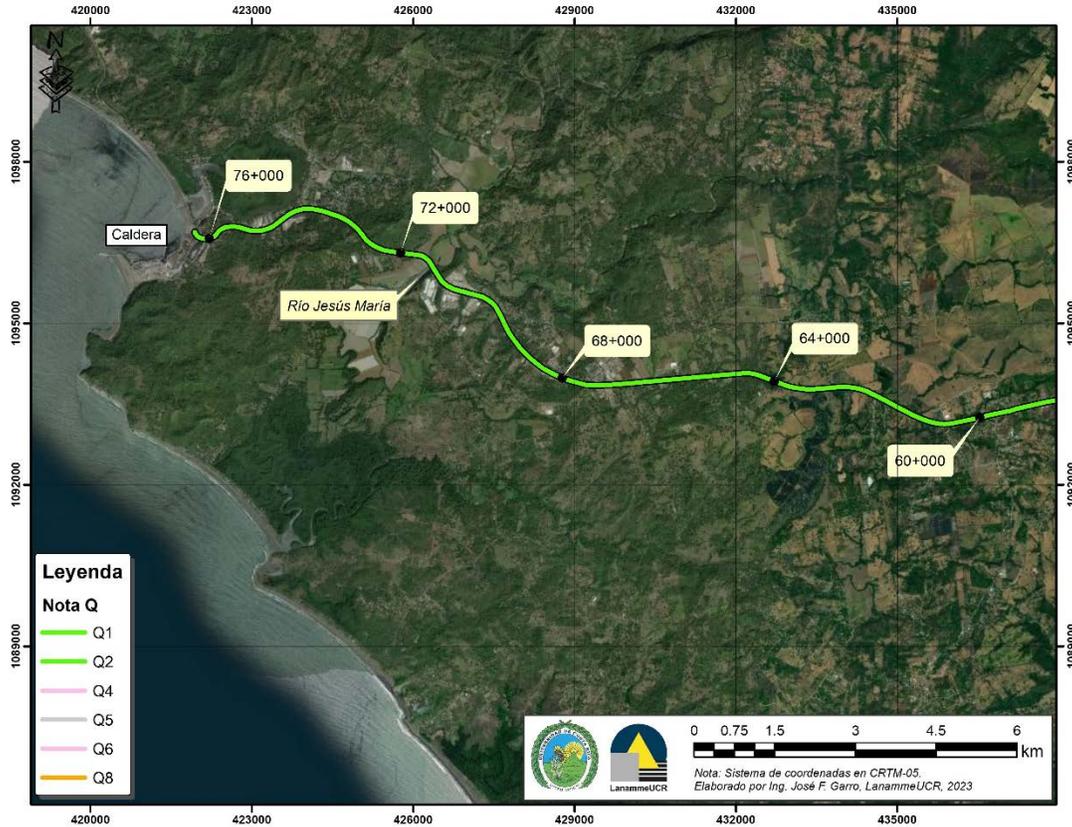


Figura A4 4 Resultado Notas de Calidad, Ruta Nacional 27, Sentido San José – Caldera
60+000 – 76+000

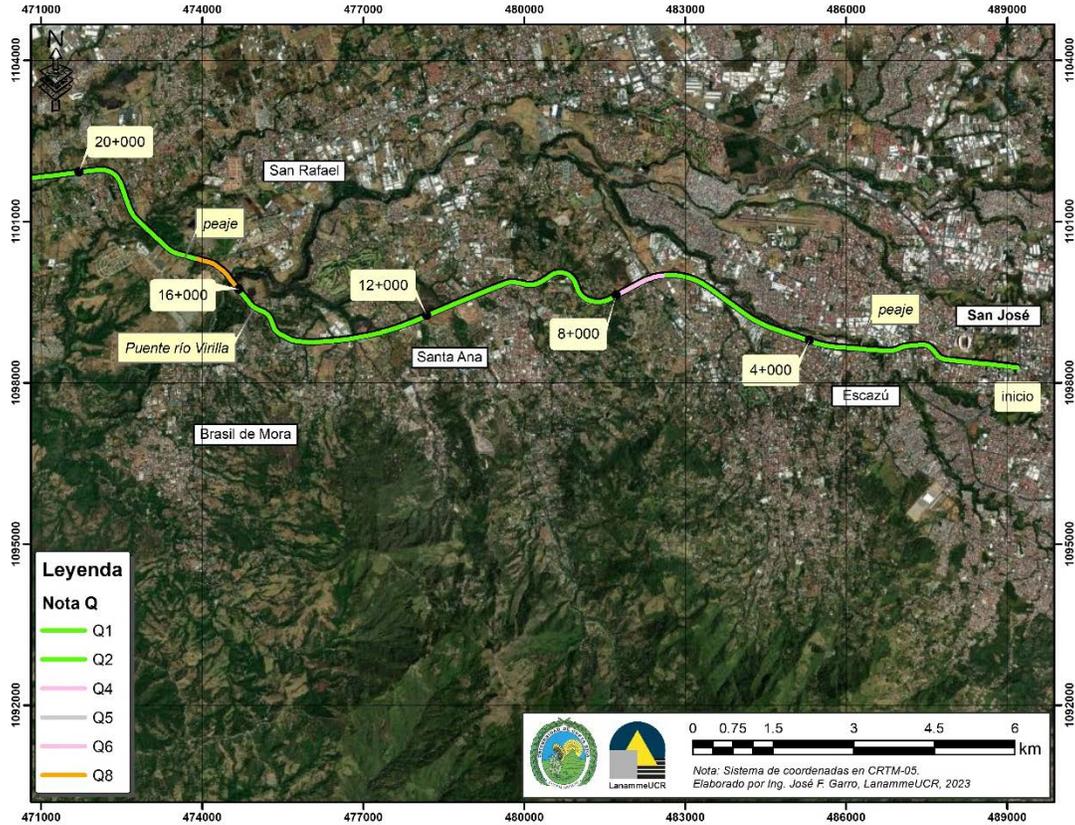


Figura A4 5 Resultado Notas de Calidad, Ruta Nacional 27, Sentido Caldera – San José 0+000 – 20+000

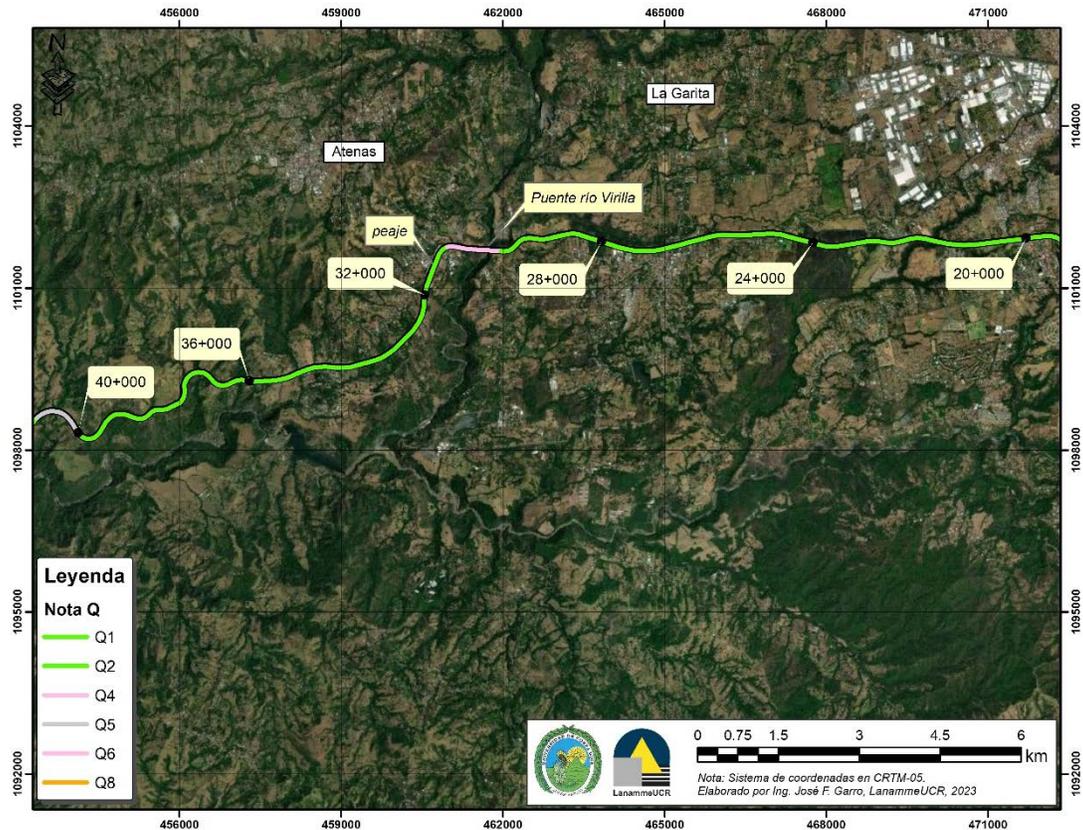


Figura A4 6 Resultado Notas de Calidad, Ruta Nacional 27, Sentido Caldera – San José
20+000 – 40+000

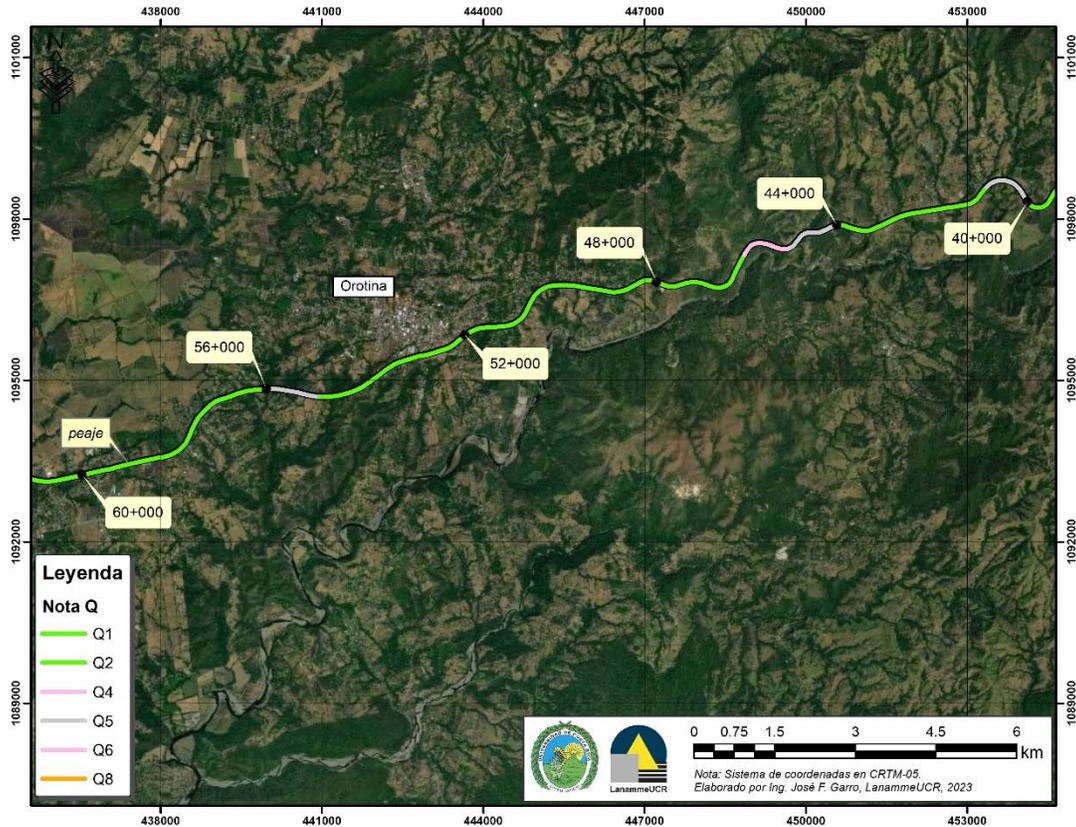


Figura A4 7 Resultado Notas de Calidad, Ruta Nacional 27, Sentido Caldera – San José
40+000 – 60+000

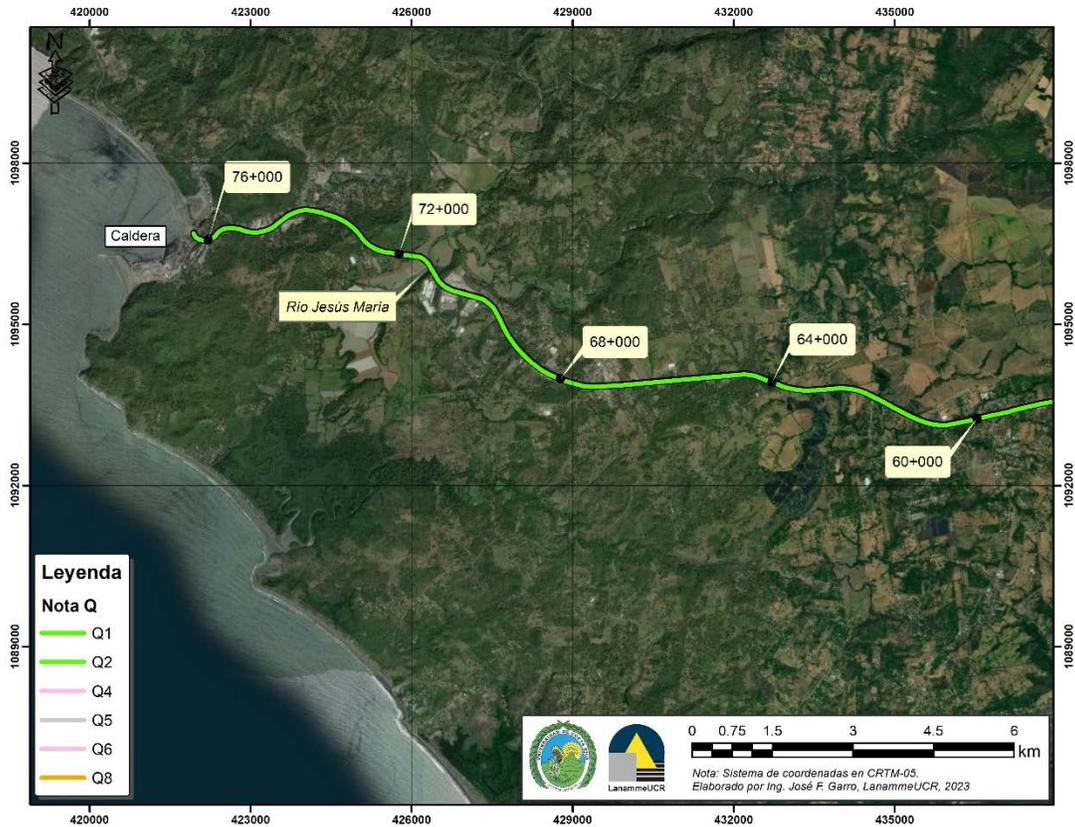


Figura A4 8 Resultado Notas de Calidad, Ruta Nacional 27, Sentido Caldera – San José
60+000 – 76+000



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

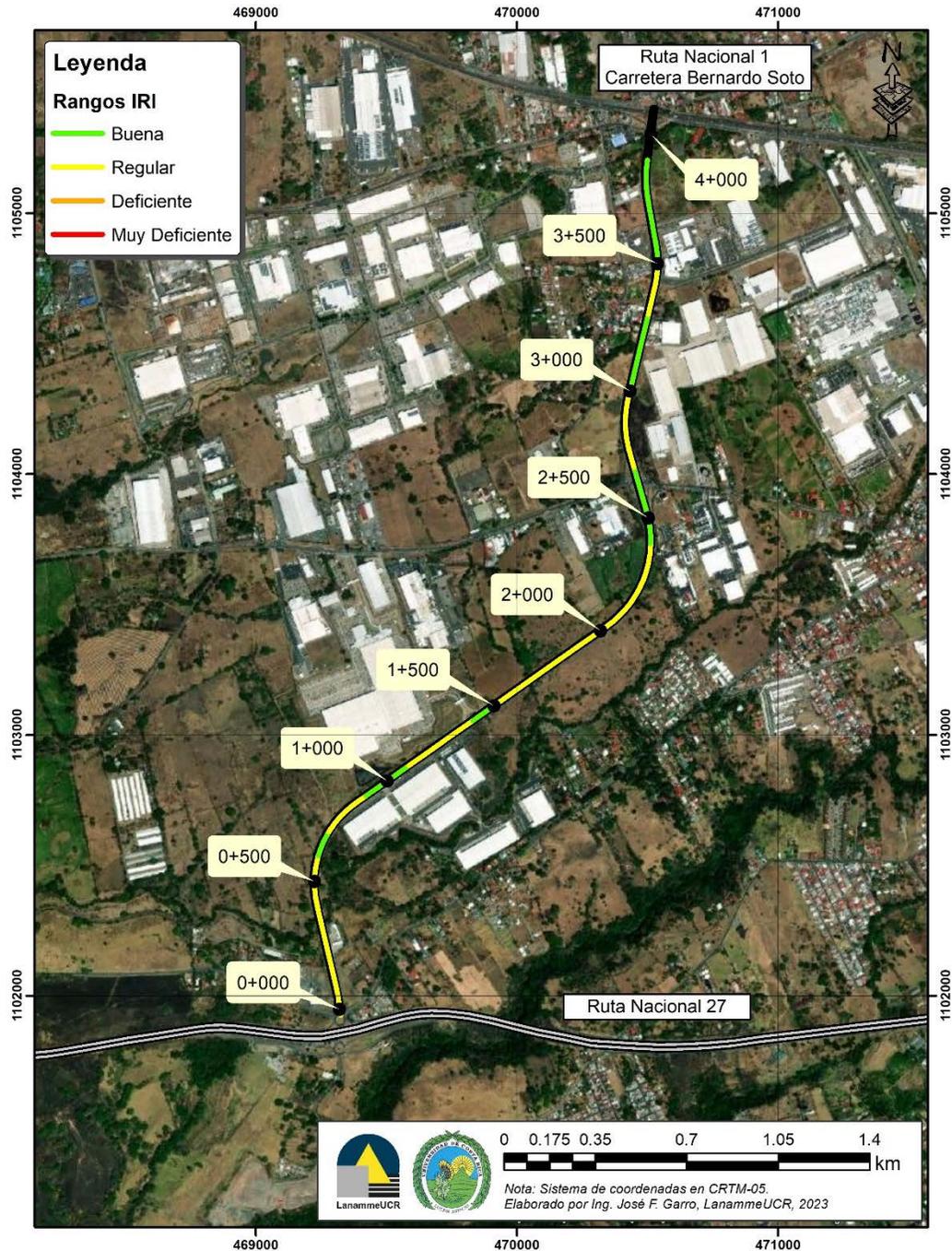
LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 154

