



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Programa de Infraestructura del Transporte PITRA

Informe: INF – PI – UGERVN – 01 – 2019

Informe de Evaluación del Proyecto San José – Caldera Ruta Nacional 27 Años 2018 - 2019

Informe Final

Preparado por:

Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional
LanammeUCR

San José, Costa Rica

Agosto, 2019



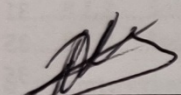
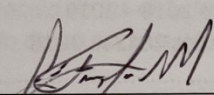
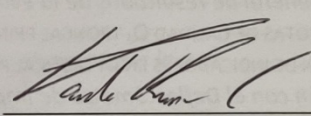
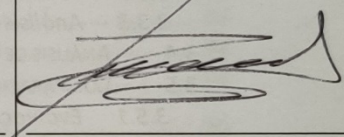
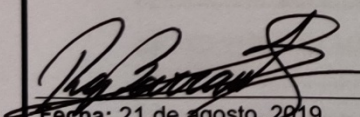
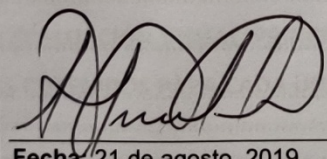
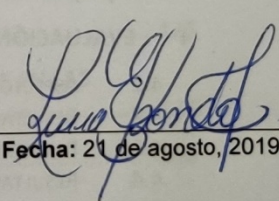
1. Informe INF-PI-UGERVN-01-2019		2. Copia No.1	
3. Título Informe de Evaluación del Proyecto San José – Caldera Ruta Nacional 27, Años 2017 - 2018		4. Fecha del Informe Agosto 2019	
5. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad 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.</i>			
8. Palabras clave Ruta 27, taludes, pavimentos, gestión, deslizamientos, deterioros, PSI, modelos		9. Nivel de seguridad: Alto	10. Núm. de páginas 176
11. Ejecución del proyecto: Ing. Cristian Valverde C. M.Sc. UGERVN	12. Colaboradores Ing. José Francisco Garro M., M.Sc, PMP® UGERVN	Geólogo Paulo Ruiz C., Ph.D. UGERVN	Ing. Ronald Naranjo Umaña, PMP® UGERVN
 Fecha: 21 de agosto, 2019	 Fecha: 21 de agosto, 2019	 Fecha: 21 de agosto, 2019	 Fecha: 21 de agosto, 2019
13. Diseño de proyecto: Ing. Roy Barrantes Jiménez M.Sc, PMP® Coordinador UGERVN	14. Revisado por: Lic. Miguel Chacón A. Asesor Legal		15. Aprobado por: Inga. Ana Luisa Elizondo Salas Coordinadora PITRA
 Fecha: 21 de agosto, 2019	 Fecha: 21 de agosto, 2019		 Fecha: 21 de agosto, 2019



TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	10
1 INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....	11
2 OBJETIVOS DE LA EVALUACIÓN DEL PROYECTO EN CONCESIÓN SAN JOSÉ – CALDERA, AÑOS 2018 - 2019 13	
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3 RESULTADOS OBTENIDOS DE LA EVALUACIÓN, AÑOS 2018 – 2019	14
3.1 CAPACIDAD ESTRUCTURAL, DEFLEXIONES OBTENIDAS MEDIANTE EL FWD, TRONCAL PRINCIPAL	14
3.1.1 <i>Equipo utilizado y criterios de clasificación</i>	<i>14</i>
3.1.2 <i>Resultados obtenidos, mes de septiembre del 2018.....</i>	<i>16</i>
3.1.3 <i>Análisis general de resultados de la evaluación de la capacidad estructural con el ensayo de deflectometría</i>	<i>19</i>
3.2 CAPACIDAD FUNCIONAL, CONDICIÓN SEGÚN REGULARIDAD SUPERFICIAL (IRI), TRONCAL PRINCIPAL.....	19
3.2.1 <i>Equipo utilizado y criterios de clasificación</i>	<i>19</i>
3.2.2 <i>Resultados del Índice de Regularidad Internacional (IRI)</i>	<i>20</i>
3.2.3 <i>Análisis general de resultados de la evaluación de la capacidad funcional con el Perfilómetro Láser. 23</i>	<i>23</i>
3.3 RESULTADOS OBTENIDOS DEL COEFICIENTE DE ROZAMIENTO DE PAVIMENTOS, TRONCAL PRINCIPAL	23
3.3.1 <i>Equipo utilizado y criterios de clasificación</i>	<i>23</i>
1.1.a.1 <i>Grip Tester (Figura 9).</i>	<i>23</i>
1.1.a.2 <i>Mu Meter (Figura 10).....</i>	<i>24</i>
3.3.2 <i>Resultados de coeficiente de rozamiento con el GripTester y MuMeter</i>	<i>25</i>
3.3.3 <i>Análisis general de resultados de la evaluación de la resistencia al deslizamiento.....</i>	<i>29</i>
3.4 ANÁLISIS DE NOTAS DE CALIDAD Q, TRONCAL PRINCIPAL, AÑOS 2018 – 2019	31
3.5 COMPARACIÓN DE INDICADORES EN LA TRONCAL PRINCIPAL, AÑOS 2012 AL 2018.....	35
3.5.1 <i>Evaluación con el Deflectómetro de Impacto</i>	<i>35</i>
3.5.2 <i>Evaluación con el Perfilómetro Láser.....</i>	<i>36</i>
3.5.3 <i>Evaluación con el medidor del coeficiente de rozamiento superficial</i>	<i>37</i>
3.6 COMPARACIÓN DE LAS NOTAS Q OBTENIDAS PARA LA RUTA 27, AÑOS 2012 AL 2018	38
3.7 ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL. EVALUACIONES REALIZADAS EN JULIO DEL 2018.....	41
3.7.1 <i>Equipo utilizado y criterios de clasificación</i>	<i>41</i>
3.7.2 <i>Resumen de resultados de la evaluación visual de deterioros superficiales.....</i>	<i>41</i>
3.7.3 <i>Comparación de resultados entre los años 2014 - 2018 de la evaluación visual de deterioros superficiales.</i>	<i>45</i>
4 EVALUACIÓN DE LAS RADIALES	50
4.1 ASPECTOS GENERALES	50
4.2 RESULTADOS OBTENIDOS: CAPACIDAD ESTRUCTURAL.....	51
4.3 RESULTADOS OBTENIDOS: CONDICIÓN FUNCIONAL	52
4.4 RESULTADOS OBTENIDOS: COEFICIENTE DE FRICCIÓN	52
4.5 NOTAS DE CALIDAD Q PARA LAS RADIALES	54
4.6 RESULTADOS OBTENIDOS: ANÁLISIS DE DETERIOROS SUPERFICIALES.....	55
4.7 COMPARACIÓN DE LA CONDICIÓN DE LAS RADIALES, CAMPAÑAS 2013 – 2018	56
4.7.1 <i>Evaluación con el deflectómetro de impacto.....</i>	<i>56</i>
4.7.2 <i>Evaluación con el perfilómetro láser superficial</i>	<i>60</i>



4.7.3	Evaluación con el medidor del coeficiente de rozamiento superficial.....	65
4.7.4	Evaluación visual de Deterioro Superficial.....	68
5	MODELOS DE DETERIORO.....	72
5.1	APLICACIÓN DEL MODELO DE DETERIORO.....	72
5.2	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	77
6	CONDICIONES GEOTÉCNICAS Y SISTEMAS DE DRENAJE	79
6.1	EVALUACIÓN TALUD EN PK 37+500.....	79
6.2	EVALUACIÓN TALUD EN PK 38+600.....	81
6.3	EVALUACIÓN TALUD EN PK 47+000.....	84
6.4	EVALUACIÓN TALUD EN PK 48+000.....	88
6.5	EVALUACIÓN TALUD EN PK 73+000.....	88
7	CONCLUSIONES	90
7.1	CONCLUSIÓN GENERAL	90
7.2	CONCLUSIONES ESPECÍFICAS	91
7.2.1	Sobre la condición estructural	91
7.2.2	Sobre la condición funcional.....	92
7.2.3	Sobre la resistencia al deslizamiento como parámetro de seguridad vial.....	92
7.2.4	Sobre los deterioros superficiales de la mezcla asfáltica.....	92
7.2.5	Sobre las notas de calidad y las estrategias de intervención.....	93
7.2.6	Sobre los Modelos de Deterioro.....	93
7.2.7	Sobre las condiciones geotécnicas y sistemas de drenaje	93
8	RECOMENDACIONES	94
8.1.1	Sobre la evaluación funcional, estructural, resistencia al deslizamiento y de deterioro superficial del proyecto	94
8.1.2	Sobre la evaluación de las radiales.....	94
8.1.3	Sobre el estado de los taludes y terraplenes adyacentes a la ruta.....	94
9	BIBLIOGRAFÍA.....	96
	AGRADECIMIENTOS	99
	ANEXO I: RESULTADOS OBTENIDOS CON EL DEFLECTÓMETRO DE IMPACTO	100
	ANEXO II: RESULTADOS OBTENIDOS PERFILÓMETRO LÁSER.....	105
	ANEXO III: RESULTADOS OBTENIDOS MEDIDOR DE AGARRE SUPERFICIAL.....	110
	ANEXO IV: RESULTADOS OBTENIDOS NOTAS DE CALIDAD Q	119
	ANEXO V: RESULTADO EVALUACIÓN VISUAL. PRINCIPALES DETERIOROS EN PAVIMENTO	125
	ANEXO VI RESULTADOS OBTENIDOS PARA CADA UNO DE LOS PARÁMETROS EVALUADOS EN LAS RADIALES.....	146
	ANEXO VII MODELO DE DETERIORO PARA LA RUTA NACIONAL 27 SAN JOSÉ - CALDERA	168



ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: DIAGRAMA DE LA EVALUACIÓN DEL PROYECTO SAN JOSÉ – CALDERA RUTA 27, AÑOS 2018 - 2019	12
FIGURA 2: ESTADO GENERAL DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL POR MEDIO DE DEFLEXIONES EN SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA, CAMPAÑA 2018-2019	16
FIGURA 3: UBICACIÓN DE ALGUNOS TRAMOS CON DEFLEXIONES MODERADOS Y ALTAS, SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA.	17
FIGURA 4: ESTADO GENERAL DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ, SEGÚN LOS VALORES DE DEFLEXIÓN FWD OBTENIDOS, CAMPAÑA 2018-2019	18
FIGURA 5: UBICACIÓN DE ALGUNOS TRAMOS CON DEFLEXIONES ALTAS, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ.	18
FIGURA 6: RESULTADOS OBTENIDOS EN EL PARÁMETRO <i>IRI</i> , SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA	20
FIGURA 7: RESULTADOS OBTENIDOS EN EL PARÁMETRO <i>IRI</i> , SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ	21
FIGURA 8: UBICACIÓN DE TRAMOS CON UN <i>IRI</i> ENTRE MODERADO Y BAJO.	22
FIGURA 9: GRIP TESTER.....	23
FIGURA 10: MU METER	24
FIGURA 11: RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE A) <i>GRIP TESTER</i> Y B) <i>MUMETER</i>	26
FIGURA 12: RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE A) <i>GRIP TESTER</i> Y B) <i>MU METER</i>	27
FIGURA 13: UBICACIÓN DE TRAMOS CON VALORES DE FRICCIÓN DE POCO DESLIZANTE A MUY DESLIZANTE.	28
FIGURA 14: UBICACIÓN DE TRAMOS CON VALORES DE FRICCIÓN QUE CUMPLEN O INCUMPLEN CON EL CONTRATO.	30
FIGURA 15: DISTRIBUCIÓN DE LAS NOTAS DE CALIDAD Q PARA LA TRONCAL PRINCIPAL. A) SAN JOSÉ – CALDERA, B) CALDERA – SAN JOSÉ	32
FIGURA 16: UBICACIÓN DE TRAMOS CON NOTAS DE CALIDAD ENTRE Q1 – Q6, Y R1.	33
FIGURA 17: DISTRIBUCIÓN DE LAS LABORES DE REHABILITACIÓN EN PORCENTAJES, EN LA TRONCAL PRINCIPAL, A) SAN JOSÉ – CALDERA, B) CALDERA – SAN JOSÉ.	34
FIGURA 18: RESULTADOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN DE LAS DEFLEXIONES DEL PAVIMENTO.....	35
FIGURA 19: RESULTADOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN DE LAS REGULARIDADES SUPERFICIALES DEL PAVIMENTO	36
FIGURA 20: RESULTADOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN DE LAS REGULARIDADES SUPERFICIALES DEL PAVIMENTO PARA LAS CAMPAÑAS 2012 AL 2018, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ DE LA RUTA NACIONAL 27	37
FIGURA 21: RESULTADOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN DEL NIVEL DE DESLIZAMIENTO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO PARA LAS CAMPAÑAS 2012 AL 2018, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA DE LA RUTA NACIONAL 27	37
FIGURA 22: RESULTADOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN DEL NIVEL DE DESLIZAMIENTO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO PARA LAS CAMPAÑAS 2012 AL 2018, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ DE LA RUTA NACIONAL 27	38
FIGURA 23: RESULTADOS OBTENIDOS EN LA COMPARACIÓN DE NOTAS Q PARA LAS CAMPAÑAS 2012 AL 2018. A) SAN JOSÉ – CALDERA, B) CALDERA – SAN JOSÉ	39
FIGURA 24: RESULTADOS OBTENIDOS EN LA COMPARACIÓN DE ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN PARA LAS CAMPAÑAS 2012 AL 2018. A) SAN JOSÉ – CALDERA, B) CALDERA – SAN JOSÉ	40
FIGURA 25: RESULTADOS DE DETERIOROS, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA.....	42
FIGURA 26: RESULTADOS DE DETERIOROS, SENTIDO CALDERA - SAN JOSÉ.	43
FIGURA 27: UBICACIÓN DE TRAMOS CON PRESENCIA DE EXUDACIÓN. A) SAN JOSÉ - CALDERA, B) CALDERA - SAN JOSÉ.....	44
FIGURA 28: COMPARACIÓN DETERIORO SUPERFICIAL 2014 AL 2018 EN EL SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA.	46
FIGURA 29 CANTIDAD DE DETERIORO ENTRE EL 2014 AL 2018 EN EL SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA.	47
FIGURA 30: COMPARACIÓN DETERIORO SUPERFICIAL 2014 AL 2018 EN EL SENTIDO CALDERA - SAN JOSÉ.	48
FIGURA 31: COMPARACIÓN DETERIORO SUPERFICIAL 2014 AL 2018 EN EL SENTIDO CALDERA - SAN JOSÉ.	49
FIGURA 32: UBICACIÓN DE LAS RADIALES EN LA RUTA NACIONAL 27.....	50
FIGURA 33: RESULTADOS OBTENIDOS CON EL DEFLECTÓMETRO DE IMPACTO, PARA LAS RADIALES DE LA RUTA 27, EN PORCENTAJES PARA CADA CATEGORÍA.	51
FIGURA 34: RESULTADOS OBTENIDOS CON EL PERFILÓMETRO LÁSER, PARA LAS RADIALES.....	52
FIGURA 35: RESULTADOS OBTENIDOS CON EL GRIP TESTER, PARA LAS RADIALES DEL PROYECTO CONCESIONADO,	53
FIGURA 36: RESULTADOS OBTENIDOS CON EL MU-METER, PARA LAS RADIALES DE LA RUTA 27, EN PORCENTAJES.....	53
FIGURA 37: NOTAS Q PARA LAS RADIALES.	54
FIGURA 38: DISTRIBUCIÓN DE DETERIOROS EN LAS RADIALES CON ÁREA DETERIORADA POR RADIAL, RUTA NACIONAL 27.....	55