**Anexo V Resultados obtenidos para cada uno de los parámetros
evaluados en las Radiales**





Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 156

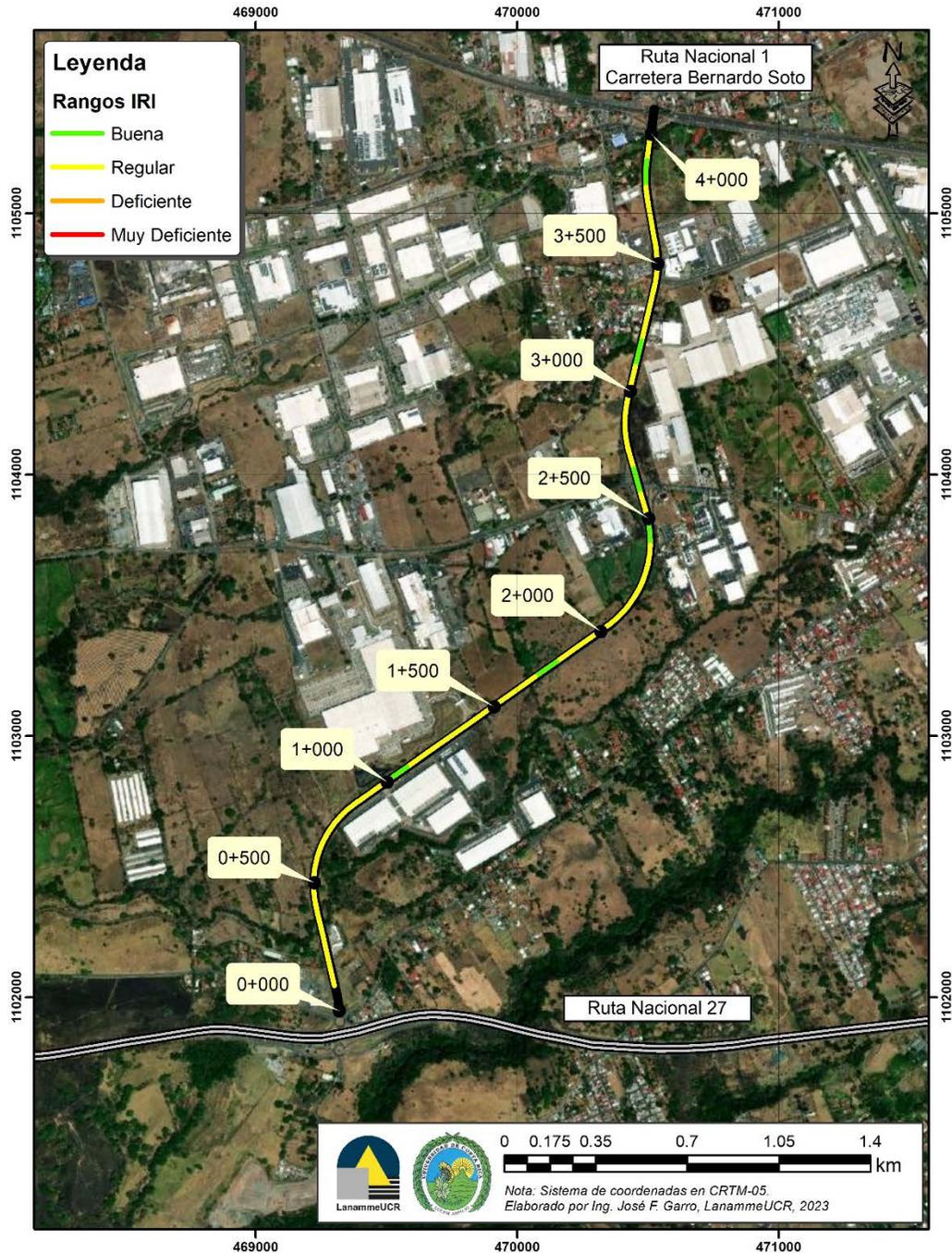
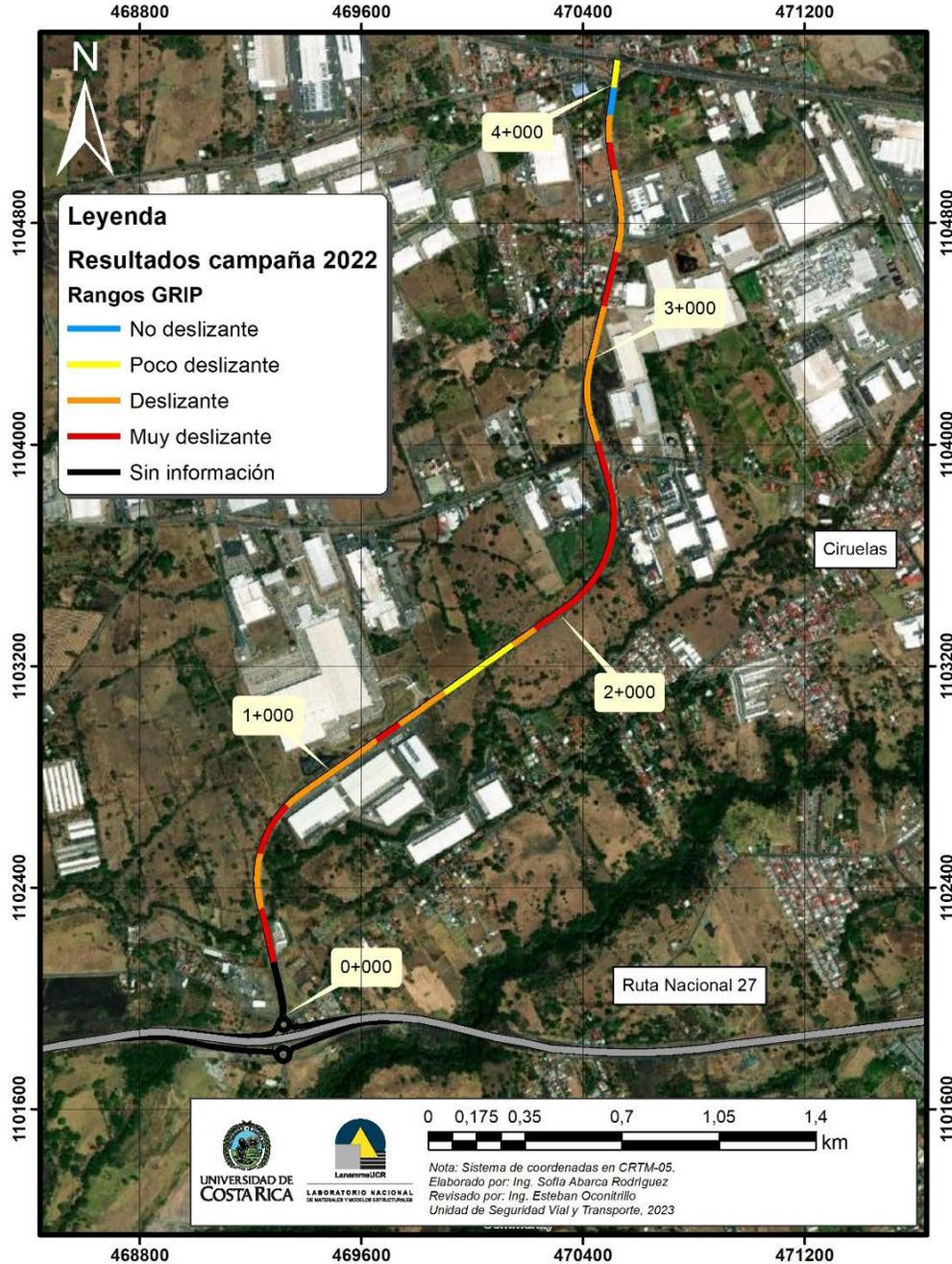
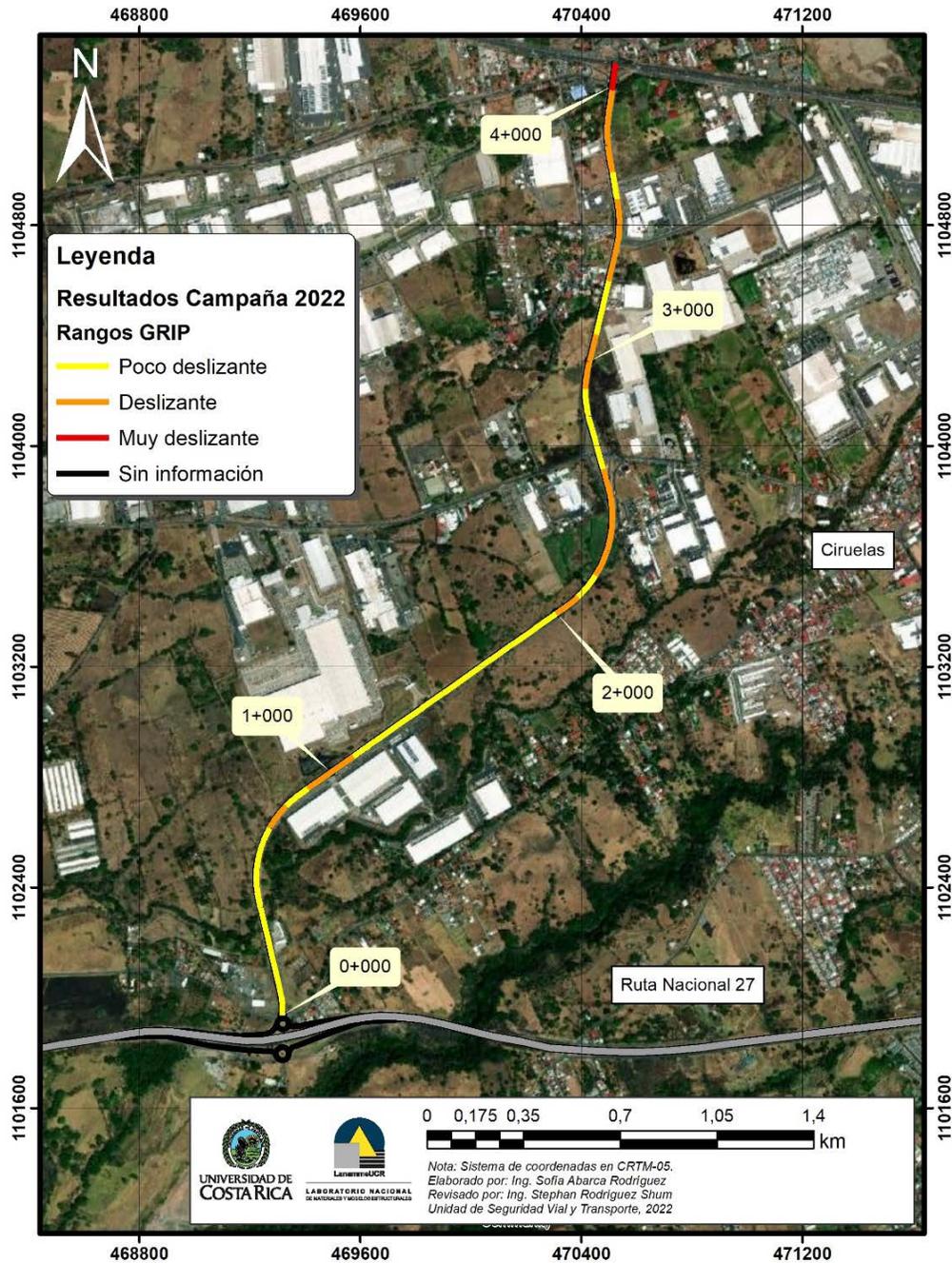
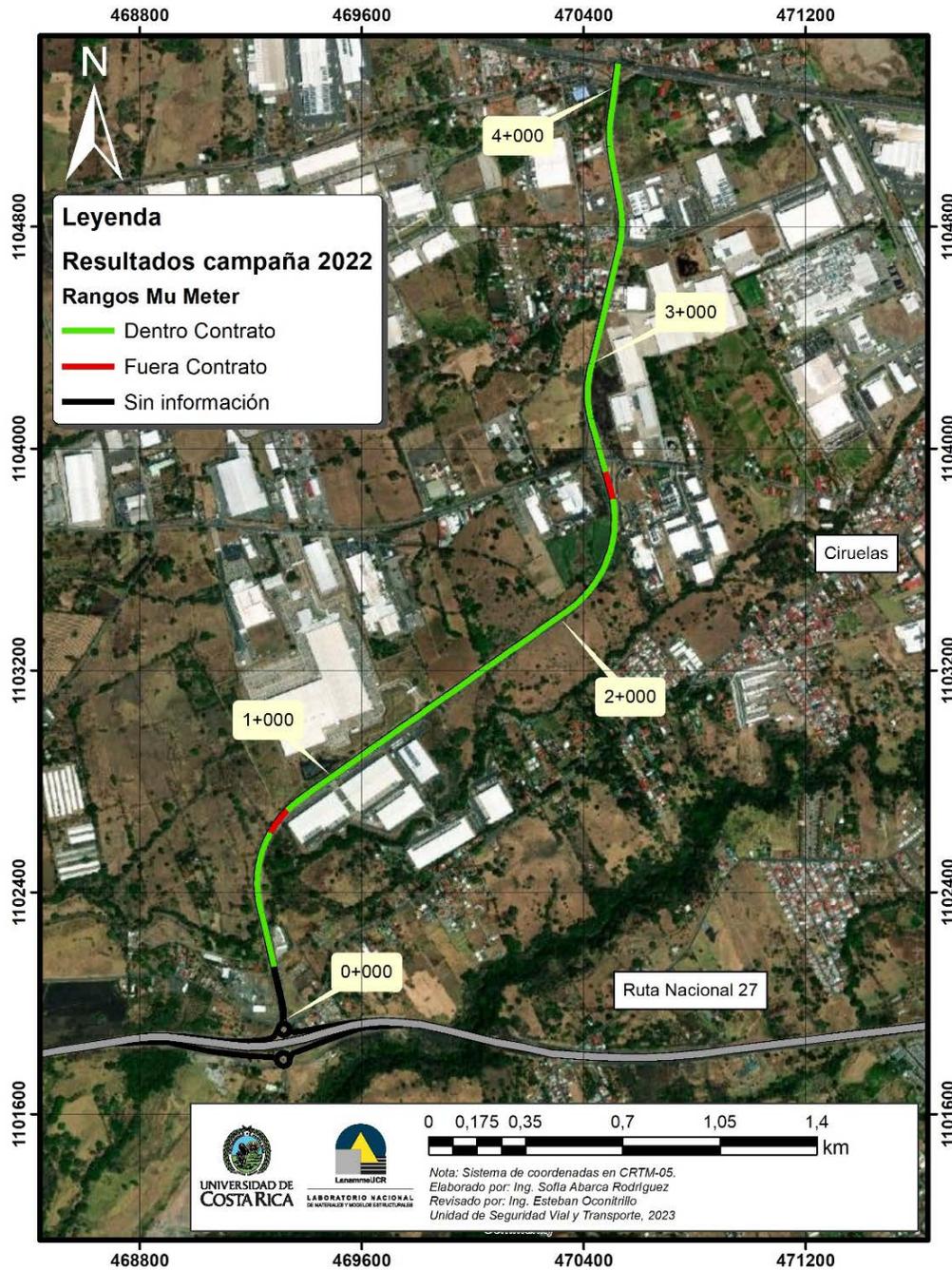


Figura A5.2. Resultados IRI, Radial El Coyal, sentido El Coyal - Ruta Nacional 27







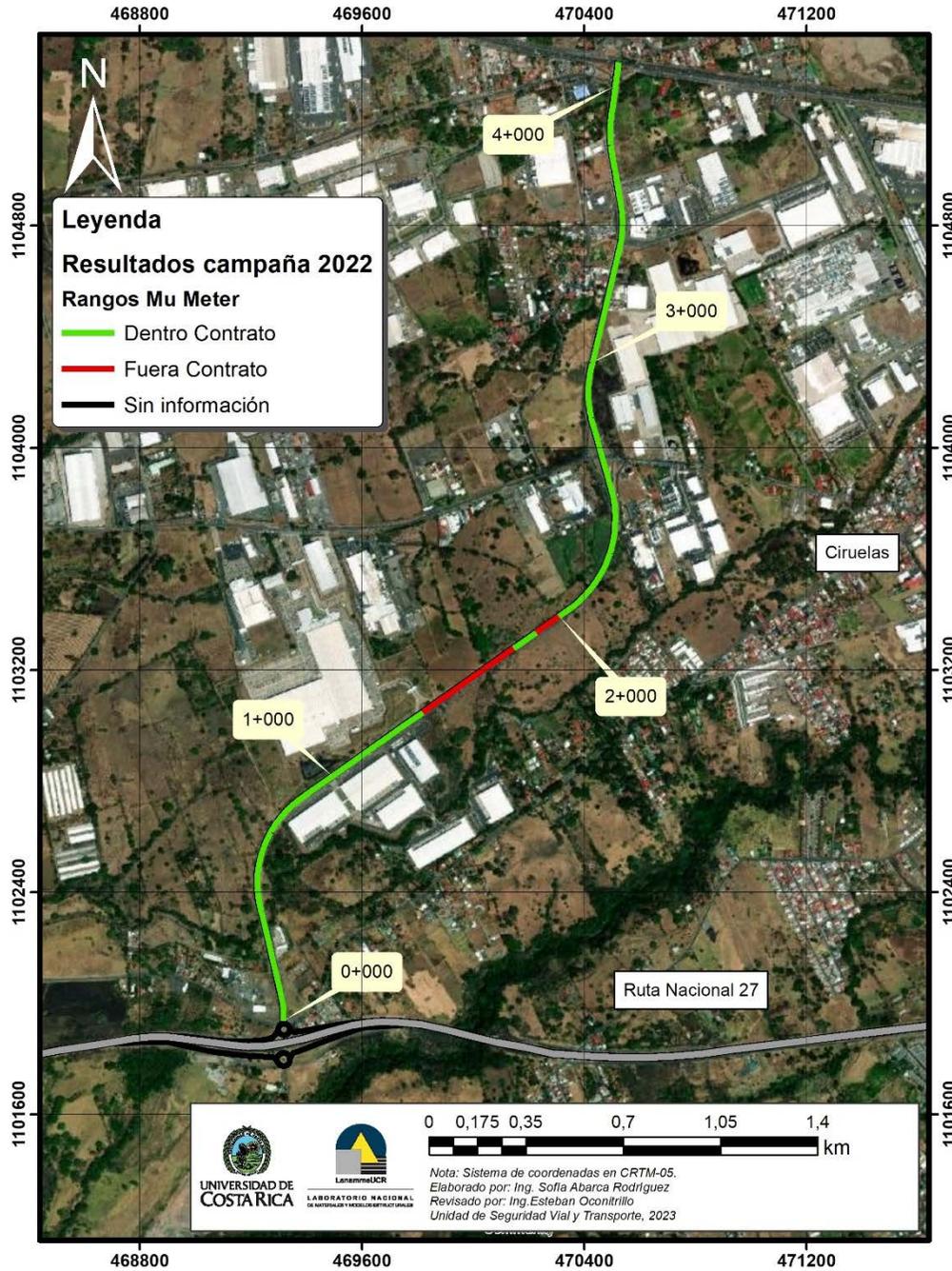


Figura A5 6. Resultados MuMeter, Radial El Coyol, sentido El Coyol - Ruta Nacional 27

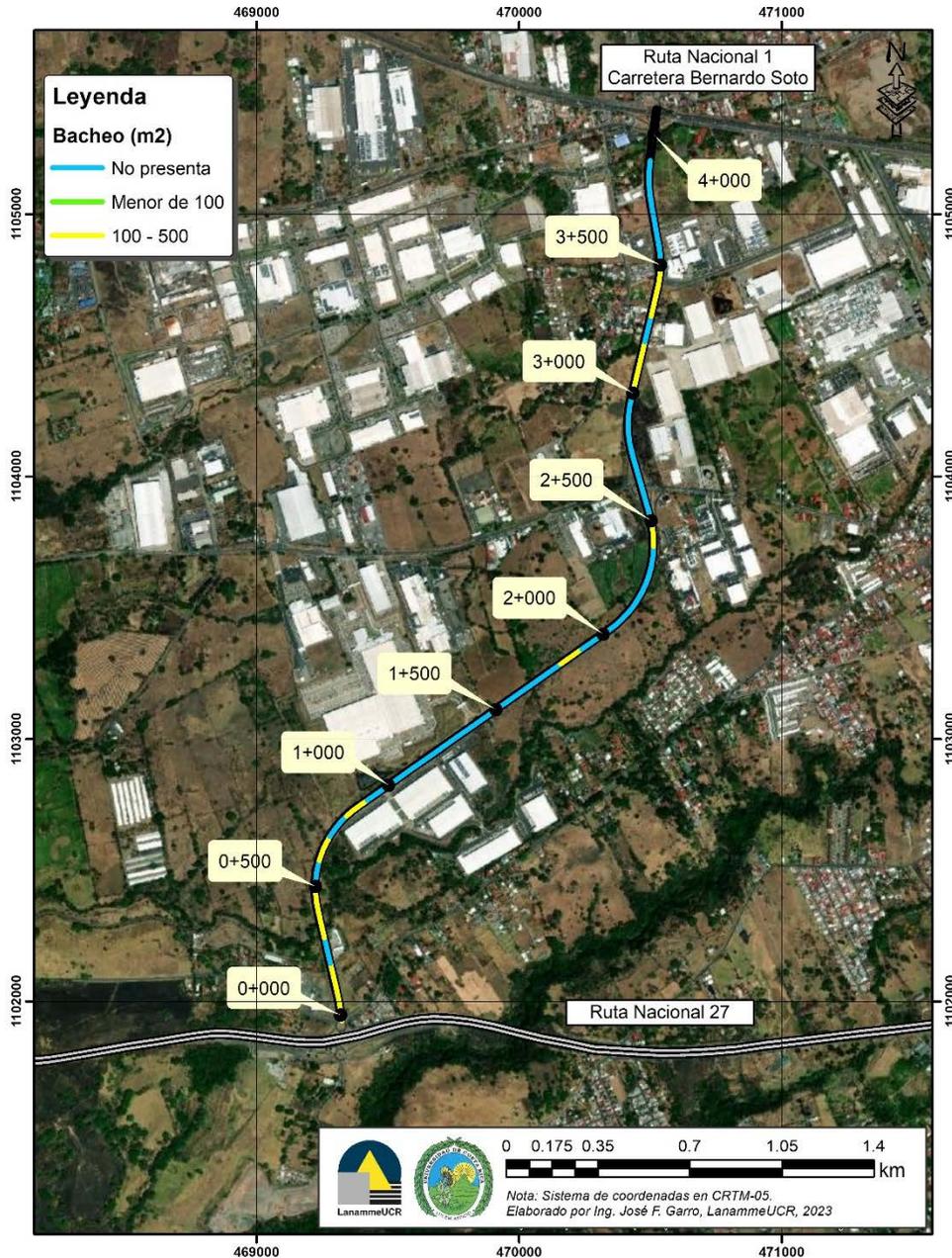


Figura A5 7. Resultados Bacheo, Radial El Coyol, sentido Ruta Nacional 27 - El Coyol



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 162

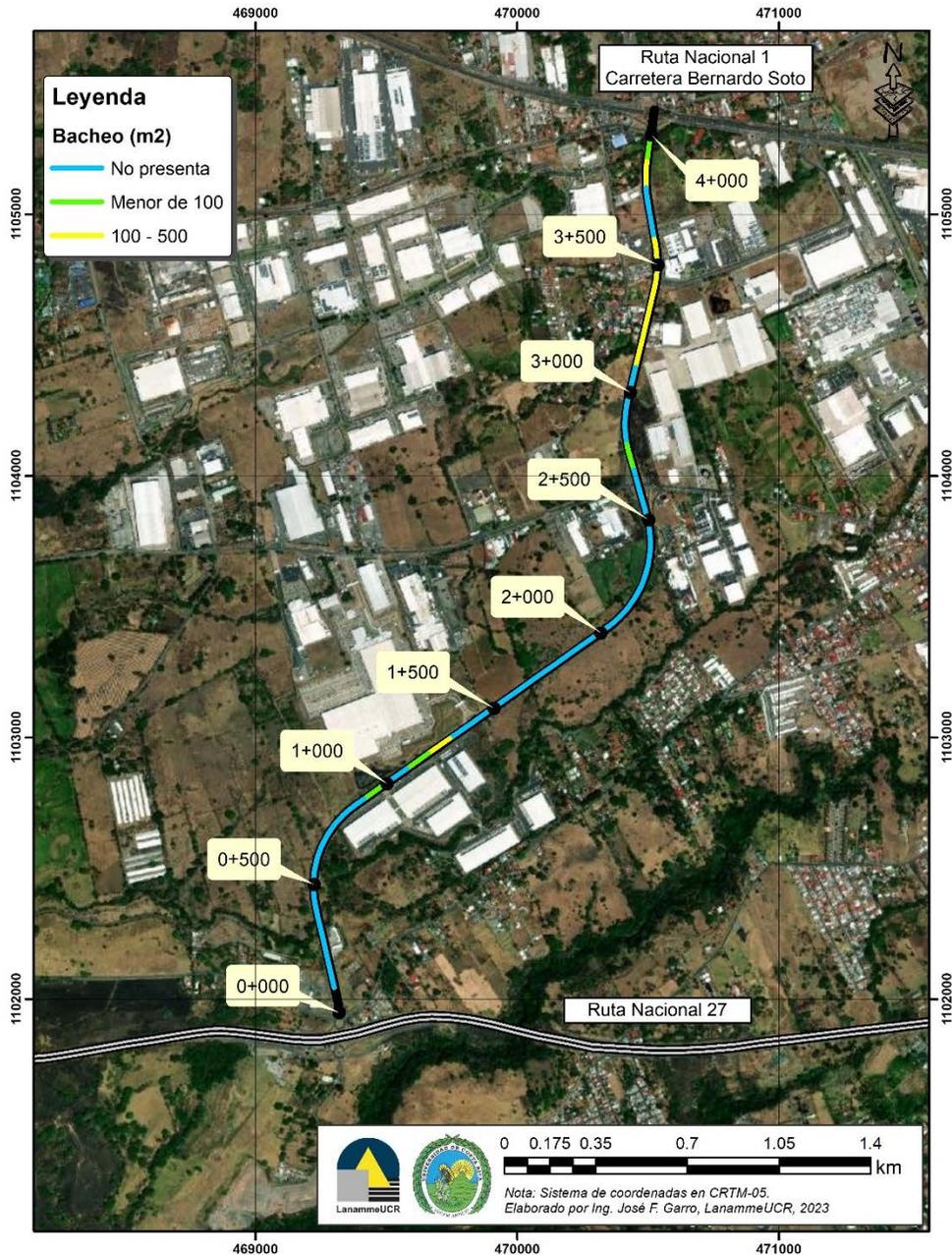


Figura A5.8. Resultados Bacheo, Radial El Coyal, sentido El Coyal - Ruta Nacional 27

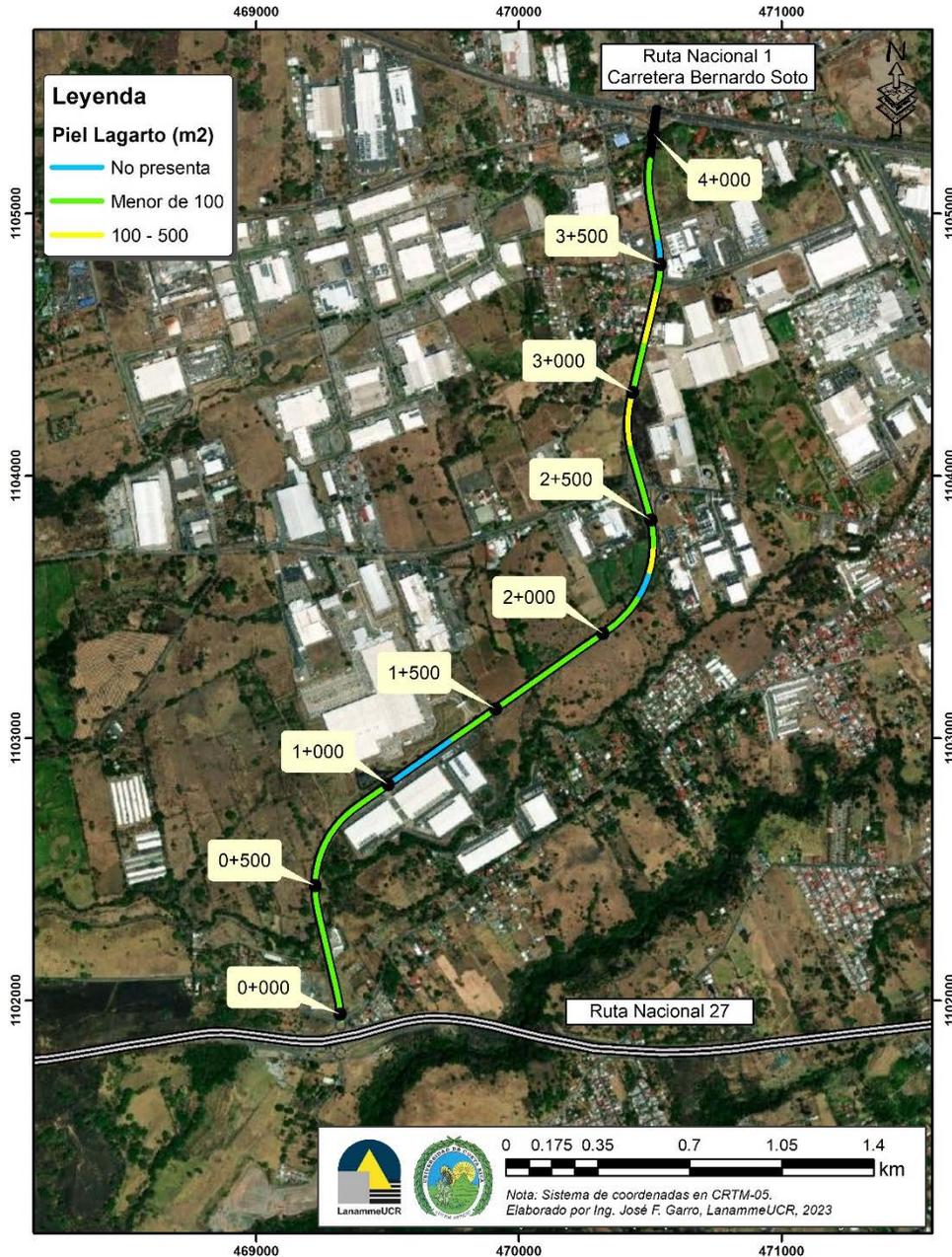


Figura A5 9. Resultados Piel de Lagarto, Radial El Coyol, sentido Ruta Nacional 27 - El Coyol

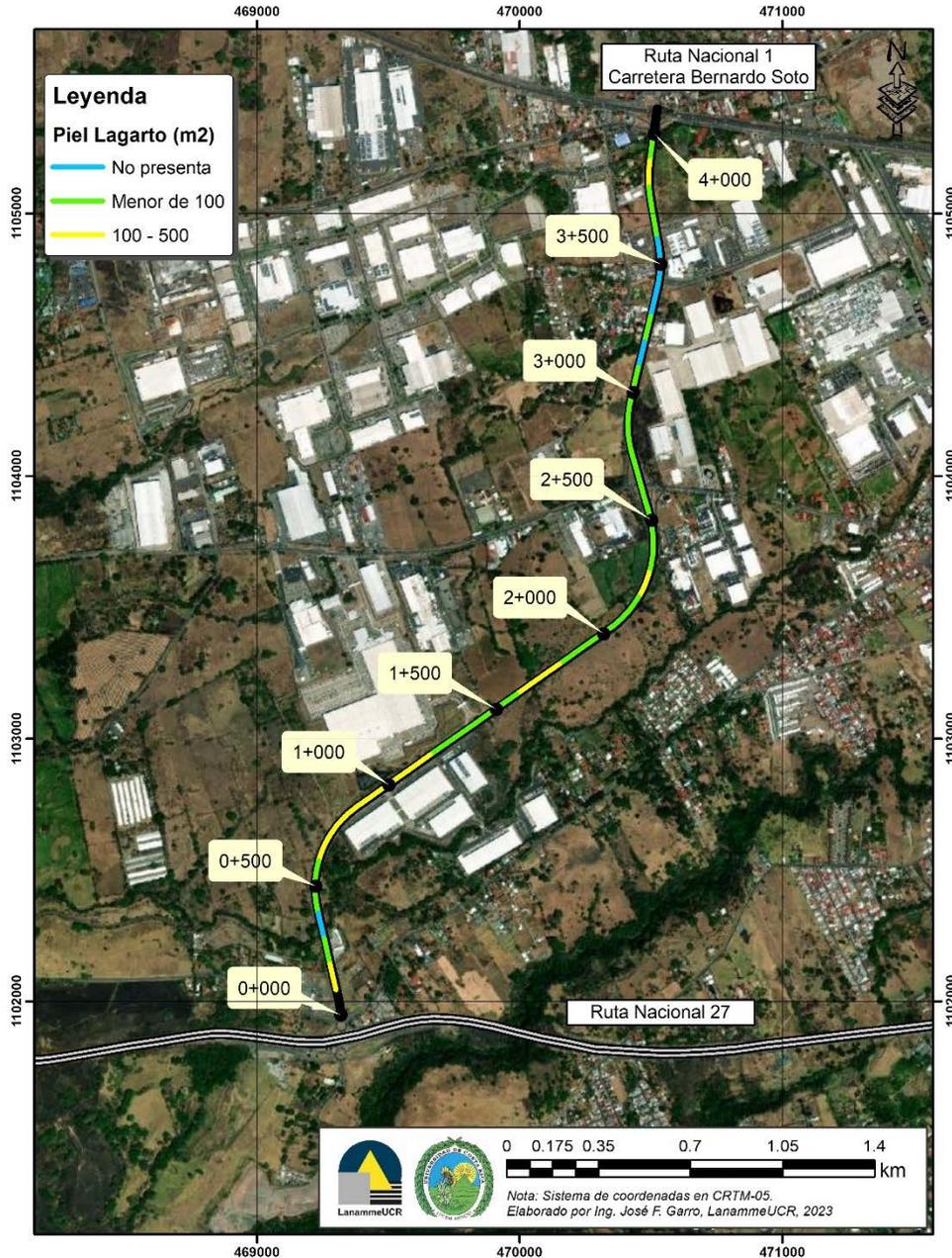


Figura A5 10. Resultados Piel de Lagarto, Radial El Coyol, sentido El Coyol – Ruta Nacional 27

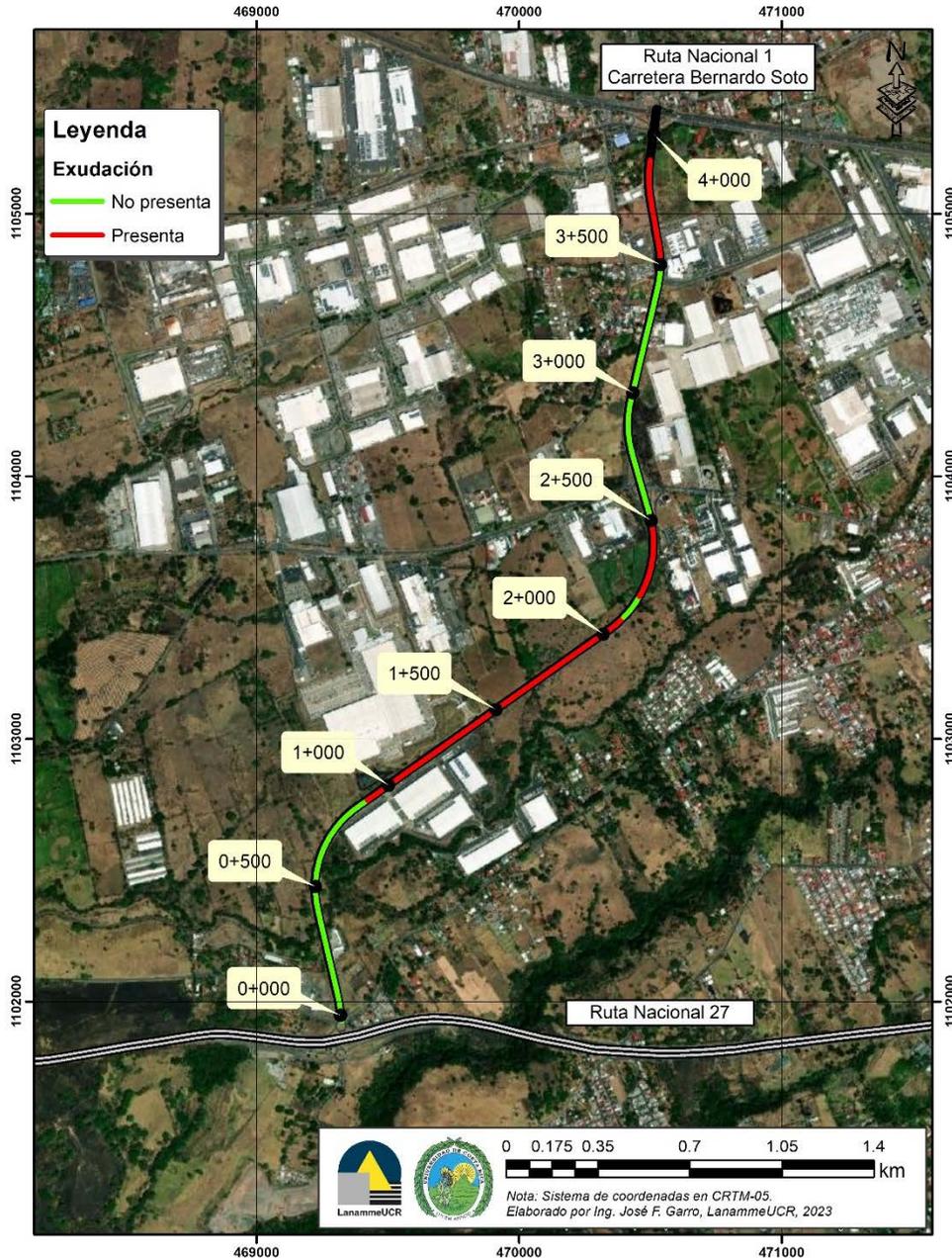


Figura A5 11. Resultados Exudación, Radial El Coyal, sentido Ruta Nacional 27 – El Coyal