FIGURA 39: COMPARATIVO DEFLEXIONES DE RADIA EL COYOL AÑOS 2013-2018.....	57
FIGURA 40: COMPARATIVO DEFLEXIONES DE RADIAL TURRÚCARES AÑOS 2013-2018.....	58
FIGURA 41: COMPARATIVO DEFLEXIONES DE RADIAL ATENAS AÑOS 2013-2018.....	59
FIGURA 42: COMPARATIVO DEFLEXIONES DE RADIAL ESCOBAL AÑOS 2013-2018	60
FIGURA 43: COMPARATIVO REGULARIDAD SUPERFICIAL DE RADIAL EL COYOL AÑOS 2013-2018	61
FIGURA 44: COMPARATIVO REGULARIDAD SUPERFICIAL DE RADIAL TURRÚCARES AÑOS 2013-2018	62
FIGURA 45: COMPARATIVO REGULARIDAD SUPERFICIAL DE RADIAL ATENAS AÑOS 2013-2018	63
FIGURA 46: COMPARATIVO REGULARIDAD SUPERFICIAL DE RADIAL ESCOBAL AÑOS 2013-2018.....	64
FIGURA 47: COMPARATIVO COEFICIENTE DE ROZAMIENTO SUPERFICIAL (GRIPTESTER) RADIAL EL COYOL 2013-2018	65
FIGURA 48: COMPARATIVO COEFICIENTE DE ROZAMIENTO SUPERFICIAL (GRIPTESTER) RADIAL TURRUCARES 2013-2018.....	66
FIGURA 49: COMPARATIVO COEFICIENTE DE ROZAMIENTO SUPERFICIAL (GRIPTESTER) RADIAL ATENAS 2013-2018.....	67
FIGURA 50: COMPARATIVO COEFICIENTE DE ROZAMIENTO SUPERFICIAL (GRIPTESTER) RADIAL ESCOBAL 2013-2018	68
FIGURA 51: CONDICIÓN SUPERFICIAL EN RADIAL EL COYOL	69
FIGURA 52: CONDICIÓN SUPERFICIAL EN RADIAL TURRUCARES	70
FIGURA 53: CONDICIÓN SUPERFICIAL EN RADIAL ATENAS	71
FIGURA 54: EJEMPLO DE CURVA OBTENIDA A PARTIR DE LOS DATOS DEL PSI	73
FIGURA 55: GRÁFICA EJEMPLO PSI VS AÑO, E IRI VS AÑO.....	73
FIGURA 56: MODELO DE DETERIORO PARA EL TRAMO 1, SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA.	75
FIGURA 57: MODELO DE DETERIORO PARA EL TRAMO 3, SENTIDO CALDERA - SAN JOSÉ.	76
FIGURA 58: CONCEPTO DEL PSI, Y EL RESPECTIVO CAMBIO DEL VALOR CON EL TIEMPO PARA UN PAVIMENTO (LÍNEA NEGRA), CONTRA VALORES UMBRAL (LÍNEAS HORIZONTALES).....	77
FIGURA 59: PK 37+500 INTERVENCIÓN EN EJECUCIÓN EN EL TALUD DE CORTE.	80
FIGURA 60: MODELO DE ELEVACIÓN DIGITAL CON INFORMACIÓN DE LAS PENDIENTES DE LOS TALUDES EN EL ESTACIONAMIENTO KM 38+600	82
FIGURA 61: TALUD INTERVENIDO, PK 38+600. A) SUELO ACUMULADO EN LA MALLA METÁLICA. B) DETERIORO OBSERVADO EN LOS CABLES METÁLICOS DE REFUERZO Y ANCLAJES.....	83
FIGURA 62: AGRIETAMIENTO PK38+600. SE OBSERVAN LAS GRIETAS QUE CORTAN EL CONCRETO EN VARIOS SENTIDOS DEBIDO AL DRENAJE ÁCIDO DE ROCAS.	84
FIGURA 63: PK 47+000 MODELO DE ELEVACIÓN DIGITAL DE LAS PENDIENTES.....	85
FIGURA 64: PK 47+000 A) AGRIETAMIENTO INTENSO EN LA BASE DEL TALUD B) GRIETA VERTICAL DE C) VISTA FRONTAL DE UNO DE LOS SECTORES AFECTADOS POR EL AGRIETAMIENTO DEL CONCRETO.....	86
FIGURA 65: PK 47+000 A) PÉRDIDA DE UN TRAMO DE LA CONTRACUNETA. B) TRAMO DE CUNETA OBSTRUIDO POR LA CAÍDA DEL MATERIAL AFECTADO POR EL DAR. C) SECTORES MÁS AFECTADO POR EL D.A.R.....	87
FIGURA 66: PK 48+000 MODELO DE ELEVACIÓN DIGITAL CON INFORMACIÓN DE LAS PENDIENTES DE LOS TALUDES	88
FIGURA 67: PK 73 +000 SE OBSERVA MATERIAL CAÍDO Y QUE SATURA LA CUNETA AL PIE DEL TALUD.....	89

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 RANGOS DE DEFLEXIÓN, UTILIZADOS PARA CLASIFICAR LOS DATOS DE DEFLECTOMETRÍA DEL PROYECTO.....	16
TABLA 2 DEFLEXIONES FWD OBTENIDAS PARA EL SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA, CAMPAÑA 2018-2019	16
TABLA 3 DEFLEXIONES FWD OBTENIDAS PARA EL SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ, CAMPAÑA 2018-2019	17
TABLA 4 RANGOS DE CLASIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI)	19
TABLA 5 RESULTADOS OBTENIDOS EN REGULARIDAD SUPERFICIAL, RUTA 27	20
TABLA 6 CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL DEL PAVIMENTO SEGÚN EL GN	24
TABLA 7 RESULTADOS OBTENIDOS CON EL GRIPTESTER	25
TABLA 8. RANGO DE APLICACIÓN DEL MODELO PARA EL CÁLCULO DEL PSI COSTA RICA.....	72
TABLA 9 SECCIONES DE CONTROL	72
TABLA 10 AÑO EN EL QUE EL PSI ALCANZA EL VALOR DE 3,0 (UMBRAL DE REHABILITACIÓN MAYOR)	78



ÍNDICE DE FIGURAS ANEXO

FIGURA A1 1 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 0+000 - 20+000.....	101
FIGURA A1 2 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 20+000 - 40+000.....	101
FIGURA A1 3 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 40+000 - 60+000.....	102
FIGURA A1 4 : RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 60+000 - 76+000.....	102
FIGURA A1 5 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 0+000 - 20+000.....	103
FIGURA A1 6 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 20+000 - 40+000.....	103
FIGURA A1 7 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 40+000 - 60+000.....	104
FIGURA A1 8 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 60+000 - 76+000.....	104
FIGURA A2 1 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 0+000 - 20+000	106
FIGURA A2 2 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 20+000 - 40+000.....	106
FIGURA A2 3 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 40+000 - 60+000.....	107
FIGURA A2 4 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 60+000 - 76+000.....	107
FIGURA A2 5 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 0+000 - 20+000	108
FIGURA A2 6 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 20+000 - 40+000	108
FIGURA A2 7 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 40+000 - 60+000	109
FIGURA A3 1 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 0+000 -20+000.....	111
FIGURA A3 2 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 20+000 - 40+000.....	111
FIGURA A3 3 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 40+000 - 60+000.....	112
FIGURA A3 4 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 60+000 - 76+000.....	112
FIGURA A3 5 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 0+000 - 20+000.....	113
FIGURA A3 6 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 20+000 - 40+000.....	113
FIGURA A3 7 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 40+000 - 60+000.....	114
FIGURA A3 8 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 60+000 - 76+000.....	114
FIGURA A3 9 RESULTADOS MUMETER, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 0+000 -20+000	115
FIGURA A3 10 RESULTADOS MUMETER, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 20+000 - 40+000	115
FIGURA A3 11 RESULTADOS MUMETER, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 40+000 - 60+000	116
FIGURA A3 12 RESULTADOS MUMETE, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 60+000 - 76+000	116
FIGURA A3 13 RESULTADOS MUMETER, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 0+000 - 20+000	117
FIGURA A3 14 RESULTADOS MUMETER, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 20+000 - 40+000	117
FIGURA A3 15 RESULTADOS MUMETER, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 40+000 - 60+000	118
FIGURA A3 16 RESULTADOS MUMETER, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 60+000 - 76+000	118
FIGURA A4 1 RESULTADOS NOTAS Q, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA EST. 0+000 - 20+000	120
FIGURA A4 2 RESULTADOS NOTAS Q, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA EST. 20+000 - 40+000	120
FIGURA A4 3 RESULTADOS NOTAS Q, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA EST. 40+000 - 60+000	121
FIGURA A4 4 RESULTADOS NOTAS Q, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA EST. 60+000 - 76+000	121
FIGURA A4 5 RESULTADOS NOTAS Q, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 0+000 - 20+000.....	122
FIGURA A4 6 RESULTADOS NOTAS Q, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 20+000 - 40+000	122
FIGURA A4 7 RESULTADOS NOTAS Q, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 40+000 - 60+000	123
FIGURA A4 8 RESULTADOS NOTAS Q, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 60+000 - 76+000	123
FIGURA A5 1 PRESENCIA DE BACHEO, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA EST. 0+000 - 20+000	126
FIGURA A5 2 PRESENCIA DE BACHEO, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA EST. 20+000 - 40+000	126
FIGURA A5 3 PRESENCIA DE BACHEO, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA EST. 40+000 - 60+000	127
FIGURA A5 4 PRESENCIA DE BACHEO, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA EST. 60+000 - 76+000	127
FIGURA A5 5 PRESENCIA DE BACHEO, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 0+000 - 20+000.....	128



FIGURA A5 6 PRESENCIA DE BACHEO, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST.20+000 - 40+000 128

FIGURA A5 7 PRESENCIA DE BACHEO, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 40+000 - 60+000..... 129

FIGURA A5 8 PRESENCIA DE BACHEO, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 60+000 - 76+000..... 129

FIGURA A5 9 PRESENCIA DE EXUDACIÓN, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 0+000 - 20+000 130

FIGURA A5 10 PRESENCIA DE EXUDACIÓN, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA EST. 20+000 - 40+000..... 130

FIGURA A5 11 PRESENCIA DE EXUDACIÓN, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 40+000 - 60+000 131

FIGURA A5 12 PRESENCIA DE EXUDACIÓN, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 60+000 - 76+000 131

FIGURA A5 13 PRESENCIA DE EXUDACIÓN, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA - SAN JOSÉ EST. 0+000 - 20+000..... 132

FIGURA A5 14 PRESENCIA DE EXUDACIÓN, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA - SAN JOSÉ EST. 20+000 - 40+000..... 132

FIGURA A5 15 PRESENCIA DE EXUDACIÓN, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA - SAN JOSÉ EST. 40+000 - 60+000..... 133

FIGURA A5 16 PRESENCIA DE EXUDACIÓN, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA - SAN JOSÉ EST. 60+000 - 76+000..... 133

FIGURA A5 17 PRESENCIA DE DESPRENDIMIENTO AGREGADOS, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 0+000 - 20+000 134