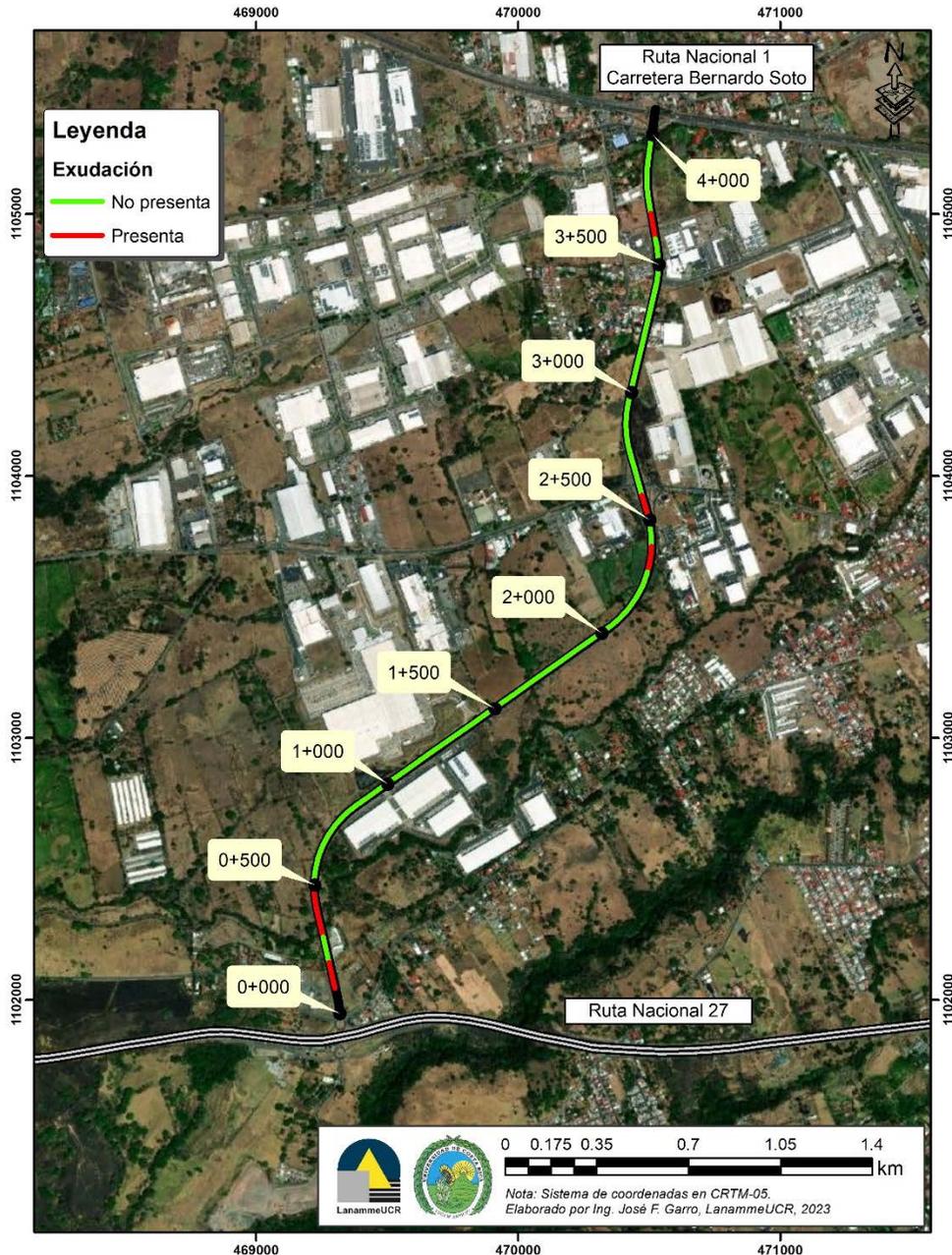


Figura A5 12. Resultados Exudación, Radial El Coyal, sentido El Coyal – Ruta Nacional 27

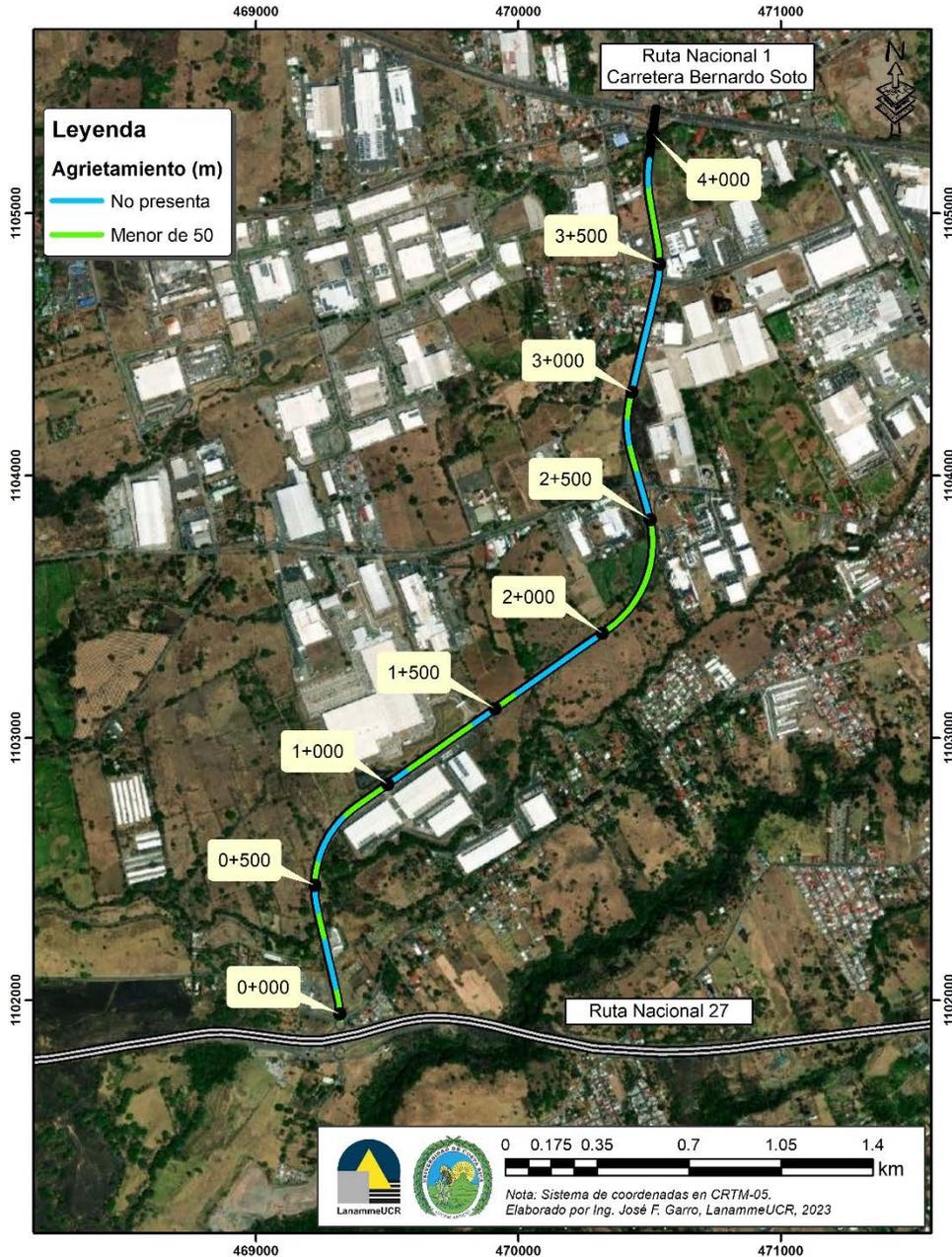


Figura A5 13. Resultados Agrietamiento, Radial El Coyal, sentido El Coyal – Ruta Nacional 27

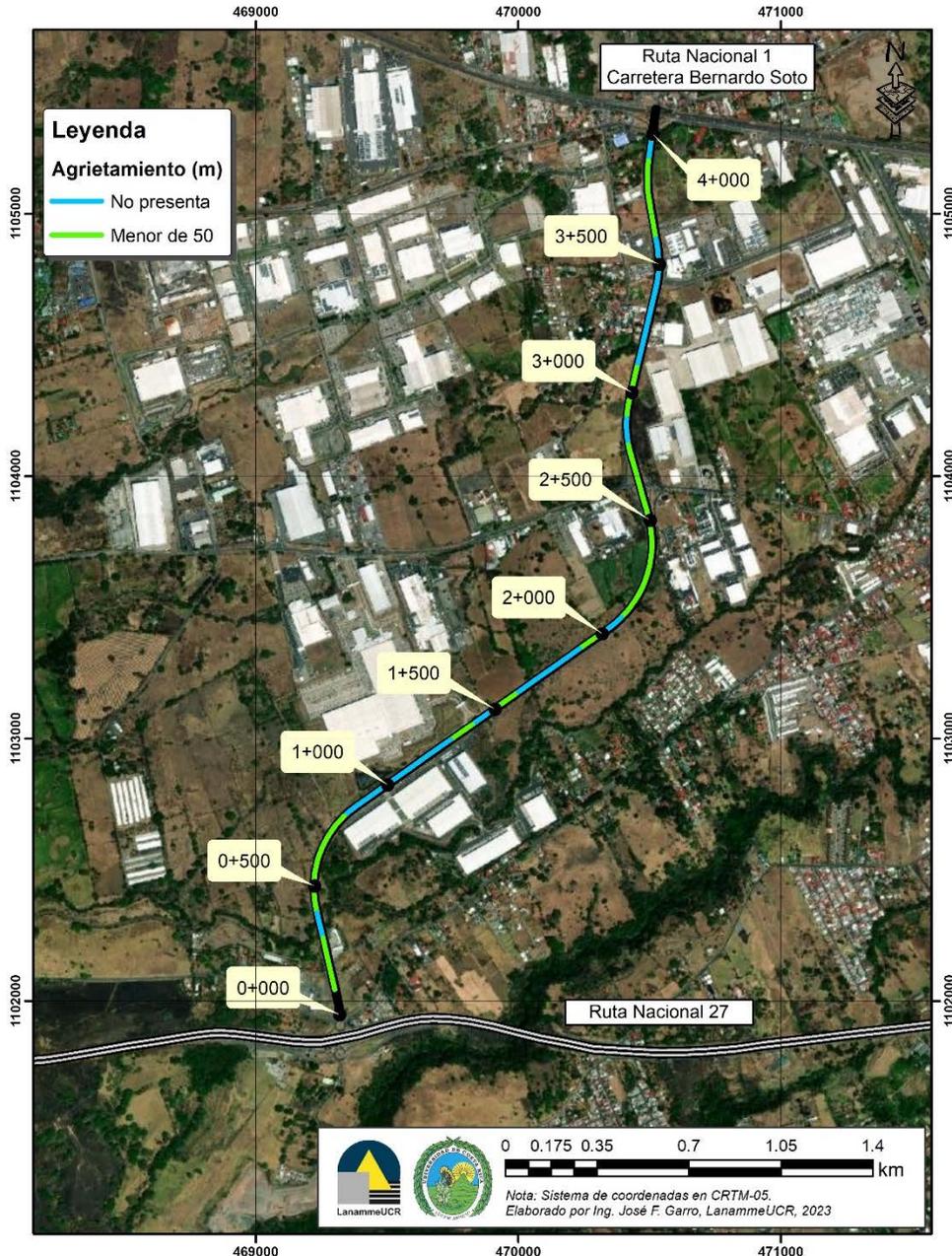


Figura A5 14. Resultados Agrietamiento, Radial El Coyol, sentido Ruta Nacional 27 – El Coyol

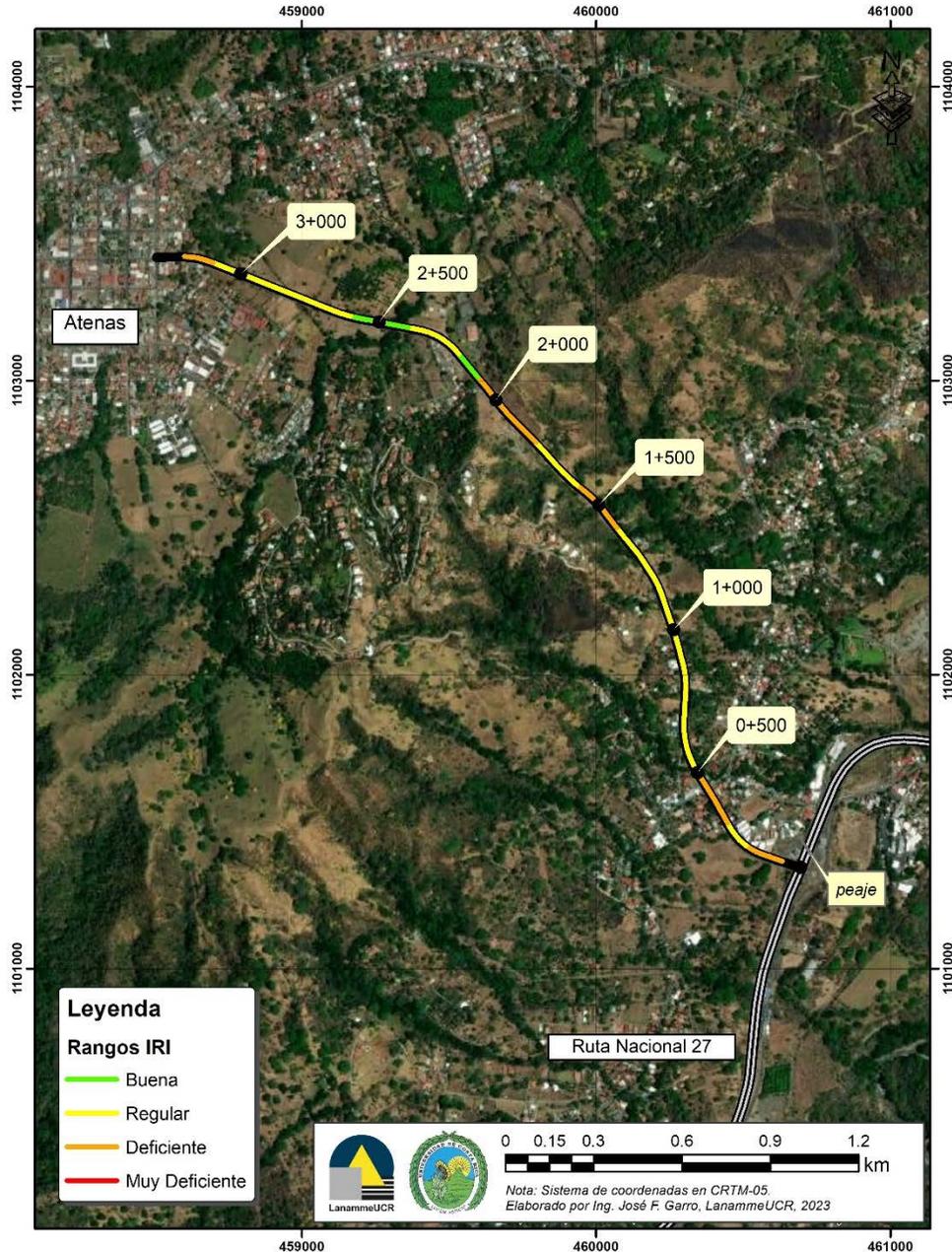


Figura A5 15. Resultados IRI, Radial Atenas, sentido Ruta Nacional 27 - Atenas

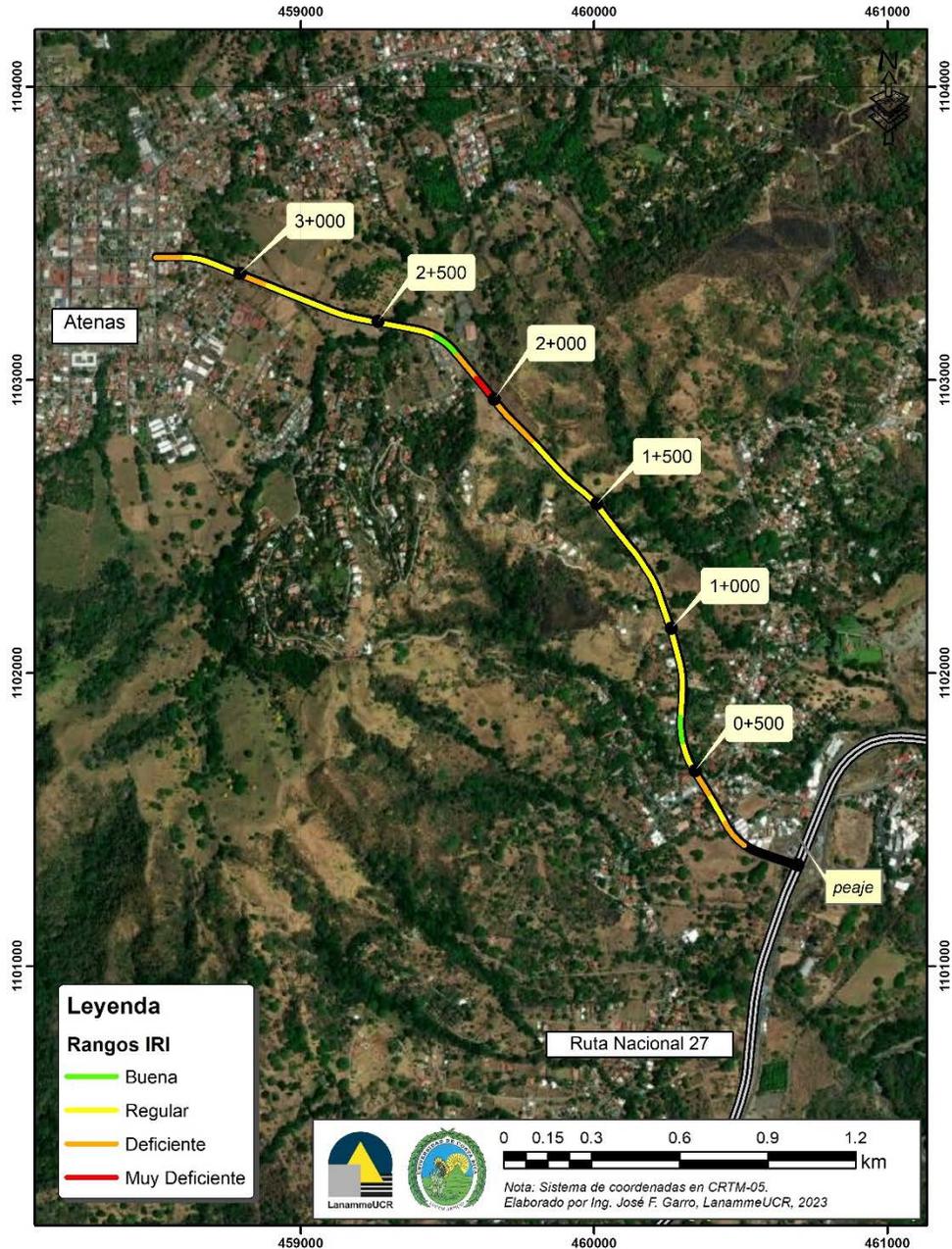


Figura A5 16 Resultados IRI, Radial Atenas, sentido Atenas - Ruta Nacional 27



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 171

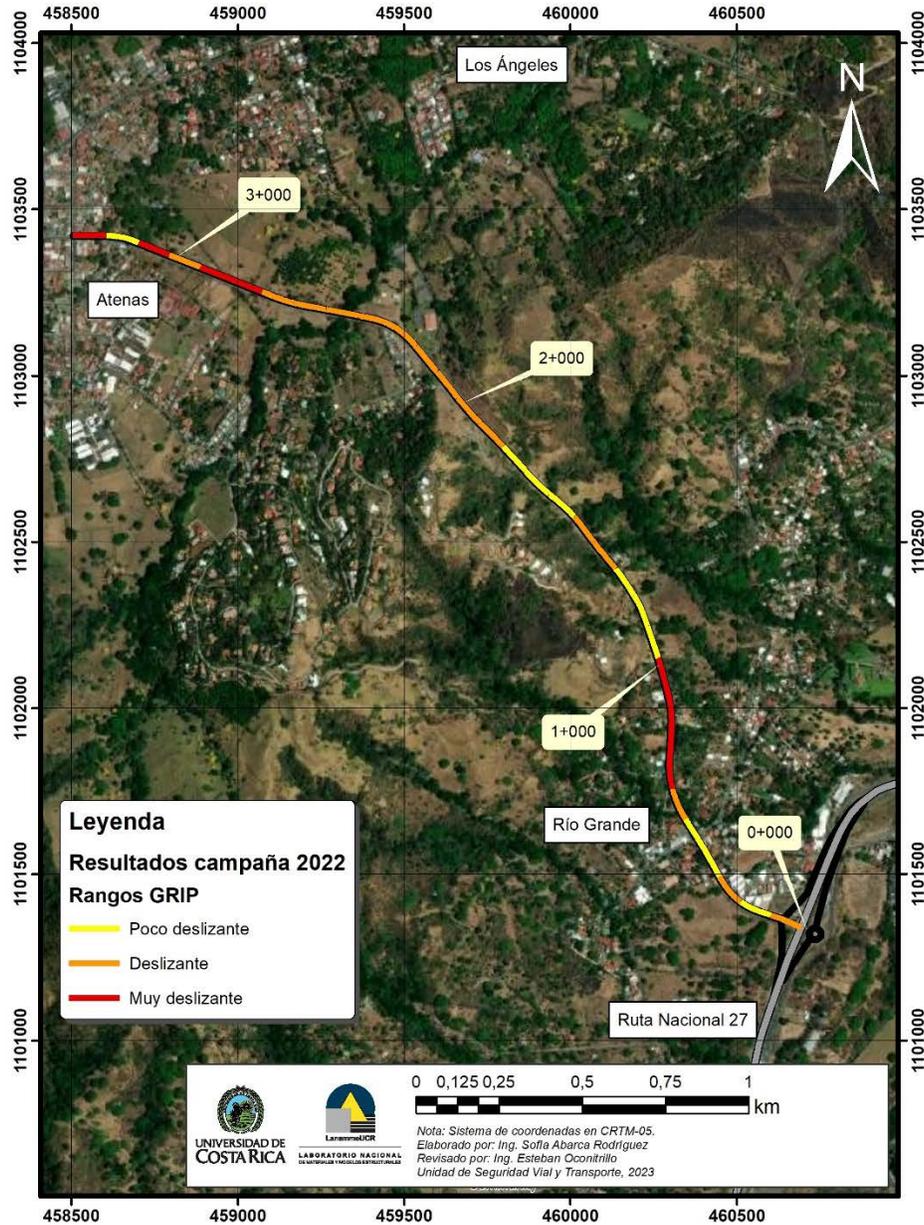


Figura A5 17. Resultados GRIP, Radial Atenas, sentido Ruta Nacional 27 - Atenas



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 172

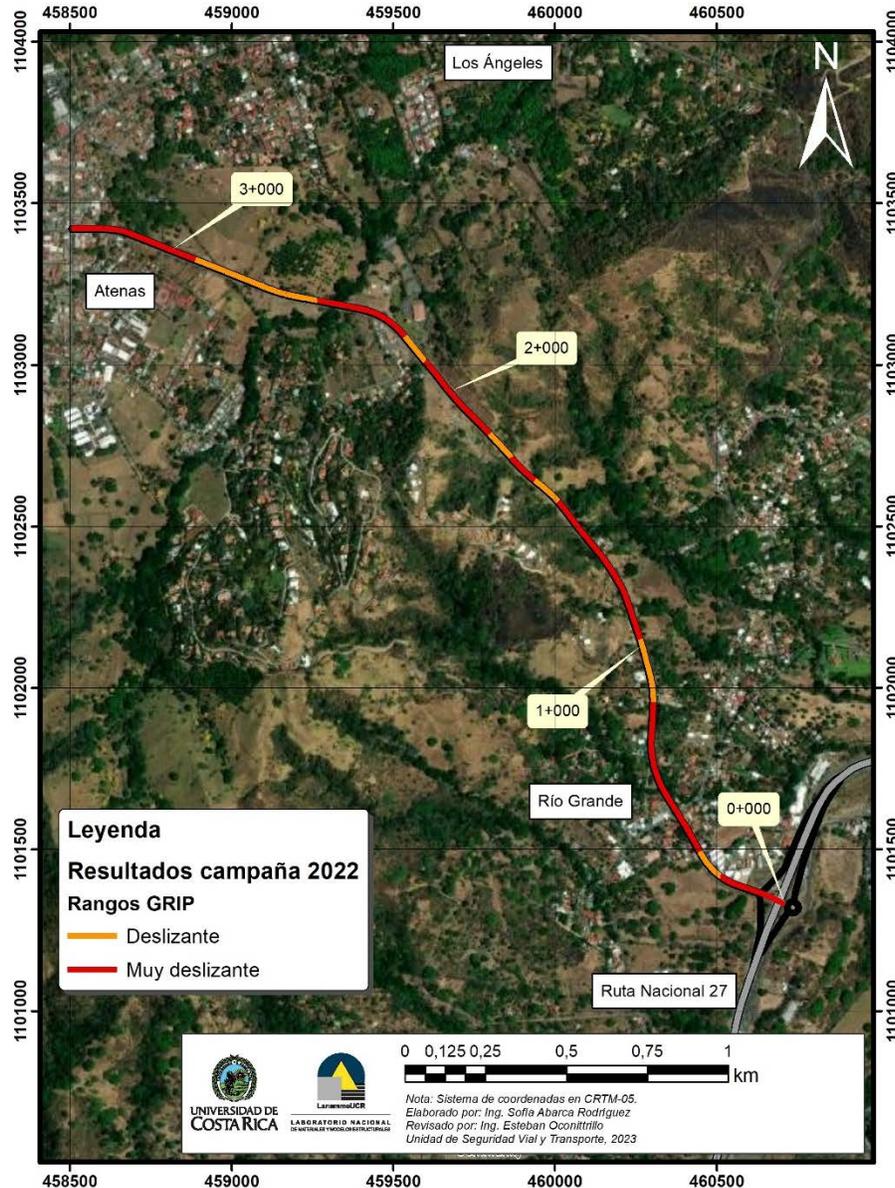


Figura A5 18. Resultados GRIP, Radial Atenas, sentido Atenas - Ruta Nacional 27



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 173

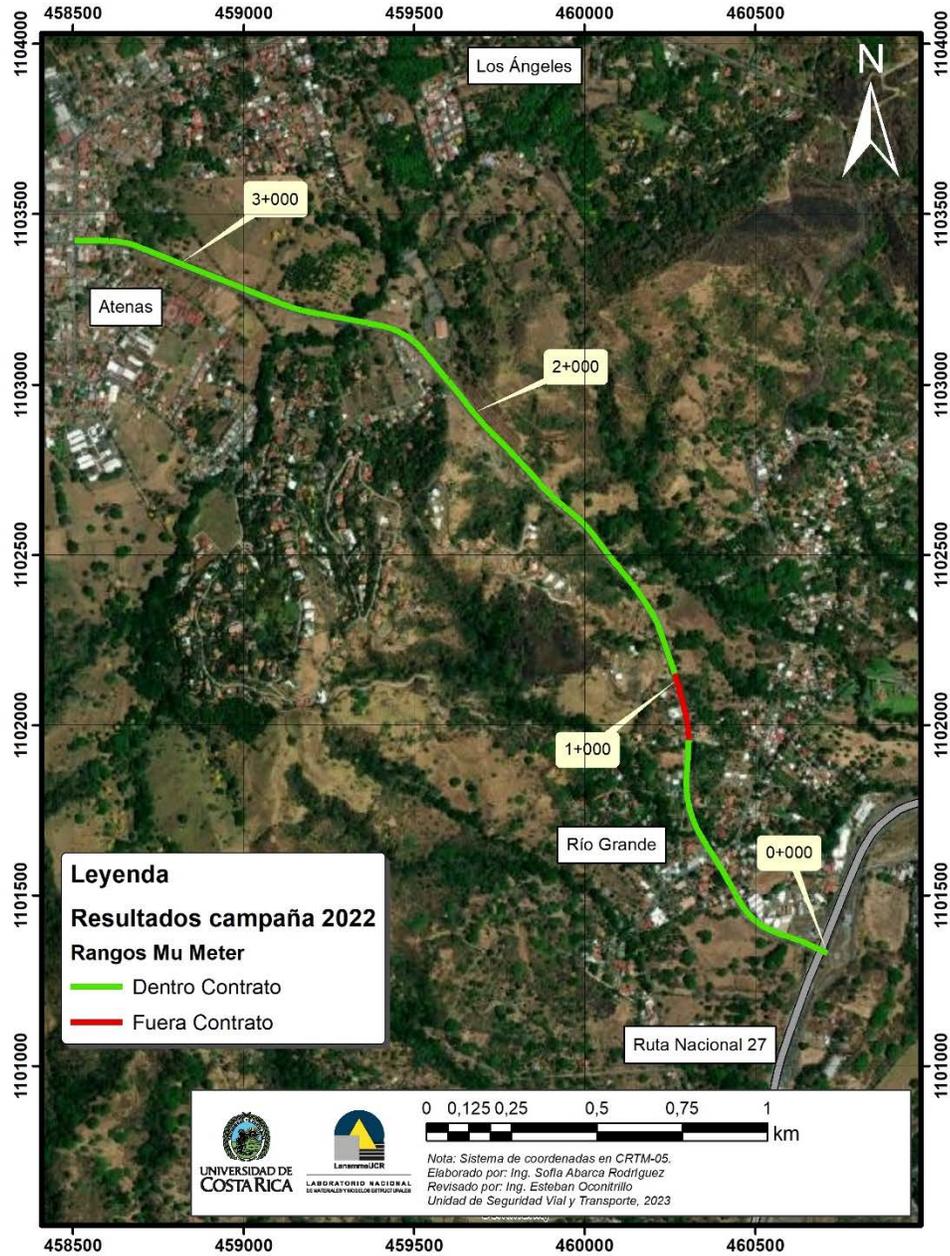


Figura A5 19. Resultados MuMeter, Radial Atenas, sentido Ruta Nacional 27 - Atenas

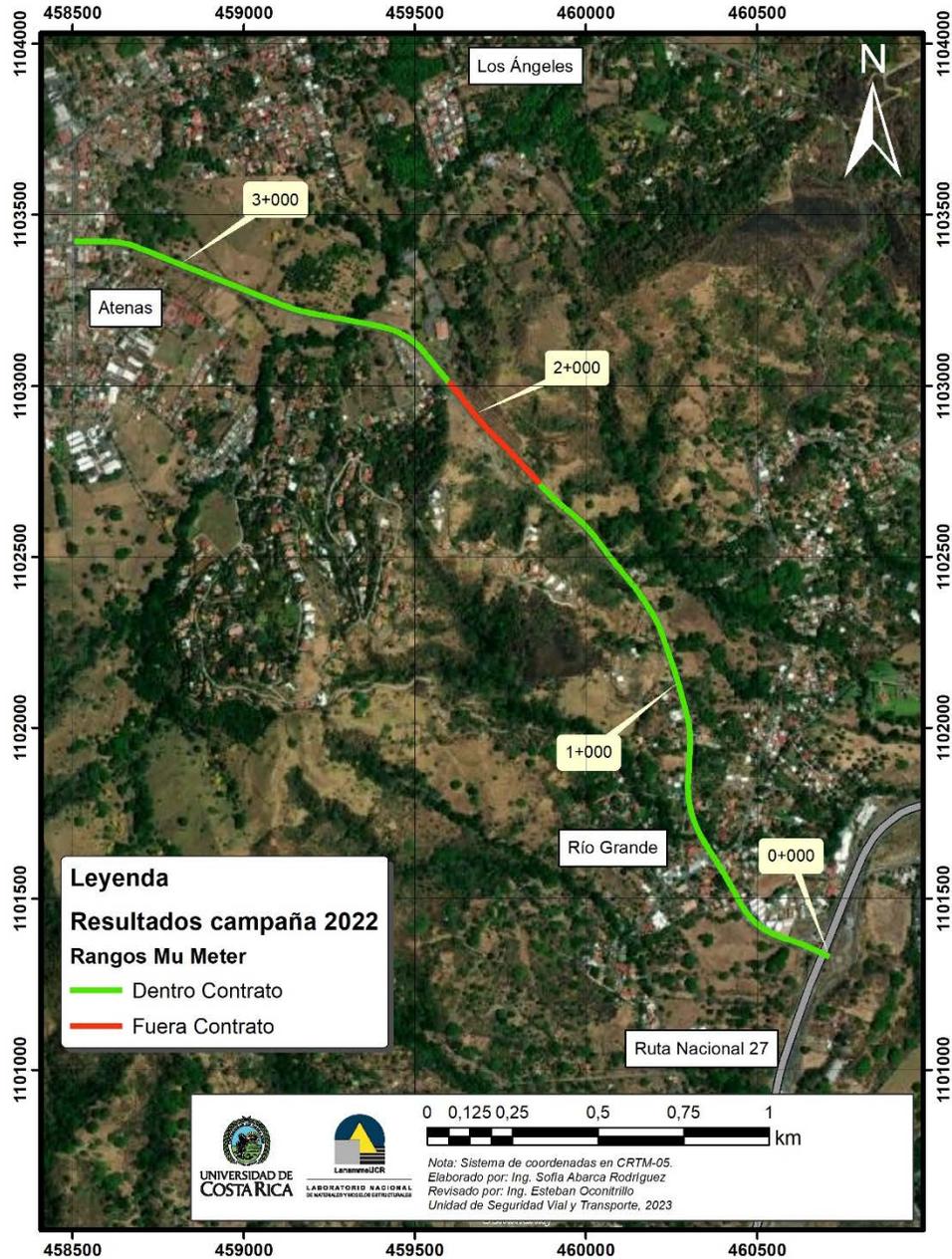


Figura A5 20. Resultados MuMeter, Radial Atenas, sentido Atenas - Ruta Nacional 27

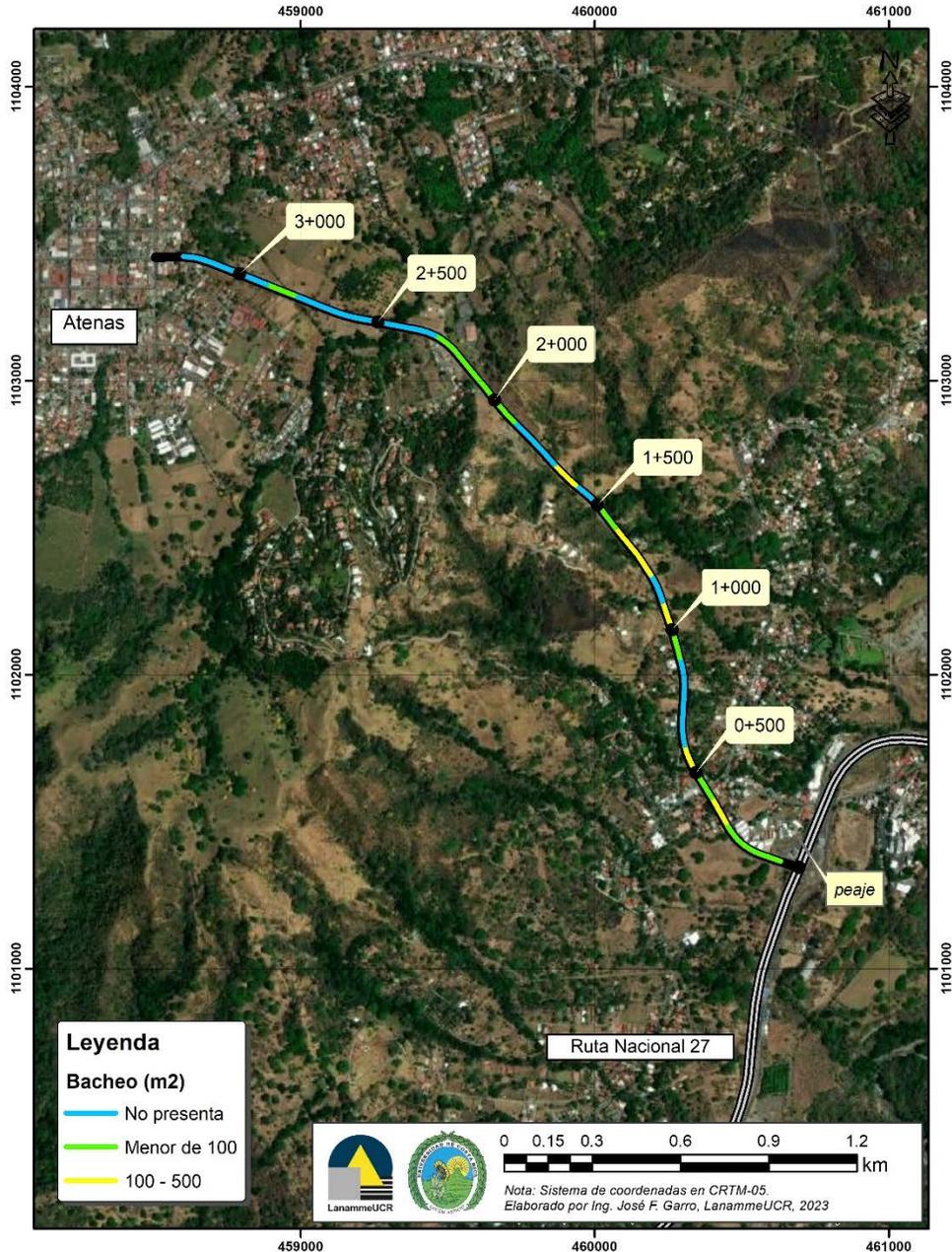


Figura A5 21. Resultados Bacheo, Radial Atenas, sentido Ruta Nacional 27 - Atenas