FIGURA A5 18 PRESENCIA DE DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ. EST. 20+000 - 40+000 134

FIGURA A5 19 PRESENCIA DE DESPRENDIMIENTO DE AGREGADO, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ, EST. 40+000 - 60+000 135

FIGURA A5 20 PRESENCIA DE DESPRENDIMIENTO DE AGREGADO, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ, EST. 60+000 - 76+000 135

FIGURA A5 21 PRESENCIA DE AGRIETAMIENTO, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA, EST. 0+000 - 20+000 136

FIGURA A5 22 PRESENCIA DE AGRIETAMIENTO, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA, EST. 20+000 - 40+000 136

FIGURA A5 23 PRESENCIA DE AGRIETAMIENTO, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA, EST. 40+000 - 60+000 137

FIGURA A5 24 PRESENCIA DE AGRIETAMIENTO, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA, EST. 60+000 - 76+000 137

FIGURA A5 25 PRESENCIA DE AGRIETAMIENTO, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ, EST. 0+000 - 20+000 138

FIGURA A5 26 PRESENCIA DE AGRIETAMIENTO, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ, EST. 20+000 - 40+000 138

FIGURA A5 27 PRESENCIA DE AGRIETAMIENTO, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ, EST. 40+000 - 60+000 139

FIGURA A5 28 PRESENCIA DE AGRIETAMIENTO, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ, EST. 60+000 - 76+000 139

FIGURA A5 29 PRESENCIA DE GRIETAS DE BORDE, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ, EST. 0+000 - 20+000 140

FIGURA A5 30 PRESENCIA DE GRIETAS DE BORDE, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ, EST. 20+000 - 40+000 140

FIGURA A5 31 PRESENCIA DE GRIETAS DE BORDE, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ, EST. 40+000 - 60+000 141

FIGURA A5 32 PRESENCIA DE GRIETAS DE BORDE, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ, EST. 60+000 - 76+000 141

FIGURA A5 33 PRESENCIA DE PIEL DE LAGARTO, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA, EST. 0+000 - 20+000 142

FIGURA A5 34 PRESENCIA DE GRIETAS DE BORDE, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA, EST. 20+000 - 40+000 142

FIGURA A5 35 PRESENCIA DE PIEL DE LAGARTO, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA, EST. 40+000 - 60+000 143

FIGURA A5 36 PRESENCIA DE GRIETAS DE BORDE, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA, EST. 60+000 - 76+000 143

FIGURA A5 37 PRESENCIA DE PIEL DE LAGARTO, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ, EST. 0+000 - 20+000 144



FIGURA A5 38 PRESENCIA DE GRIETAS DE BORDE, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ, EST. 20+000 - 40+000	144
FIGURA A5 39 PRESENCIA DE PIEL DE LAGARTO, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ, EST. 40+000 - 60+000	145
FIGURA A5 40 PRESENCIA DE GRIETAS DE BORDE, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ, EST. 60+000 - 76+000	145
FIGURA A6 1 RESULTADOS FWD, RADIAL EL COYOL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - EL COYOL	147
FIGURA A6 2 RESULTADOS FWD, RADIAL EL COYOL, SENTIDO EL COYOL - RUTA NACIONAL 27	148
FIGURA A6 3 RESULTADOS IRI, RADIAL EL COYOL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - EL COYOL	148
FIGURA A6 4 RESULTADOS IRI, RADIAL EL COYOL, SENTIDO EL COYOL - RUTA NACIONAL 27	149
FIGURA A6 5 RESULTADOS GRIP, RADIAL EL COYOL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - EL COYOL	149
FIGURA A6 6 RESULTADOS GIRIP, RADIAL EL COYOL, SENTIDO EL COYOL - RUTA NACIONAL 27	150
FIGURA A6 7 RESULTADOS MUMETER, RADIAL EL COYOL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 – EL COYOL	151
FIGURA A6 8 RESULTADOS MUMETER, RADIAL EL COYOL, SENTIDO EL COYOL - RUTA NACIONAL 27	151
FIGURA A6 9 RESULTADOS NOTAS Q, RADIAL EL COYOL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - EL COYOL	152
FIGURA A6 10 RESULTADOS NOTAS Q, RADIAL EL COYOL, SENTIDO EL COYOL - RUTA NACIONAL 27	152
FIGURA A6 11 RESULTADOS BACHEO, RADIAL EL COYOL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - EL COYOL	153
FIGURA A6 12 RESULTADOS BACHEO, RADIAL EL COYOL, SENTIDO EL COYOL - RUTA NACIONAL 27	153
FIGURA A6 13 RESULTADOS PIEL DE LAGARTO, RADIAL EL COYOL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - EL COYOL	154
FIGURA A6 14 RESULTADOS PIEL DE LAGARTO, RADIAL EL COYOL, SENTIDO EL COYOL – RUTA NACIONAL 27	154
FIGURA A6 15 RESULTADOS EXUDACIÓN, RADIAL EL COYOL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 – EL COYOL	155
FIGURA A6 16 RESULTADOS EXUDACIÓN, RADIAL EL COYOL, SENTIDO EL COYOL – RUTA NACIONAL 27	155
FIGURA A6 17 RESULTADOS DESPRENDIMIENTO, RADIAL EL COYOL, SENTIDO EL COYOL – RUTA NACIONAL 27	156
FIGURA A6 18 RESULTADOS GRIETAS, RADIAL EL COYOL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 – EL COYOL	156
FIGURA A6 19 RESULTADOS GRIETAS, RADIAL EL COYOL, SENTIDO EL COYOL – RUTA NACIONAL 27	157
FIGURA A6 20 RESULTADOS FWD, RADIAL ATENAS, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - ATENAS	157
FIGURA A6 21 RESULTADOS FWD, RADIAL ATENAS, SENTIDO ATENAS - RUTA NACIONAL 27	158
FIGURA A6 22 RESULTADOS IRI, RADIAL ATENAS, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - ATENAS	158
FIGURA A6 23 RESULTADOS IRI, RADIAL ATENAS, SENTIDO ATENAS - RUTA NACIONAL 27	159
FIGURA A6 24 RESULTADOS GIRIP, RADIAL ATENAS, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - ATENAS	159
FIGURA A6 25 RESULTADOS GIRIP, RADIAL ATENAS, SENTIDO ATENAS - RUTA NACIONAL 27	160
FIGURA A6 26 RESULTADOS MUMETER, RADIAL ATENAS, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - ATENAS	160
FIGURA A6 27 RESULTADOS MUMETER, RADIAL ATENAS, SENTIDO ATENAS - RUTA NACIONAL 27	161
FIGURA A6 28 RESULTADOS NOTAS Q, RADIAL ATENAS, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - ATENAS	161
FIGURA A6 29 RESULTADOS NOTAS Q, RADIAL ATENAS, SENTIDO ATENAS - RUTA NACIONAL 27	162
FIGURA A6 30 RESULTADOS BACHEO, RADIAL ATENAS, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - ATENAS	162
FIGURA A6 31 RESULTADOS BACHEO, RADIAL ATENAS, SENTIDO ATENAS - RUTA NACIONAL 27	163
FIGURA A6 32 RESULTADOS PIEL DE LAGARTO, RADIAL ATENAS, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - ATENAS	163
FIGURA A6 24 RESULTADOS PIEL DE LAGARTO, RADIAL ATENAS, SENTIDO ATENAS - RUTA NACIONAL 27	164
FIGURA A6 34 RESULTADOS DESPRENDIMIENTO, RADIAL ATENAS, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 – ATENAS	164
FIGURA A6 35 RESULTADOS DESPRENDIMIENTO, RADIAL ATENAS, SENTIDO ATENAS – RUTA NACIONAL 27	165
FIGURA A6 36 RESULTADOS EXUDACIÓN, RADIAL ATENAS, SENTIDO ATENAS – RUTA NACIONAL 27	165
FIGURA A6 37 RESULTADOS GRIETA DE BORDE, RADIAL ATENAS, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 – ATENAS	166
FIGURA A6 38 RESULTADOS AGRIETAMIENTO, RADIAL ATENAS, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 – ATENAS	166
FIGURA A6 39 RESULTADOS AGRIETAMIENTO, RADIAL ATENAS, SENTIDO ATENAS – RUTA NACIONAL 27	167



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 de rendición de cuentas, y 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 los años 2018 – 2019.

Para poder 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 que presentaron poca exigencia o ambigüedad en los parámetros, equipos o procedimientos de medición, la *Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional del Programa de Infraestructura 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 tal efecto, se utilizó el *Deflectómetro de Impacto (FWD)* para medir las deflexiones obtenidas al someter al pavimento a una fuerza que simula cargas de tránsito, lo que permite calcular la capacidad del paquete estructural del pavimento. Por otra parte, 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, se usaron 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), lo cual se relaciona con el nivel de peligrosidad o accidentabilidad de un tramo de ruta. Por último, con el *Equipo de Imágenes Georeferenciadas 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, como la obtención de la ubicación, tipo y severidad de los deterioros que afectan su superficie.



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 dentro de las funciones de fiscalizador que la citada ley le confiere al LanammeUCR.

La calidad final de un proyecto vial administrado bajo la modalidad de concesión de obra pública depende principalmente de dos aspectos: 1. La rigurosa fundamentación técnica de las especificaciones establecidas en el contrato, tomando en consideración que el proyecto debe brindar a los usuarios un servicio eficiente, confortable y seguro, considerando que además debe darse una recuperación del patrimonio vial representado por el proyecto específico, ya que eventualmente 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 más de 1200 km evaluados hasta el año 2018 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):

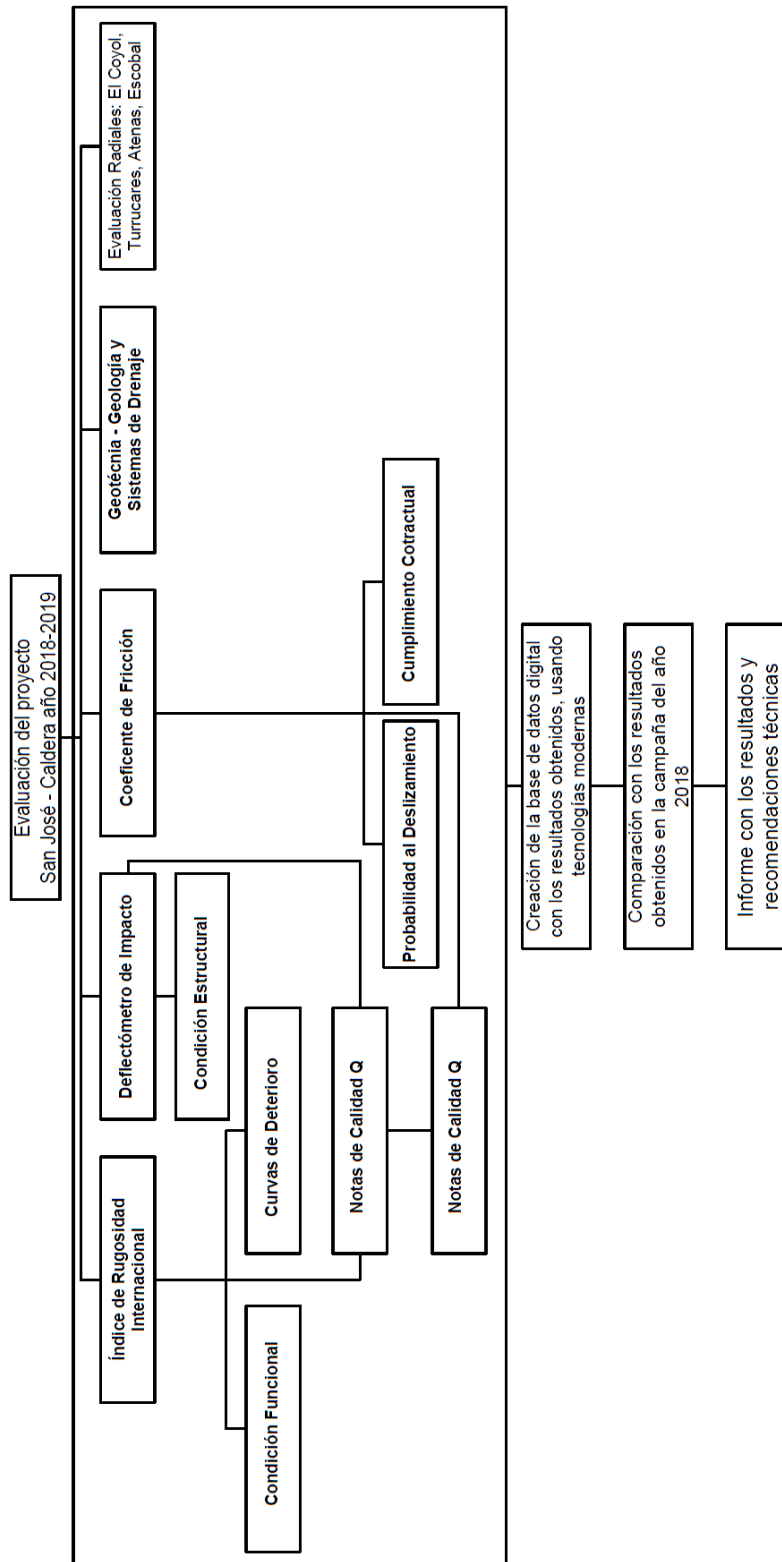


Figura 1: Diagrama de la evaluación del proyecto San José – Caldera Ruta 27, años 2018 - 2019.



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 (3,80 km)
- Radial Turrúcares (0,1 km)
- Radial Atenas (3,30 km)
- Radial Escobal (0,20 km)

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

Se realizó también un análisis geológico y geotécnico en los taludes aledaños a la ruta, así como un control de aquellos sitios que han presentado, en el pasado, problemas como deslizamientos, agrietamientos y drenaje ácido. Por último, se evaluaron los sistemas de drenaje superficial de aguas, como cunetas y contracunetas.

2 OBJETIVOS DE LA EVALUACIÓN DEL PROYECTO EN CONCESIÓN SAN JOSÉ – CALDERA, AÑOS 2018 - 2019

2.1 Objetivo General

Evaluar la condición del pavimento del proyecto en concesión San José – Caldera, Ruta Nacional 27, en el plazo comprendido entre julio del 2018 y junio 2019, cuantificando de manera sistemática la evolución del mismo y su desempeño 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 la resistencia estructural de los pavimentos construidos, con el *Deflectómetro de Impacto* y clasificarla según rangos de estado.
- Evaluar el estado de la regularidad superficial 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*.
- Hacer una evaluación del deterioro de la superficie de rueda, por medio de equipo de *Imágenes Georeferenciadas de Alta Resolución*, alertando de la presencia de deterioros que pueden poner en peligro la seguridad del usuario, así como el confort y durabilidad del proyecto.
- Comparar las condiciones actuales con aquellas obtenidas en años anteriores, para establecer la evolución del estado de la infraestructura como tal.



- Elaborar curvas de deterioro que permitan predecir la condición en que se podría encontrar la carretera en años futuros, según las tendencias obtenidas con base en las evaluaciones realizadas a la fecha.
- Evaluar la condición de taludes, deslizamientos y sistemas de drenaje desde el punto de vista geológico y geotécnico.
- 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, AÑOS 2018 – 2019

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

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

La evaluación del proyecto con dicho equipo 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, considerado 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 superficial, con base en la estructura de pavimento que presenta cada tramo de carretera². Estos rangos, mostrados en la

¹ Dentro de esta longitud no se incluye la longitud de 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.



Tabla 1, tienen por objeto calificar la condición estructural del proyecto tomando en consideración el diseño estructural realizado por el Concesionario, por lo que fueron utilizados en la presente evaluación para clasificar los resultados.



Tabla 1 Rangos de deflexión, utilizados para clasificar 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)			
<i>Bajas</i>	menor a 520	menor a 360	menor a 470	menor a 500
<i>Moderadas</i>	520 – 570	360 – 400	470 – 520	500 – 580
<i>Altas</i>	570 – 710	400 – 490	520 – 660	580 – 800
<i>Muy Altas</i>	mayor a 710	mayor a 490	mayor a 660	mayor a 800

3.1.2 Resultados obtenidos, mes de septiembre del 2018

La Tabla 2 muestra los resultados obtenidos por medio del deflectómetro de impacto en el sentido San José - Caldera, para la campaña de evaluación 2018- 2019; la Figura 2 muestra en forma gráfica este resultado.

Tabla 2 Deflexiones FWD obtenidas para el sentido San José - Caldera, campaña 2018-2019

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	100.0

Deflexión en Estructural de Pavimento San José - Caldera, 2018-2019

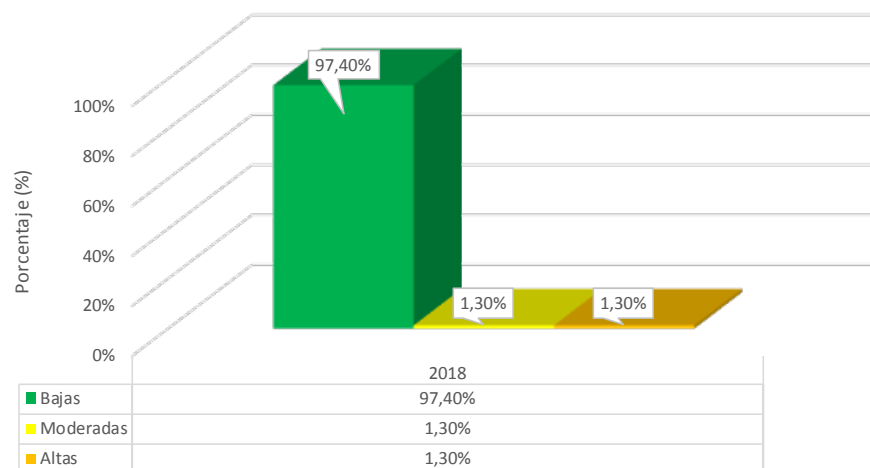


Figura 2: Estado general de la capacidad estructural por medio de deflexiones en sentido San José – Caldera, campaña 2018-2019



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.