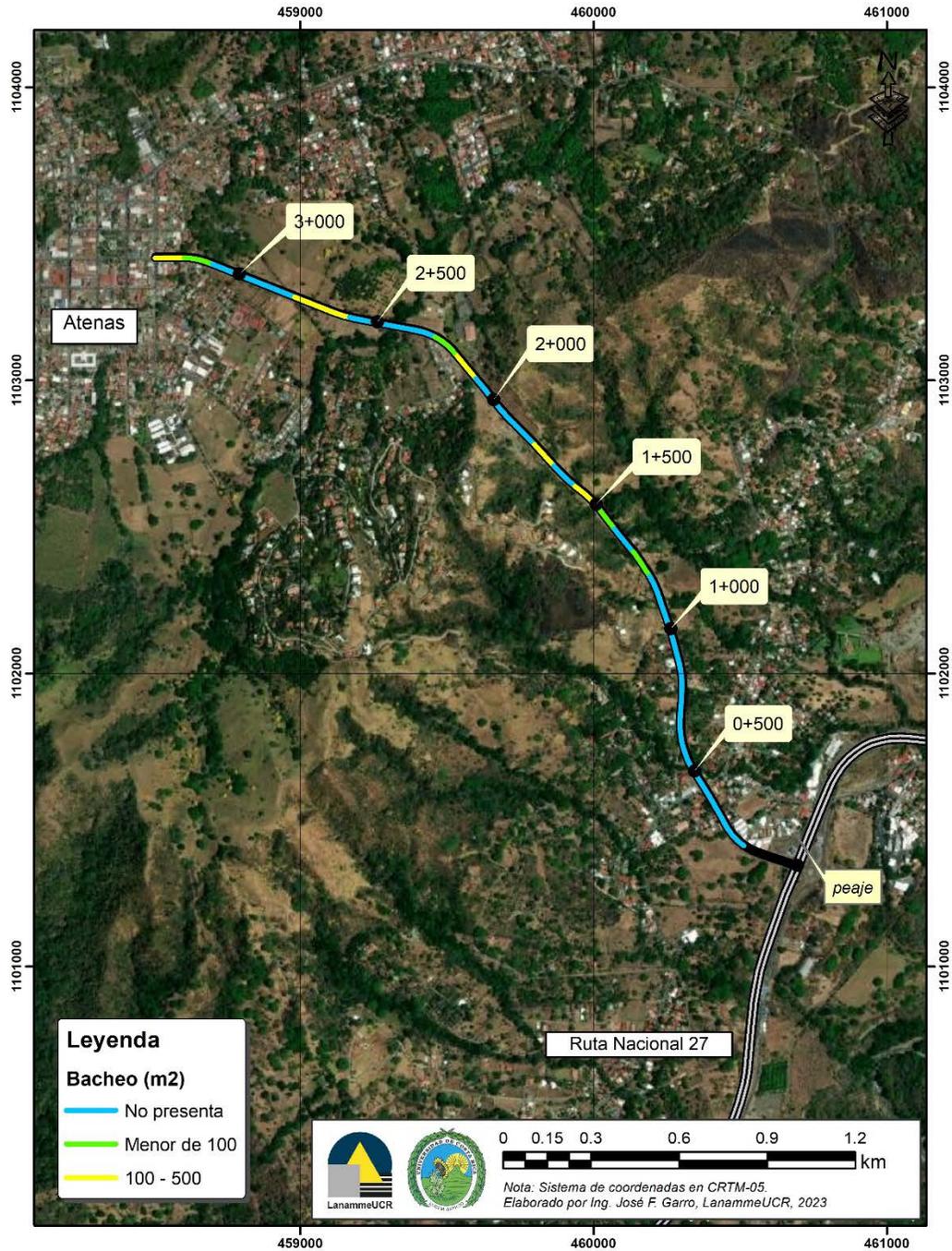


Figura A5 22. Resultados Bacheo, Radial Atenas, sentido Atenas - Ruta Nacional 27

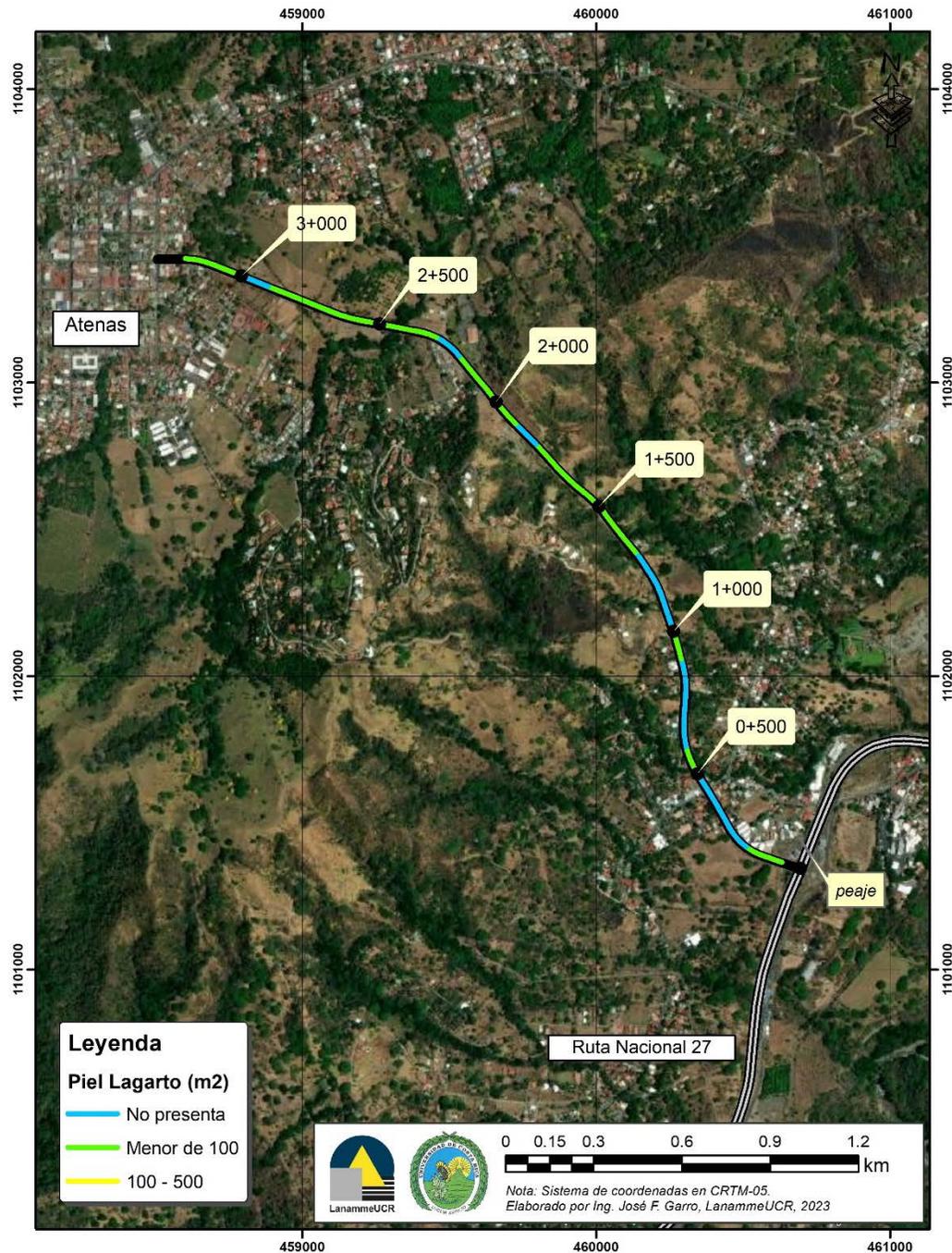


Figura A5 23. Resultados Piel de Lagarto, Radial Atenas, sentido Ruta Nacional 27 - Atenas

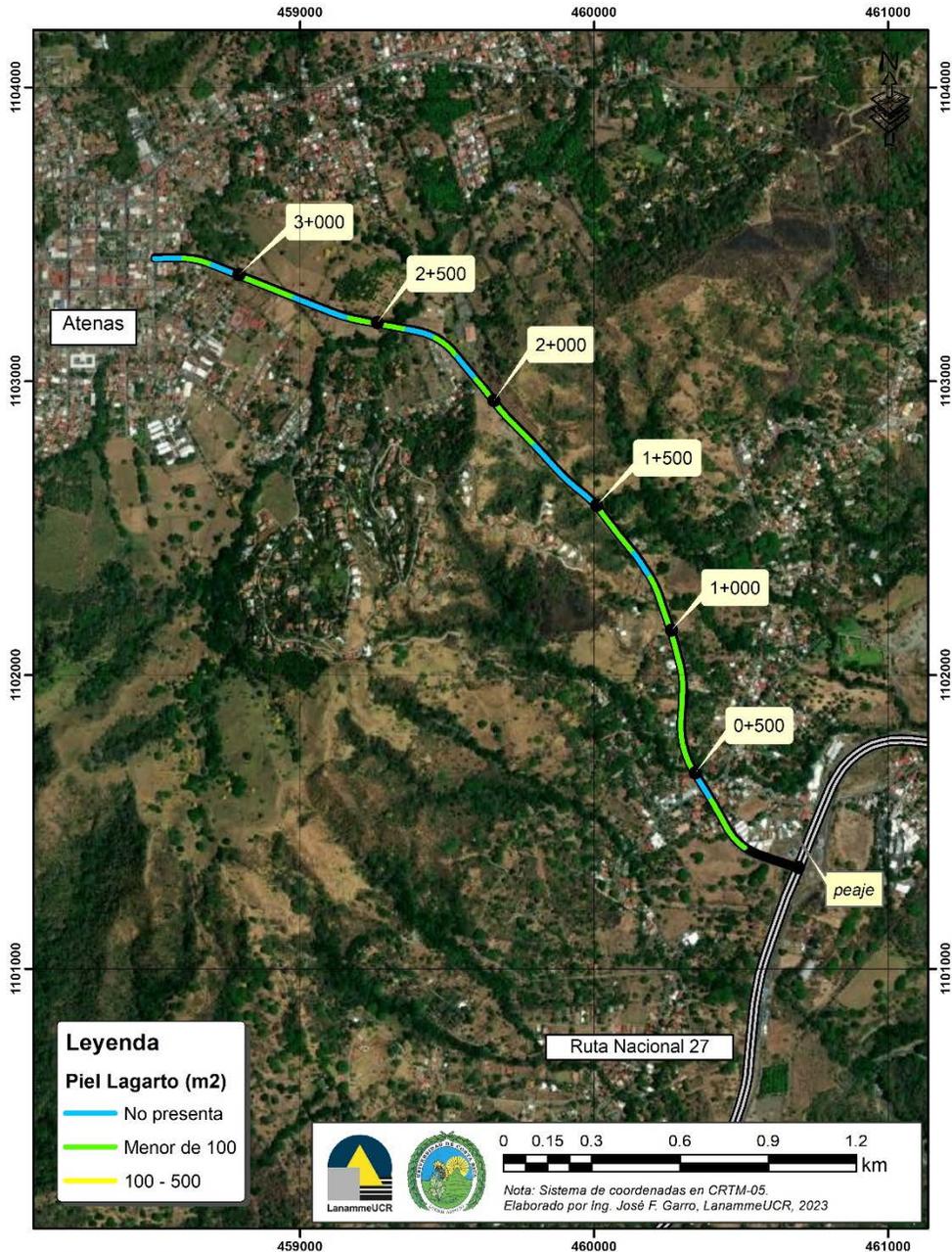


Figura A5 24. Resultados Piel de Lagarto, Radial Atenas, sentido Atenas - Ruta Nacional 27



Figura A5 25. Resultados Exudación, Radial Atenas, sentido Ruta Nacional 27 – Atenas



Figura A5 26. Resultados Exudación, Radial Atenas, sentido Atenas – Ruta Nacional 27

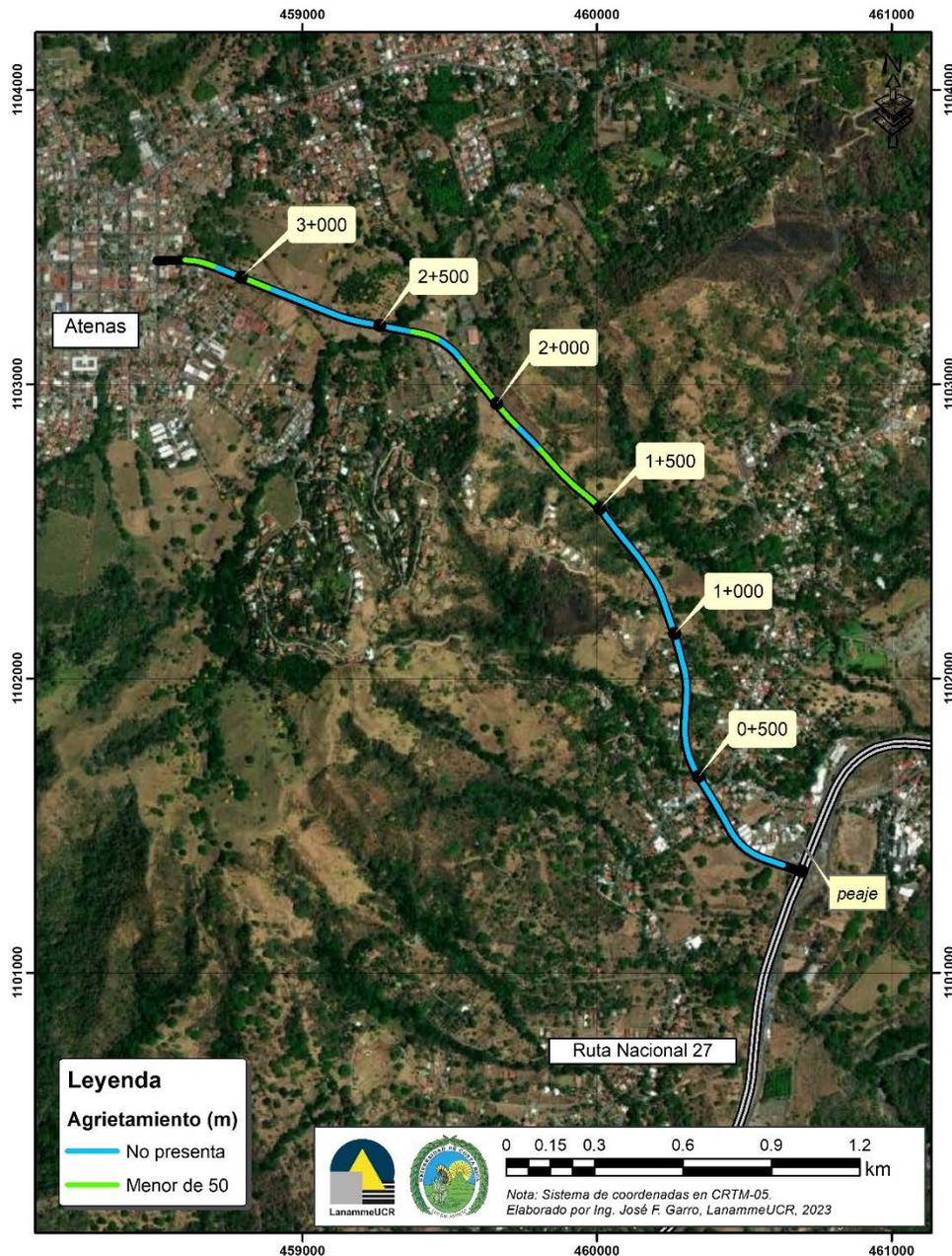


Figura A5 27. Resultados Agrietamiento, Radial Atenas, sentido Ruta Nacional 27 – Atenas

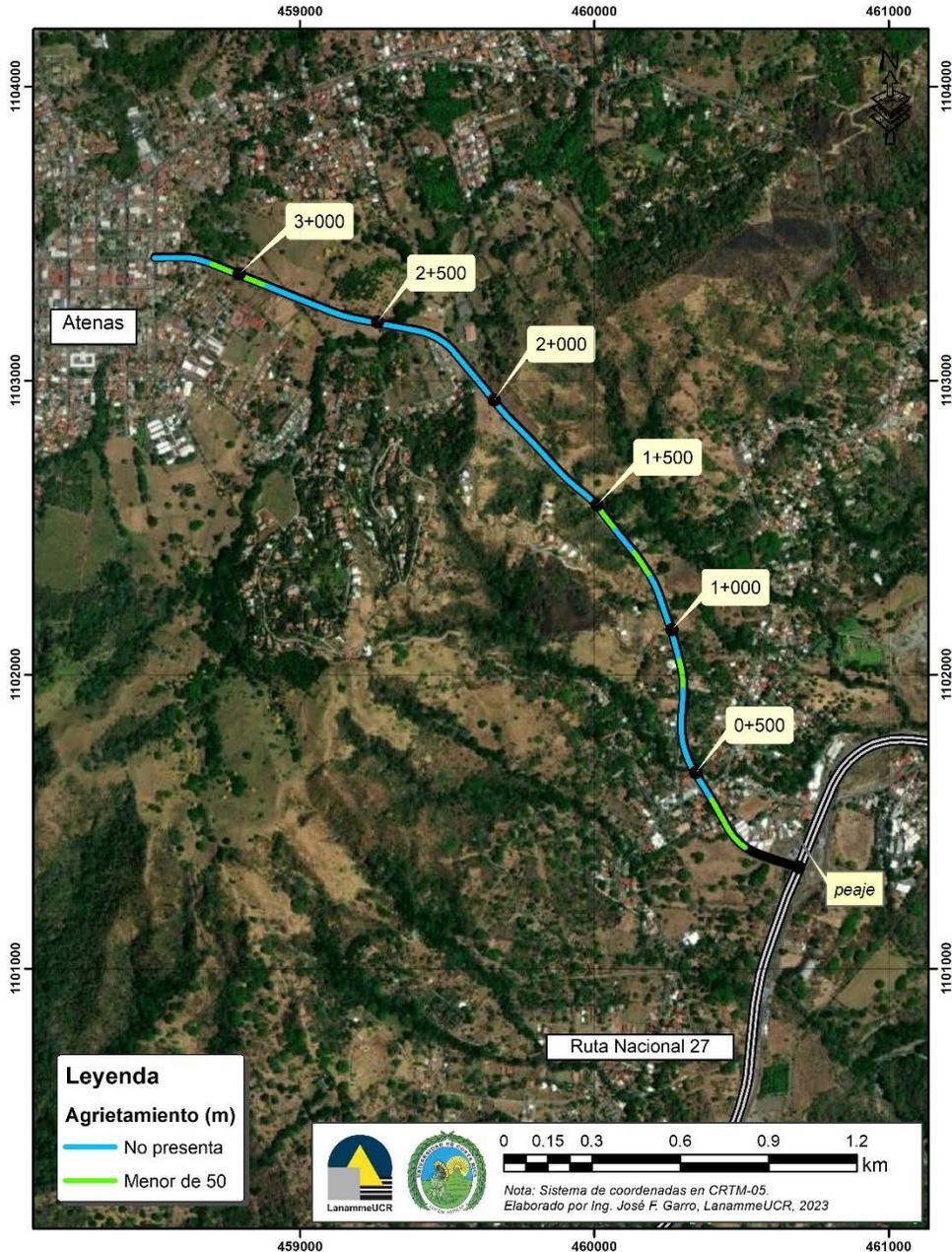


Figura A5 28. Resultados Agrietamiento, Radial Atenas, sentido Atenas – Ruta Nacional 27