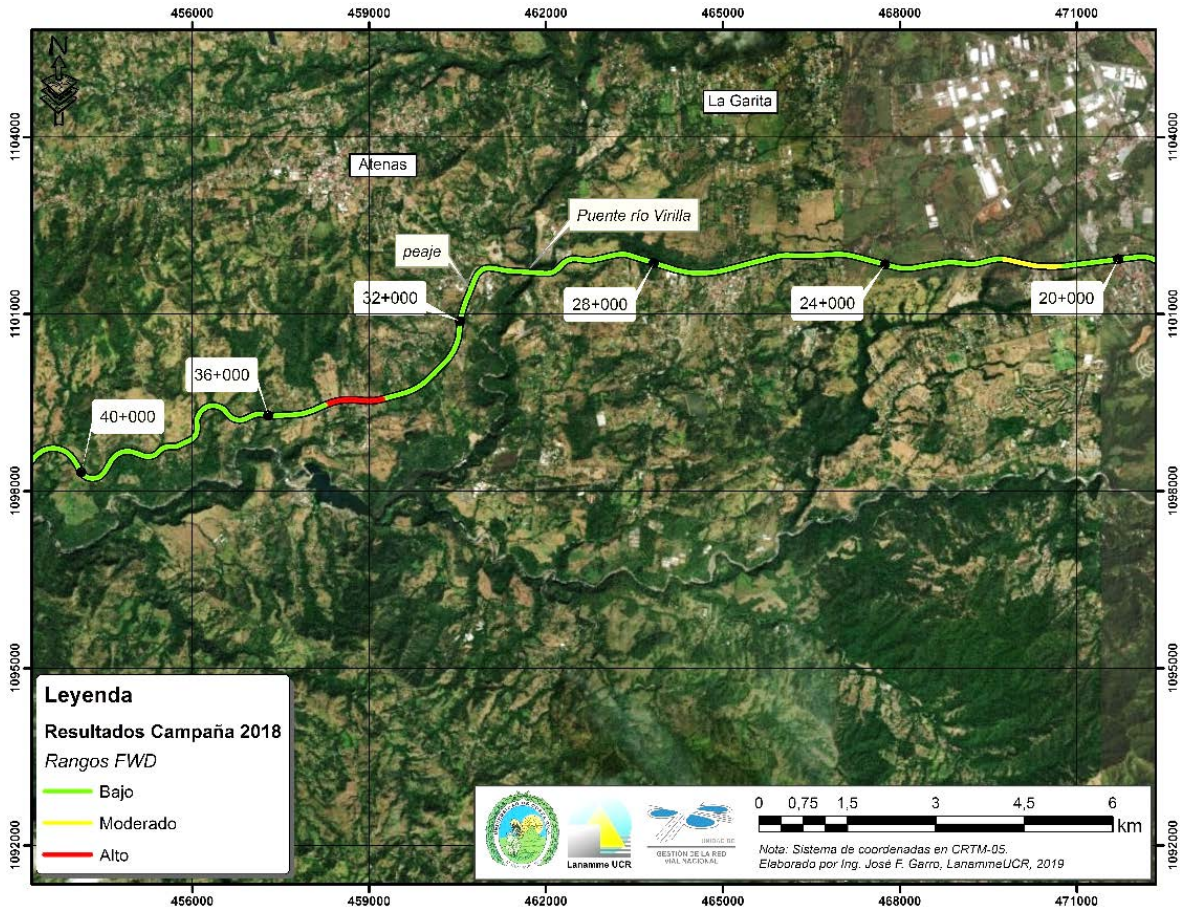


Figura 3: Ubicación de algunos tramos con deflexiones moderados y altas, sentido San José - Caldera.

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 2018-2019

Tipo de Deflexiones	Longitud (km)	Porcentajes (%)
Bajas	75	97.4
Moderadas	1	1.30
Altas	0	0.0
Muy Altas	1	1.30
Total	77	100.0

Deflexión en Estructural de Pavimento Caldera - San José, 2018-2019

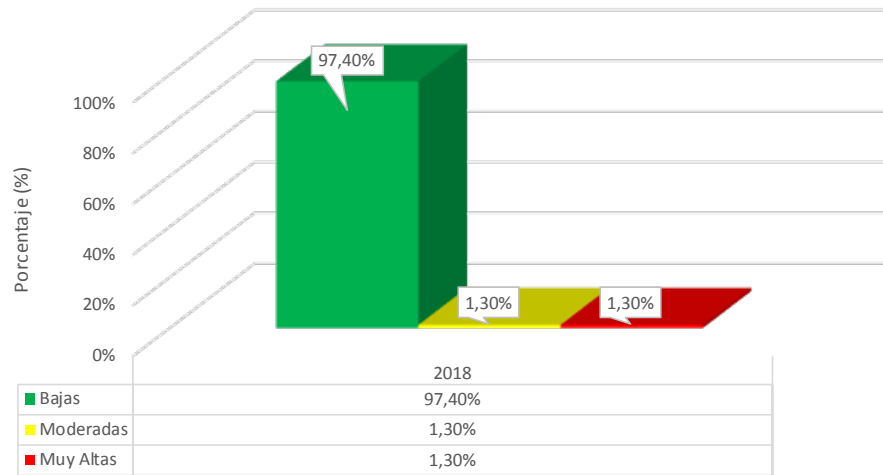


Figura 4: Estado general de la capacidad estructural sentido Caldera – San José, según los valores de deflexión FWD obtenidos, campaña 2018-2019

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

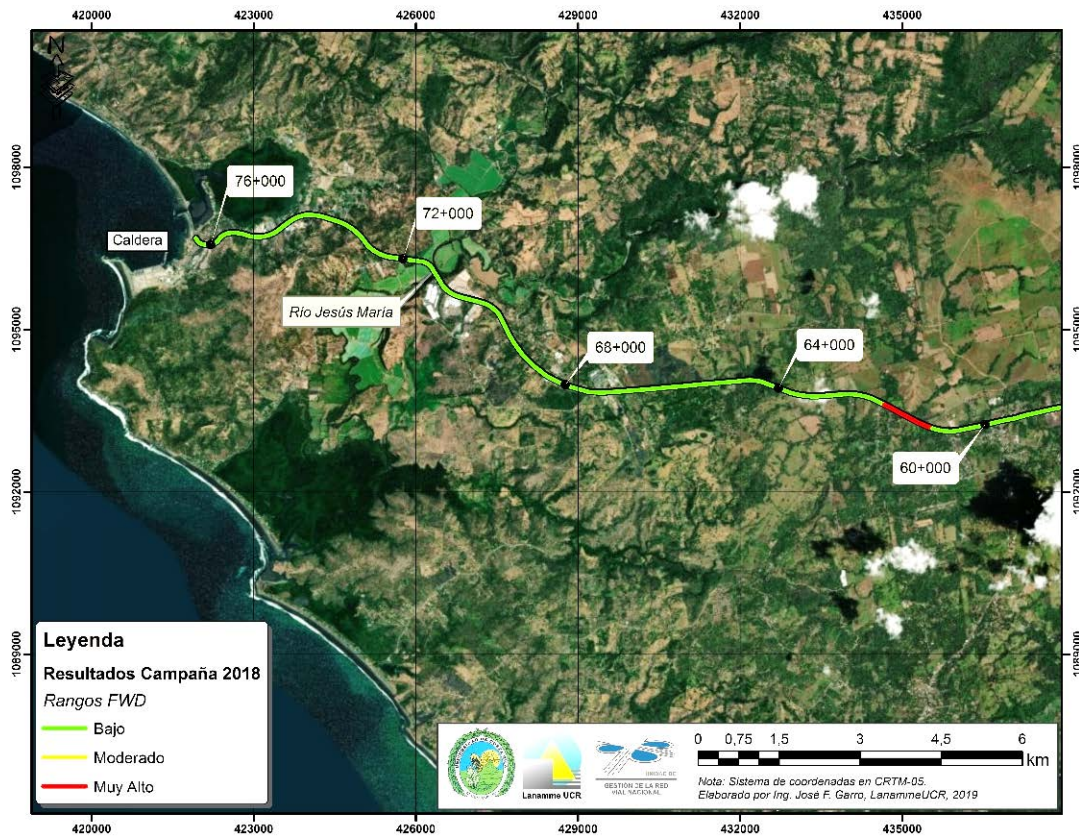


Figura 5: Ubicación de algunos tramos con deflexiones altas, sentido Caldera – San José.