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

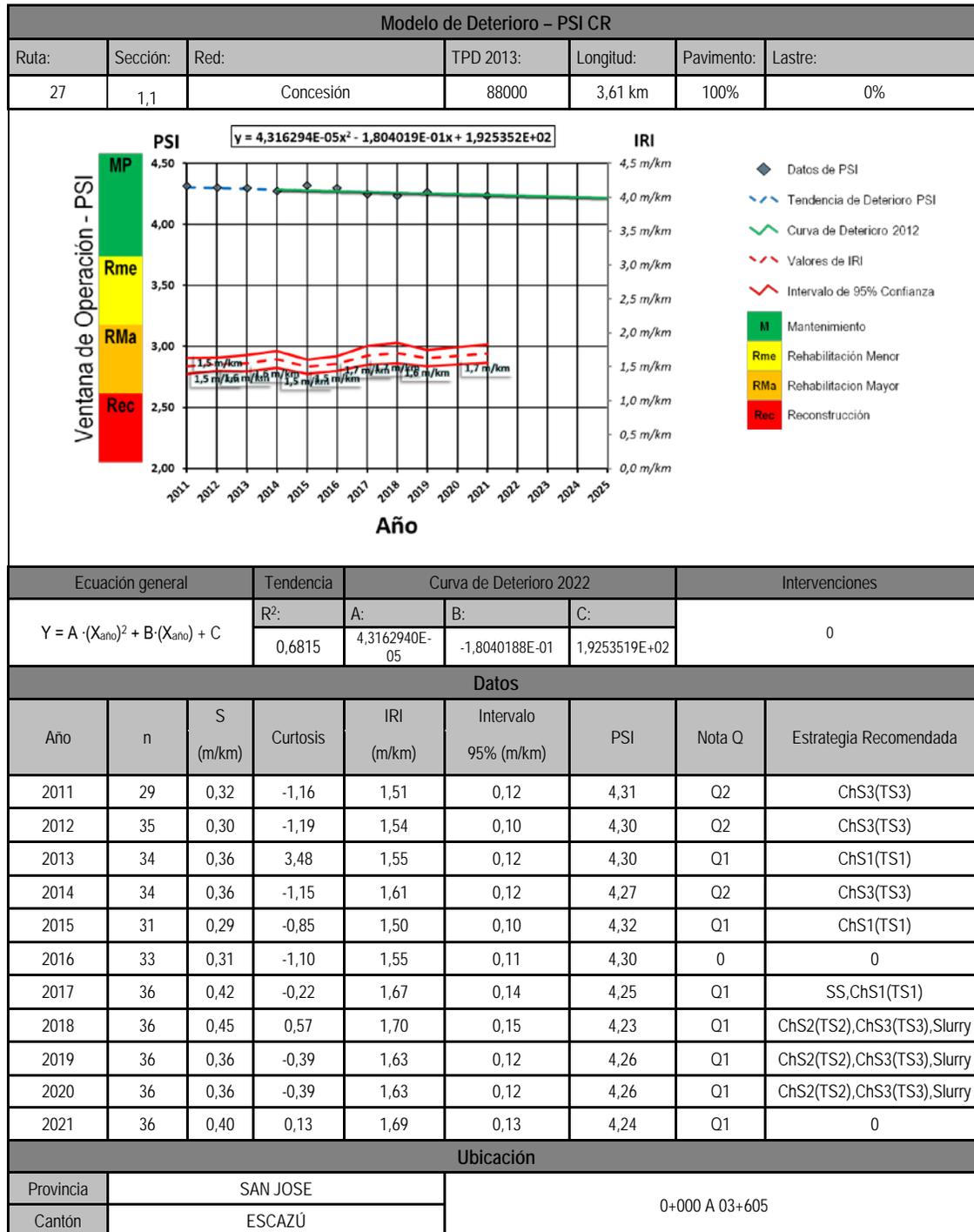
Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

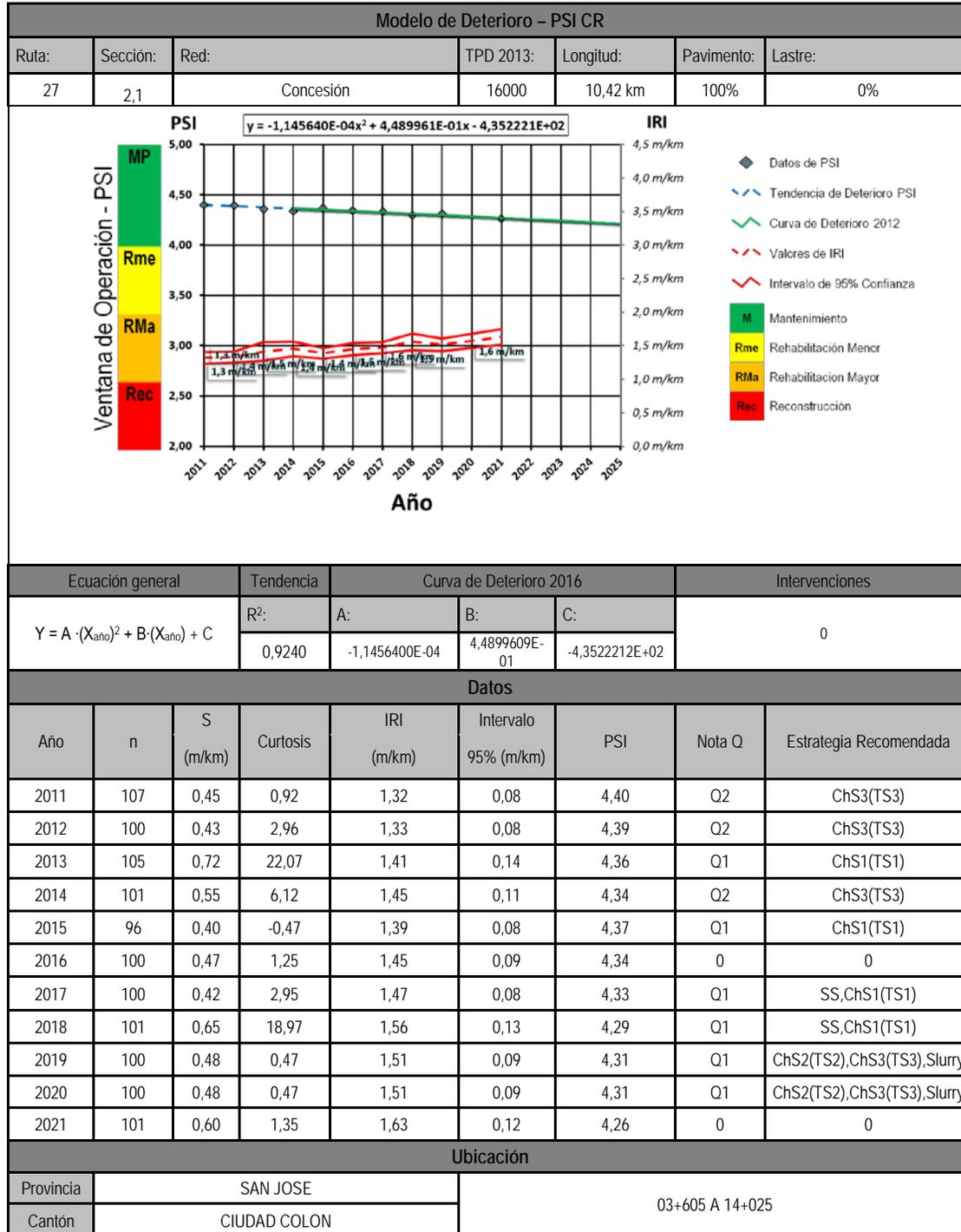
Página 183

Anexo VI Modelo de Deterioro para la Ruta Nacional 27 San José – Caldera



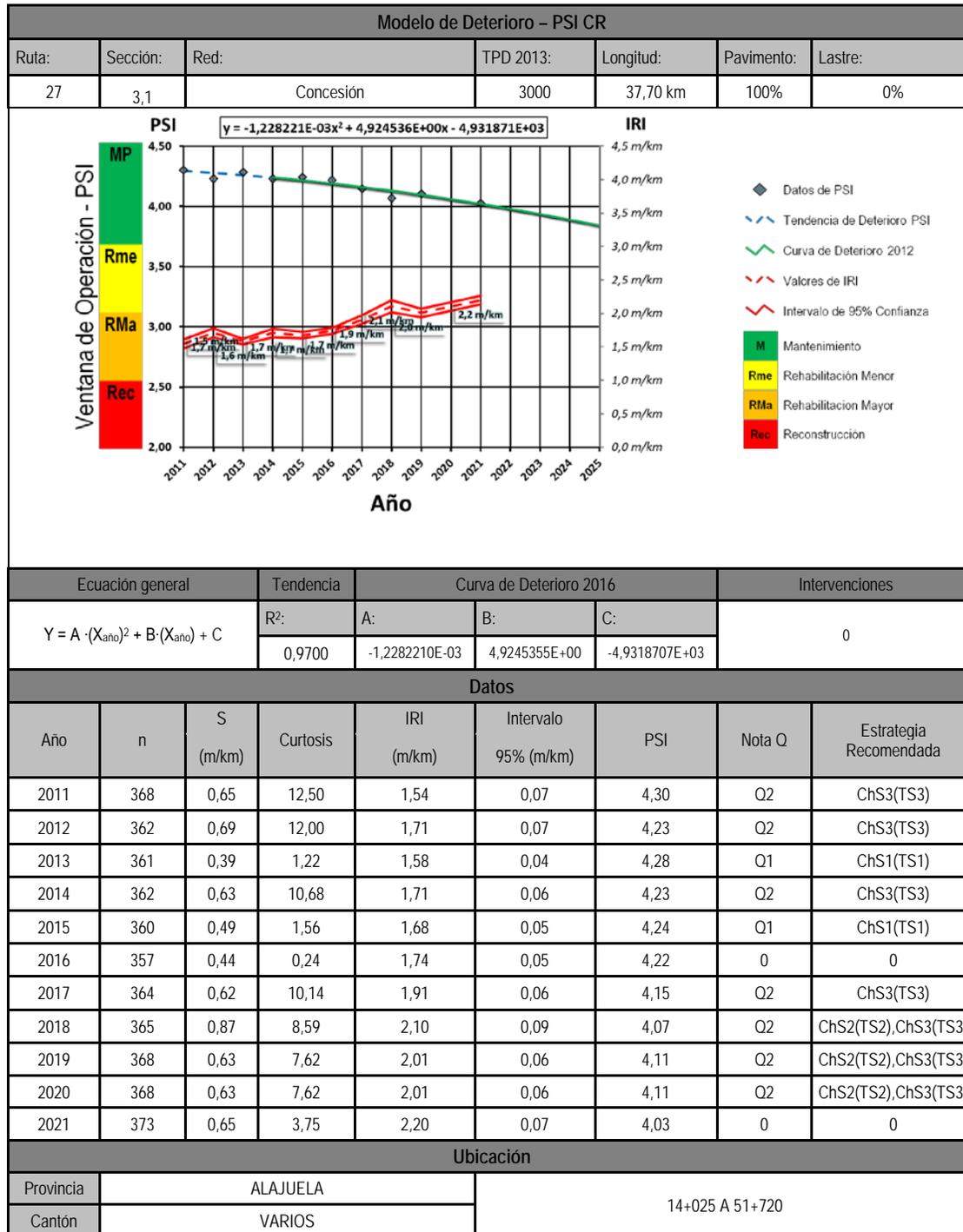
Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 184