3.1.3 *Análisis general de resultados de la evaluación de la capacidad estructural con el ensayo de deflectometría*

De los resultados obtenidos a partir de la prueba realizada con el *Deflectómetro de Impacto*, se puede interpretar que la mayor parte de la estructura del pavimento en la troncal principal cuenta con muy buena capacidad para soportar las cargas del tránsito que circulan por ella. Esta valoración estructural representa la condición de soporte del pavimento al momento de realizar la medición, es decir entre el 28 de setiembre y el 18 de octubre del año 2018. Los cambios de temperatura en la superficie del pavimento y las variaciones en los niveles de humedad en las capas inferiores durante la época lluviosa, pueden generar variaciones significativas en los valores obtenidos para medir la capacidad estructural del proyecto. Este efecto puede ser valorado a lo largo del tiempo en evaluaciones posteriores.

3.2 **Capacidad funcional, condición según regularidad superficial (IRI), 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: cuando existen 2 o más carriles por sentido, se mide el carril interno.

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 4:

Tabla 4 Rangos de clasificación del Índice de Regularidad Internacional (IRI)

Rango de regularidad m / km	Clasificación
menor a 1.0	<i>regularidad superficial muy buena</i>
entre 1.0 y 1.9	<i>regularidad superficial buena</i>
entre 1.9 y 3.6	<i>regularidad superficial regular</i>
entre 3.6 y 6.4	<i>regularidad superficial deficiente</i>
mayor a 6.4	<i>regularidad superficial muy deficiente</i>

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 del análisis los elementos que se consideran como singularidades, 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

3.2.2 Resultados del Índice de Regularidad Internacional (IRI)

La Tabla 5 muestra los resultados obtenidos en la evaluación de la regularidad superficial del proyecto en el mes de setiembre del 2018; las Figura 6 y 7 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	32 km	41.56 %	31 km	40.26 %
entre 1.9 y 3.6	45 km	58.44 %	45 km	58.44 %
entre 3.6 y 6.4	0 km	0.0 %	1 km	1.30 %
mayor a 6.4	0 km	0.0 %	0 km	0.0 %
Total	77 km		77 km	

Capacidad Funcional San José - Caldera, 2018-2019

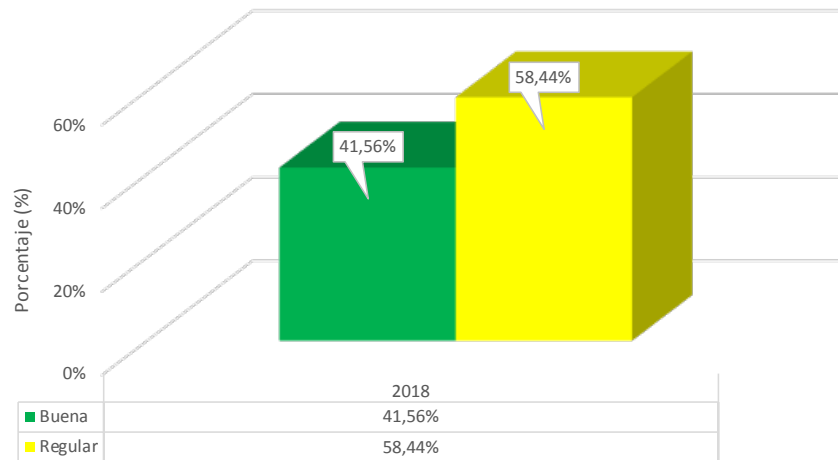


Figura 6: Resultados obtenidos en el parámetro IRI, sentido San José – Caldera

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



Capacidad Funcional Caldera - San José, 2018-2019

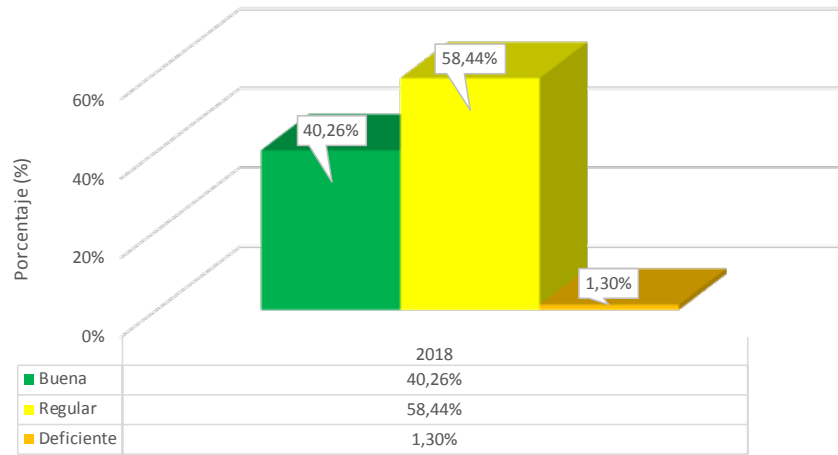


Figura 7: Resultados obtenidos en el parámetro *IRI*, sentido Caldera – San José

En la Figura 8 se muestran algunos tramos que cuentan con una condición funcional regular, para ambos sentidos de la ruta.

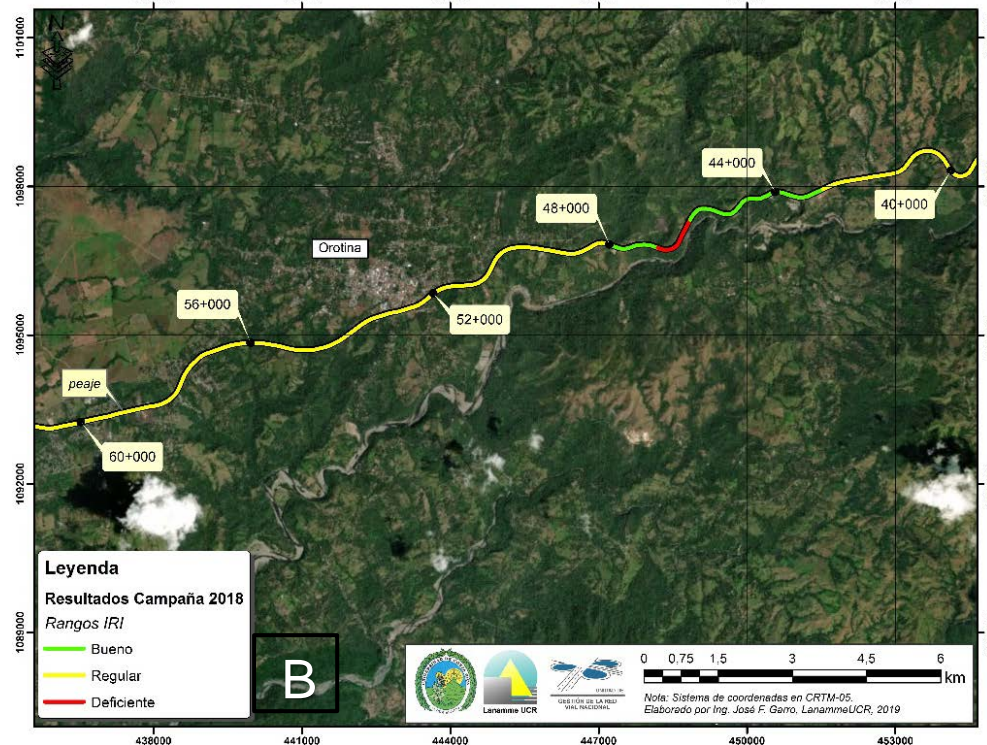
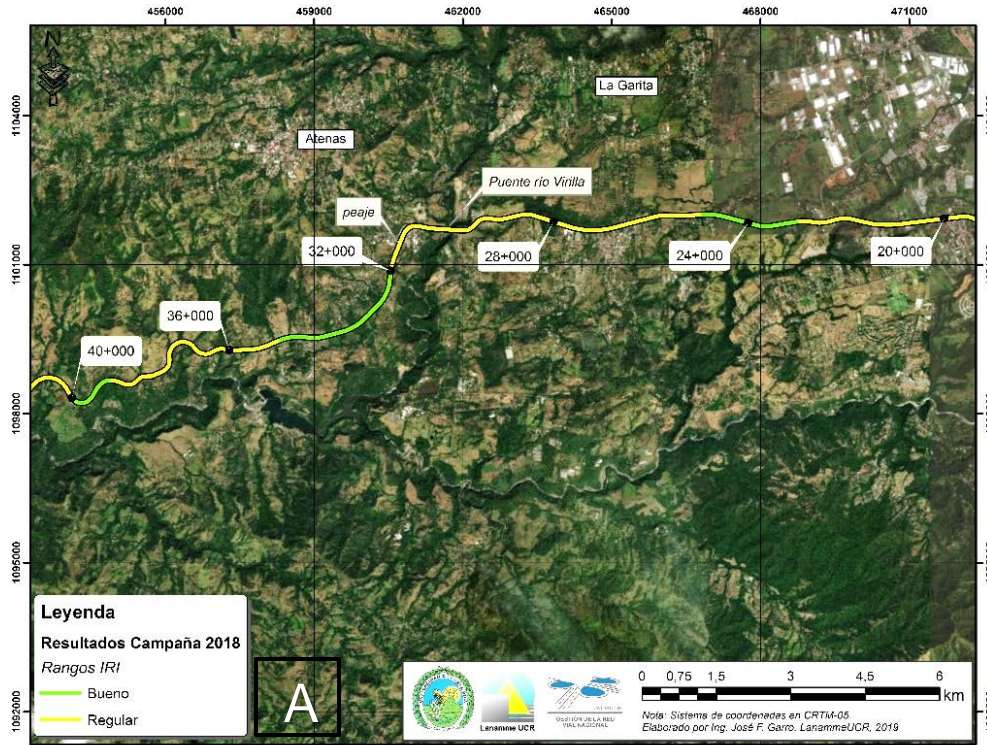


Figura 8: Ubicación de tramos con un IRI entre moderado y bajo. A) sentido San José - Caldera, B) sentido Caldera - San José



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

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

Con base en los valores obtenidos para este parámetro, un porcentaje importante (poco más de 58%) 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 manera directa sobre la carpeta asfáltica y de forma indirecta en las capas inferiores, acelerando su deterioro. Como se verá más adelante en el apartado de *Notas de Calidad y Estrategias de Intervención*, con actividades de bajo impacto y costo, es posible mantener y mejorar los valores que se obtienen con este indicador.