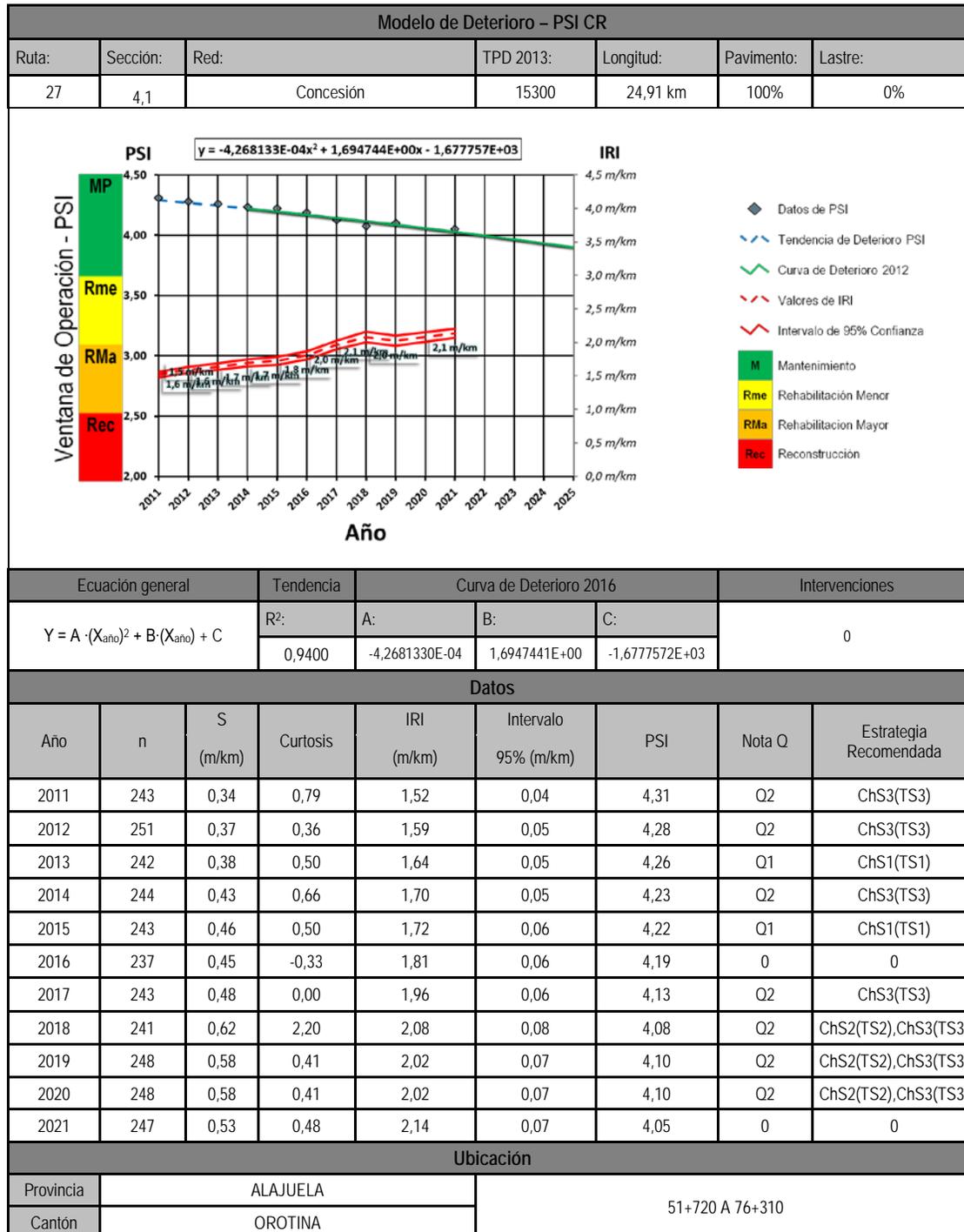


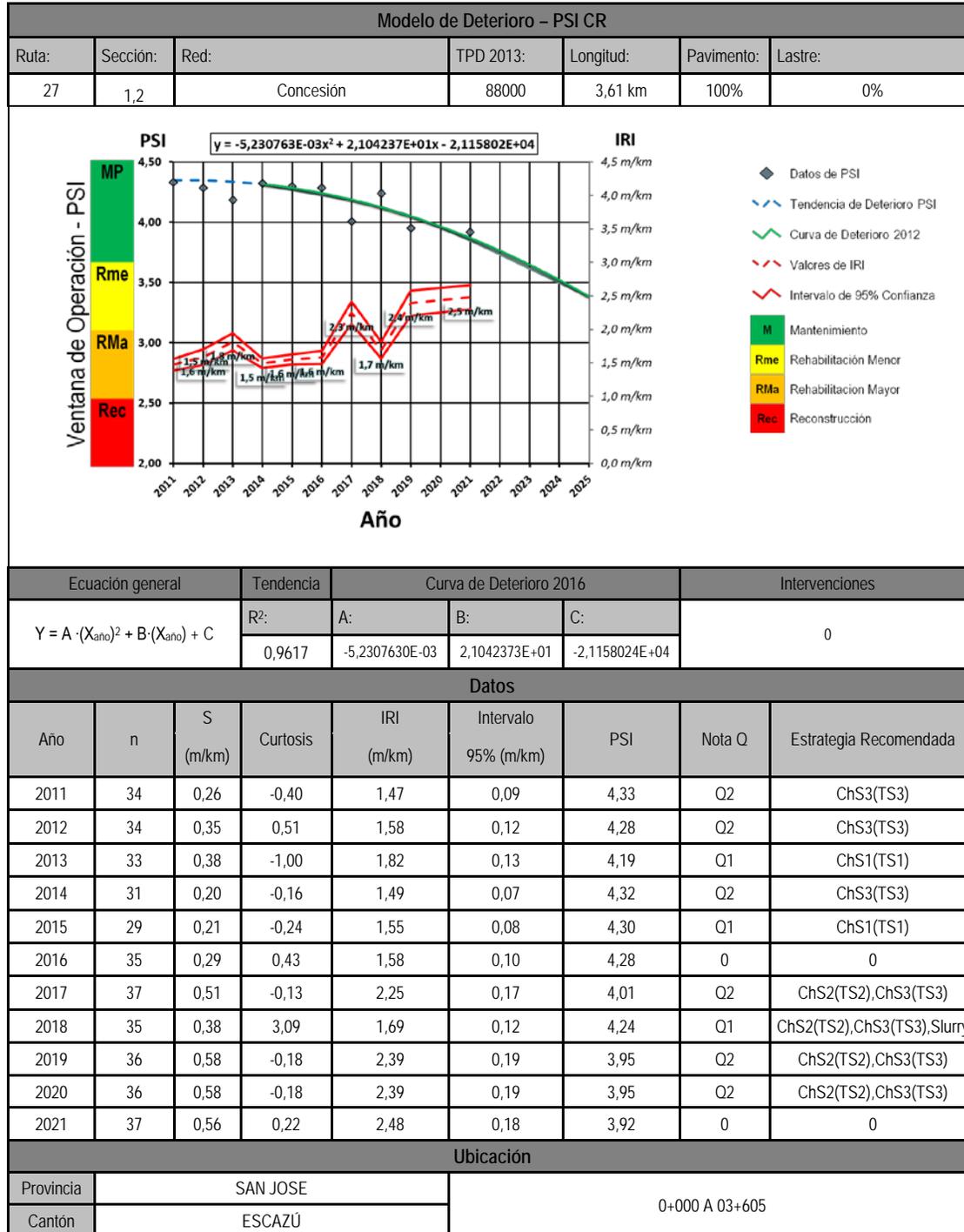


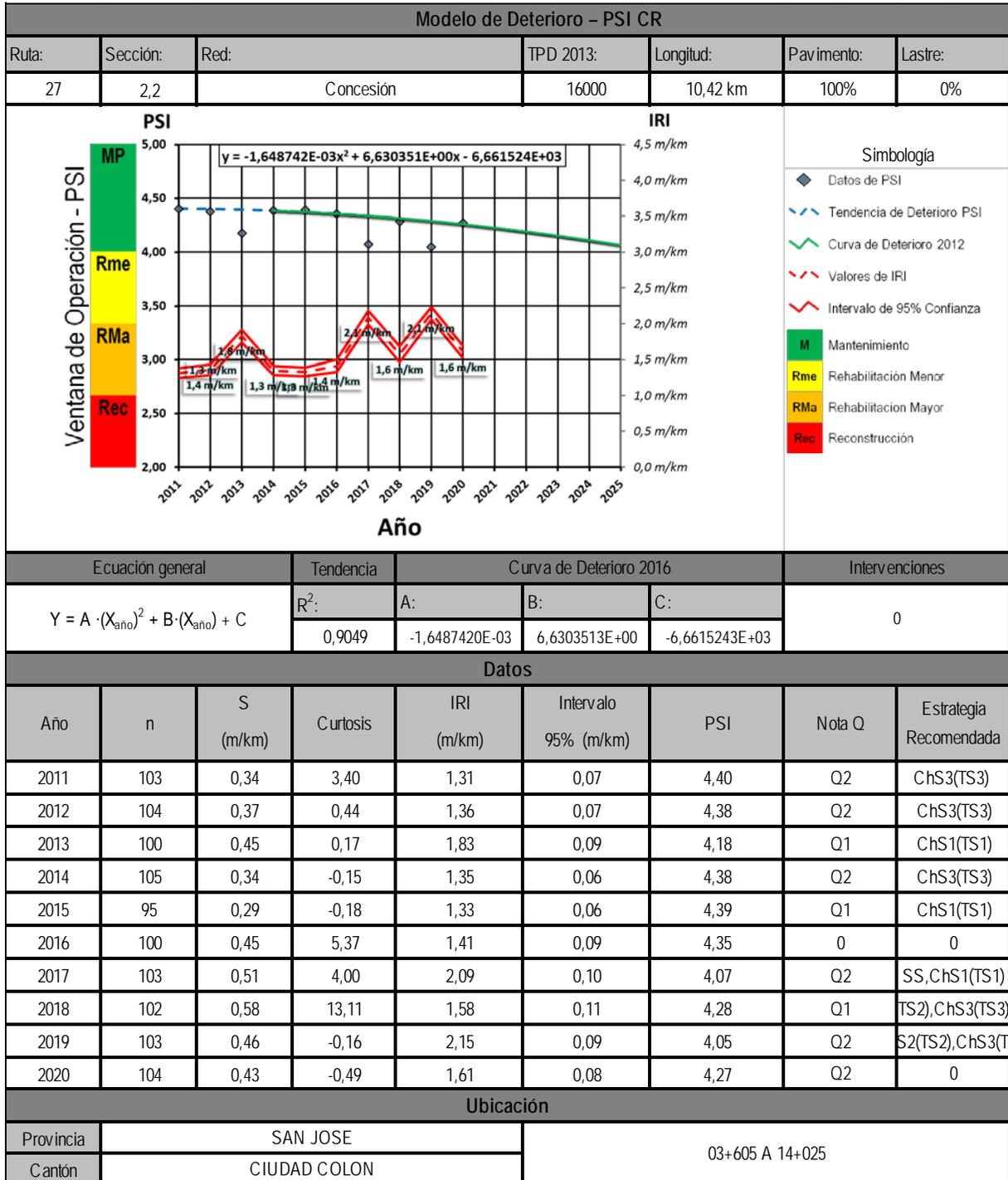


Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 186





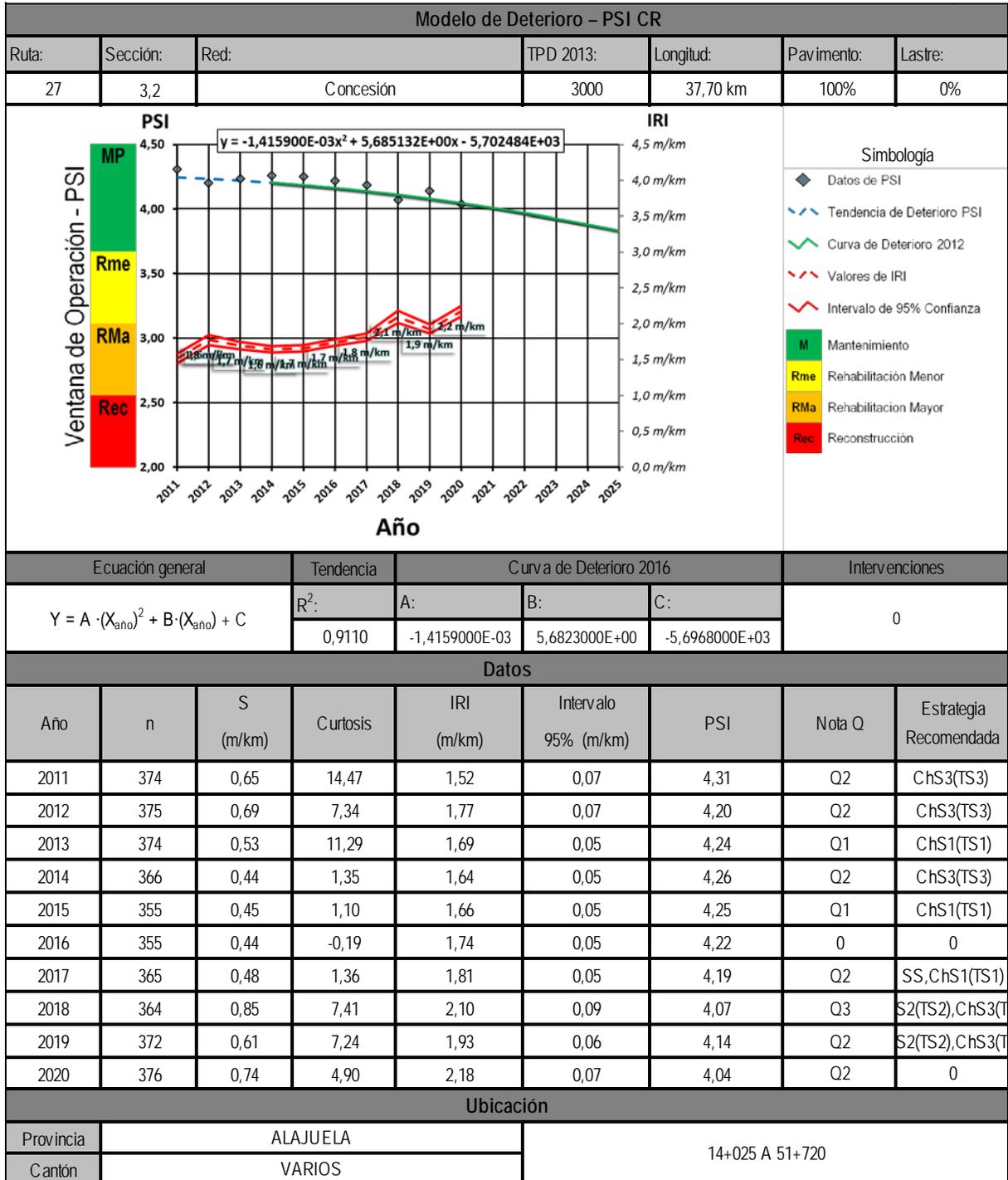


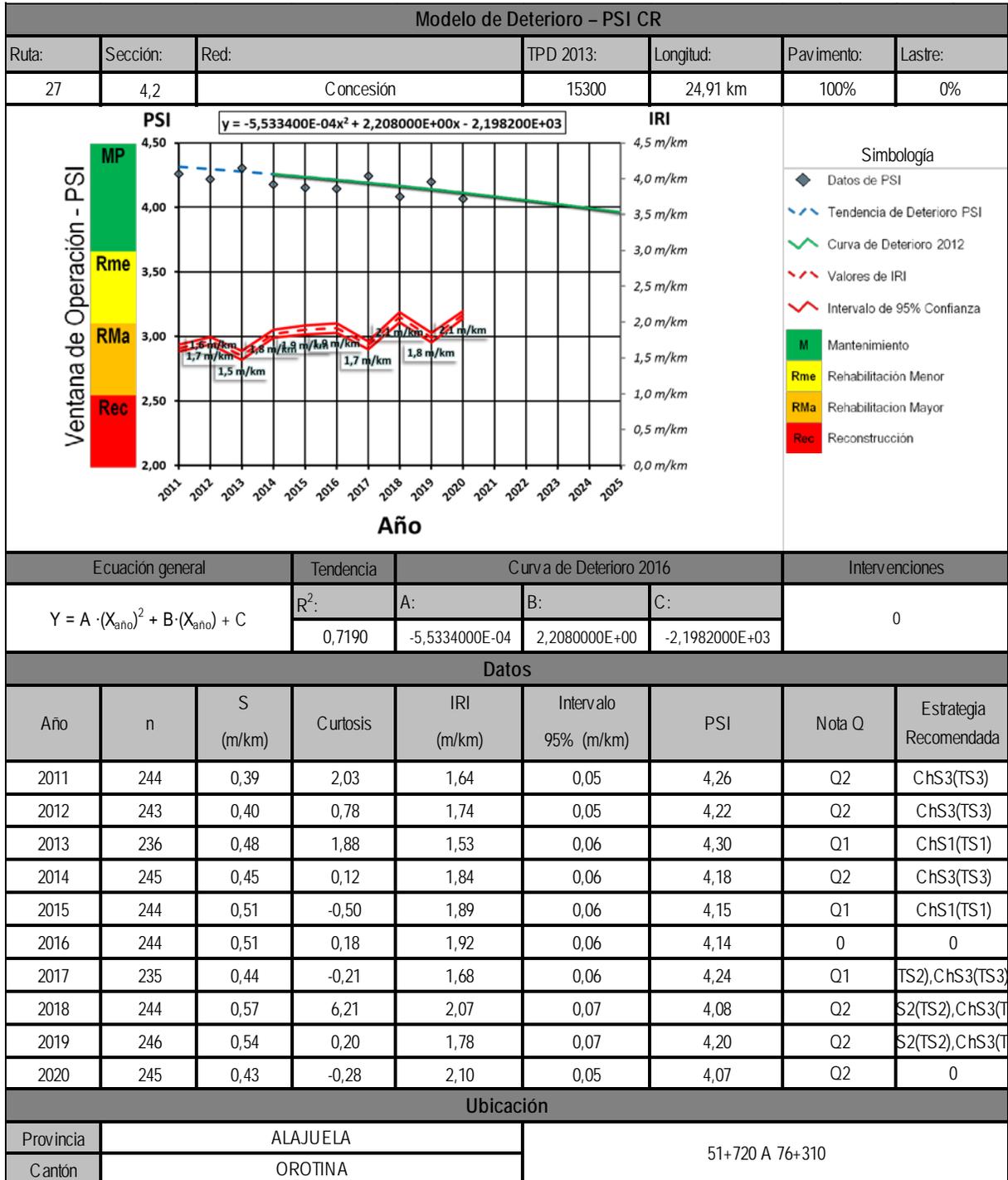




Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 190







UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 192

Anexo VII Deslizamientos históricos de la Ruta Nacional 27 San José – Caldera



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 193

Año	Mes	Día	Ubicación	Tipo de evento	Fotografías	Fuente
2010	02	22	47	Deslizamiento. Cierre de vía	No	La Nación. https://www.nacion.com/el-pais/empresa-no-descartamas-derrumbes-en-via-a-caldera/GHGNMRL7F5CF3PLOXYC6GQBOIA/story/
2010	02	NA	Entre Km 37-38	Caída de bloques	Sí	A.C.G.
2010	04	01	Entre Km 36 a 50	Deslizamiento, caída de rocas	No	La Nación. https://www.nacion.com/el-pais/servicios/lluvia-causa-otra-caida-de-rocas-en-via-a-caldera/OL5VLERQEFGZTJC3FUMMMYGPPM/story/
2010	05	23	28+850	Caída de rocas	No	CR-Hoy. https://archivo.crhoy.com/joven-que-perdio-vehiculo-por-piedra-en-ruta-27-responde-a-declaraciones-de-oscar-arias/nacionales/ y https://www.nacion.com/el-pais/servicios/deslizamientos-en-ruta-caldera-dejan-al-menos-tres-heridos/QYA44DDZ35FLZBH6BES7AQ6RAA/story/www.lateja.cr
2010	05	NA	45+200	Constante caída de bloques cm. LI	Sí	Asociación Costarricense de Geotecnia (A.C.G., 2010)
2010	05	NA	38+560	Deslizamiento. LD	Sí	A.C.G.
2010	NA	NA	48+400	Deslizamiento (caída bloques)	Sí	INF-PI-UGERVN-05-2014
2010	NA	NA	Radial Atenas. 1.93 km desde intersección sobre Ruta N. 27	Deslizamiento. LI y LD	Sí	INF-PI-UGERVN-05-2014
2011	NA	NA	37+640	Afectación talud, geotextil y malla metálica rotos, acumulación de material en la base. LD	Sí	LM-PI-UE-008-2011
2011	NA	NA	43+740	Afectación talud, desprendimientos del concreto lanzado que recubría el talud. LI	Sí	LM-PI-UE-008-2011
2011	NA	NA	45+220	Afectación talud, desprendimientos de concreto lanzado que recubría el talud, grietas, daño por hidrotermalismo. LI y LD	Sí	LM-PI-UE-008-2011
2011	NA	NA	44+800	Deslizamiento. LD	Sí	LM-PI-UE-008-2011
2011	NA	NA	46+050	Caída bloques (falta de revestimiento de concreto). LD	Sí	LM-PI-UE-008-2011
2011	09	01	46+250	Deslizamiento. Cierre de vía. LD	Sí	LM-PI-UE-008-2011
2011	NA	NA	47+700	Deslizamiento. LI	Sí	LM-PI-UE-008-2011
2011	NA	NA	21+400	Deslizamiento de talud. LI	Sí	INF-PITRA-010-2011
2011	NA	NA	28+350	Deslizamiento. LD	Sí	INF-PITRA-010-2011



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 194

Año	Mes	Día	Ubicación	Tipo de evento	Fotografías	Fuente
2011	NA	NA	33+050	Deslizamiento. LD	Sí	INF-PITRA-010-2011
2011	NA	NA	36+400	Deslizamiento. LD	Sí	INF-PITRA-010-2011
2011	NA	NA	37+200	Deslizamiento. LI	Sí	INF-PITRA-010-2011
2011	NA	NA	37+750	Deslizamiento. LD	Sí	INF-PITRA-010-2011
2011	NA	NA	38+500	Deslizamiento. LD	Sí	INF-PITRA-010-2011
2011	11	NA	46	Deslizamiento	Sí	INF-PITRA-010-2011
2011	11	NA	48+350	Deslizamiento	Sí	INF-PITRA-010-2011
2011	NA	NA	46+250	Deterioro del talud. DAR	Sí	INF-PITRA-010-2011
2012	06	22	47+500	Deterioro del talud y deslizamiento	Sí	LM-PI-UE-005-2012
2012	11	NA	36+400	Deslizamiento. LD	Sí	INF-PITRA-001-2013
2012	11	NA	37+600	Deslizamiento. LD	Sí	INF-PITRA-001-2013
2012	NA	NA	38+200	Deslizamiento. LD	Sí	INF-PITRA-001-2013
2012	NA	NA	38+200	Deslizamiento. LI	Sí	INF-PITRA-001-2013
2012	NA	NA	39+500	Deslizamiento. LD	Sí	INF-PITRA-001-2013
2012	NA	NA	44+950	Deslizamiento. LD	Sí	INF-PITRA-001-2013
2012	NA	NA	46+400	Grietas, humedad y desprendimiento de concreto lanzado	Sí	INF-PITRA-001-2013
2013	03	NA	30+000 a 30+050	Deslizamiento. LI	Sí	LM-PI-UGERVN-007-2013
2014	08	10	45-47	Caída de rocas	Sí	La Extra. https://www.diarioextra.com/Noticia/detalle/238502/piedras-cayeron-en-la-27 y https://www.diarioextra.com/Noticia/detalle/238462/piedras-caen-sobre-carros-sin-causar-heridos-en-ruta-27
2014	09	14	18	Desbordamiento de agua	Sí	CR-Hoy. https://archivo.crhoy.com/ruta-27-con-paso-regulado-por-desborde-de-agua-en-cunetas/ Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=pgthFPvBu7k
2014	09	14	Salida km 19	Deslizamiento (a 4 s de golpear moto). LD	Sí	CR-Hoy.com (17 sept 2014)
2014	11	NA	38+700	Deslizamiento	Sí	INF-PI-UGERVN-14-2014
2014	11	NA	37+500	Deslizamiento (caída rocas). LD	Sí	INF-PI-UGERVN-14-2014



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 195

Año	Mes	Día	Ubicación	Tipo de evento	Fotografías	Fuente
2014	11	NA	40+700	Deslizamiento (bloqueo total). LD y LI	Sí	INF-PI-UGERVN-05-2016 La Nación. https://www.nacion.com/el-pais/infraestructura/paso-en-ruta-27-sigue-cerrado-por-derrumbe/d0802cd0-c3cb-4295-9b9d-e12eeebd7d1f/video/
2015	06	04	45	Deslizamiento (bloqueo total)	Sí	El País. https://www.elpais.cr/2015/06/03/ruta-27-se-desploma-de-nuevo-y-permanecera-cerrada-hasta-este-jueves/
2015	08	09	38+600	Deslizamiento (DAR). LD y LI	Sí	LM-PI-UGERVN-008-2015
2015	NA	NA	37+500	Deslizamiento (caída rocas). LD	Sí	INF-PI-UGERVN-05-2016
2016	NA	NA	38+600	Sedimento y bloques en cuneta. LD	Sí	INF-PI-UGERVN-04-2017
2016	NA	NA	45+300	Deslizamiento (caída rocas y suelo). Ambos lados. LD y LI	Sí	INF-PI-UGERVN-04-2017
2016	10	19	28+700	Deslizamiento, caída de rocas	No	Repretel. https://www.repretel.com/noticia/derrumbe-provoco-colapso-vial-en-ruta-27/
2017	09	16	46+700	Deslizamiento (línea férrea afectada también) [Onda Tropical 40]. LD	Sí	INF-PI-UGERVN-12-2018
2017	NA	NA	44+400	Deslizamiento. LD	Sí	INF-PI-UGERVN-12-2018
2017	NA	NA	47+000	Bloques en cuneta. LI	Sí	INF-PI-UGERVN-12-2018
2018	07	18	75+900	Desprendimiento bloque métrico	Sí	CR-Hoy. https://www.crhoy.com/nacionales/presas-kilometricas-en-puntarenas-la-tarde-de-este-viernes/
2018	NA	NA	47+000	Cuneta obstruida. LI	Sí	INF-PI-UGERVN-01-2019
2019	NA	NA	73+000	Caída de bloques en cuneta. Barrera. NJ	Sí	INF-PI-UGERVN-12-2020
2020	06	11	16+800	Deslizamiento, estrechamiento carril. LD	Sí	Mundo Villa Colón. https://www.mundovillacoln.com/index.php/noticias-villa-colon/1054-deslizamientos-en-ruta-27-provoca-estrechamiento-de-carril
2020	11	04	38+600	Deslizamiento. Cierre de vía [tormenta ETA]	Sí	EIC-Lanamme-INF-0140-2021
2020	11	05	3	Deslizamiento. LI	Sí	Mundo Escazu. https://www.youtube.com/watch?v=wbmPVeTn9Sc
2020	11	05	31	Deslizamiento. Cierre del paso	N/A	RutaAltern.org
2020	11	05	53	Deslizamiento. Cierre del paso	N/A	RutaAltern.org
2020	11	10	40+800	Deslizamiento. Cierre de vía impacta camión. LD	Sí	EIC-Lanamme-INF-0140-2021
2021	03	07	75+900	Desprendimiento bloque métrico	Sí	EIC-Lanamme-INF-0140-2021
2022	5	10	46+400	Deslizamiento. Cierre de vía. Un furgón, tres vehículos	Sí	CR-Hoy. https://www.crhoy.com/nacionales/fotos-enormes-piedras-caen-en-ruta-27-e-impactan-trailer/



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 196

Año	Mes	Día	Ubicación	Tipo de evento	Fotografías	Fuente
				afectados. Personas heridas		
2022	6	15	30+200	Deslizamiento de suelo, material bloqueó cuneta y agua inundó puente sobre Río Grande	Sí	CR-Hoy. https://www.crhoy.com/nacionales/video-armese-de-paciencia-inundacion-complica-paso-por-puente-en-ruta-27/
2022	6	24	30+200	Deslizamiento de suelo, material bloqueó cuneta y agua inundó puente sobre Río Grande	Sí	CR-Hoy. https://www.crhoy.com/nacionales/video-fuertes-lluvias-provocan-inundaciones-y-colapso-vehicular-en-ruta-27/