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 nivel de agarre superficial que presenta el pavimento de la ruta, los cuales se muestran a continuación.

1.1.a.1 *Grip Tester (Figura 9).*



Figura 9: 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, 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 6.

Tabla 6 Clasificación internacional del pavimento según el GN

GN	Condición	Nivel			Tipo de Pavimento característico
		Deslizamiento	Peligrosidad	Riesgo medio de accidentabilidad*	
< 0,50	Malo	Muy deslizante	Muy peligroso	mayor a 20	Pavimento flexible compuesto de agregado calizo o pulido
0,50 – 0,60	Regular	Deslizante	Peligroso	16 a 20	Pavimento flexible con alto grado de exudación y/o pérdida de 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.

1.1.a.2 Mu Meter (Figura 10).



Figura 10: Mu Meter

El *MuMeter* es usado principalmente para medir el coeficiente de rozamiento en pistas de aeropuertos por medio de la reacción que se generan 2 ruedas que cuentan con un ángulo de desviación de 7° respecto al eje central del equipo. Es por esta razón que su



uso en redes viales no es común, además de que 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*

Los datos obtenidos con ambos equipos para cada sentido de circulación de esta ruta se muestran en las Figuras 8 y 9. 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 7 y Figura 11 y Figura 12.

Se debe aclarar que para los resultados del *GripTester* existen rangos de estado (ver Tabla 6), 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 al contrato de la concesión, para definir si se encuentra dentro de los parámetros estipulados en él, o fuera de ellos.

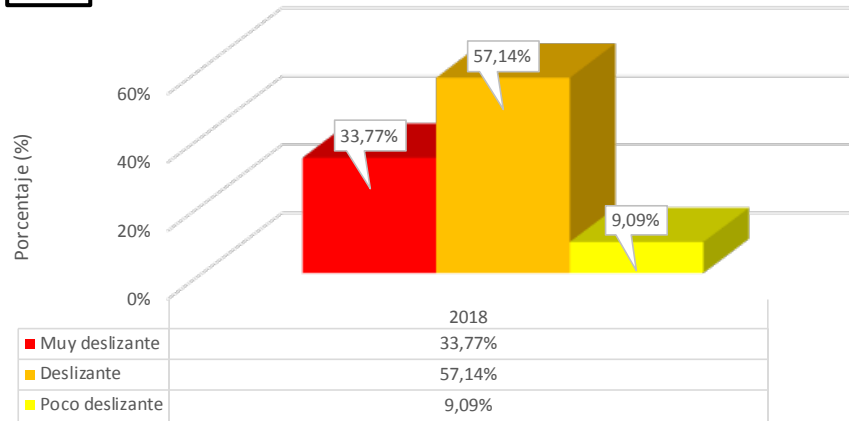
Tabla 7 Resultados obtenidos con el *GripTester*

Sentido	Longitud en cada rango (km), %								Total km
	Muy Deslizante		Deslizante		Poco Deslizante		No Deslizante		
San José – Caldera	26 km	33,77 %	44 km	57,14 %	7 km	9,09 %	0 km	0,0%	77
Caldera – San José	29 km	37,66 %	44 km	57,14 %	4 km	5,19 %	0 km	0,0%	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 es posible colocar una de sus ruedas medidoras sobre la huella, la otra rueda medidora siempre se encontrará fuera de la misma, variando los resultados obtenidos.

Coeficiente Rozamiento GN San José - Caldera, 2018-2019

A



Coeficiente Rozamiento Mu San José - Caldera, 2018-2019

B

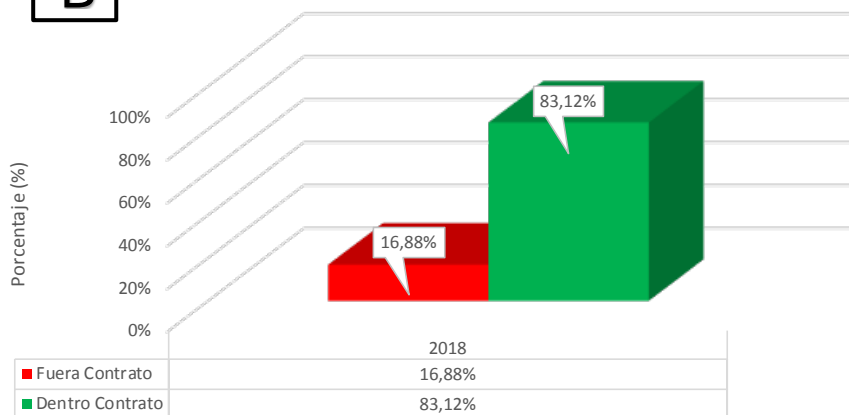
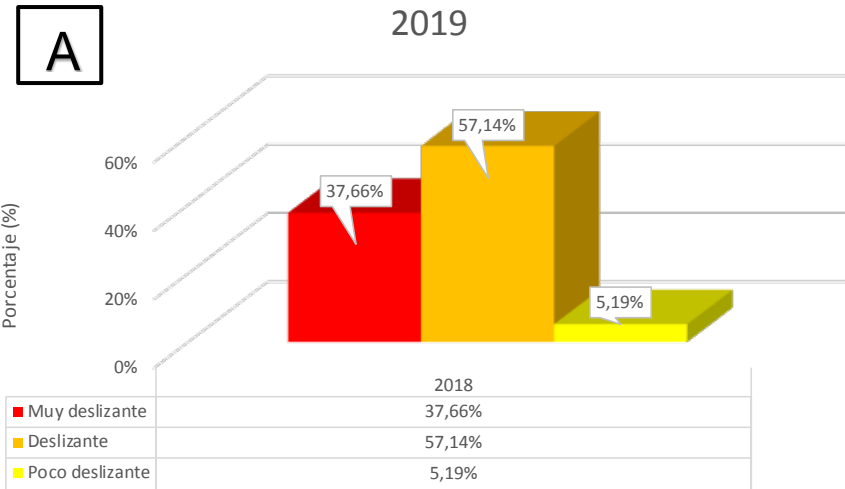


Figura 11: Resultados de las pruebas de A) *Grip Tester* y B) *MuMeter*. Los rangos del *Mu Meter* corresponden a los indicados en el contrato.

Coeficiente Rozamiento GN Caldera - San José , 2018-2019



Coeficiente Rozamiento Mu Caldera - San José, 2018-2019

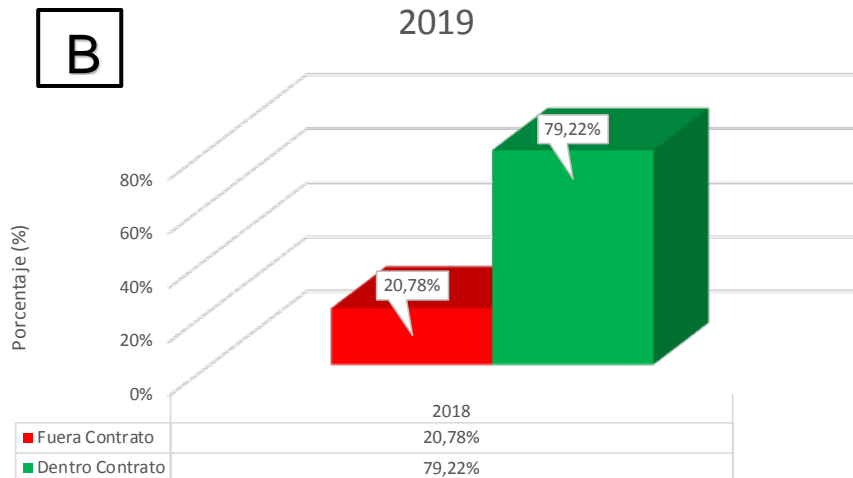


Figura 12: Resultados de las pruebas de a) *Grip Tester* y b) *Mu Meter*. Los rangos del *Mu Meter* corresponden a los indicados en el contrato.

En la Figura 13 se muestra la ubicación geográfica de algunos tramos con valores bajos de fricción, según el análisis realizado con el *GripTester*.

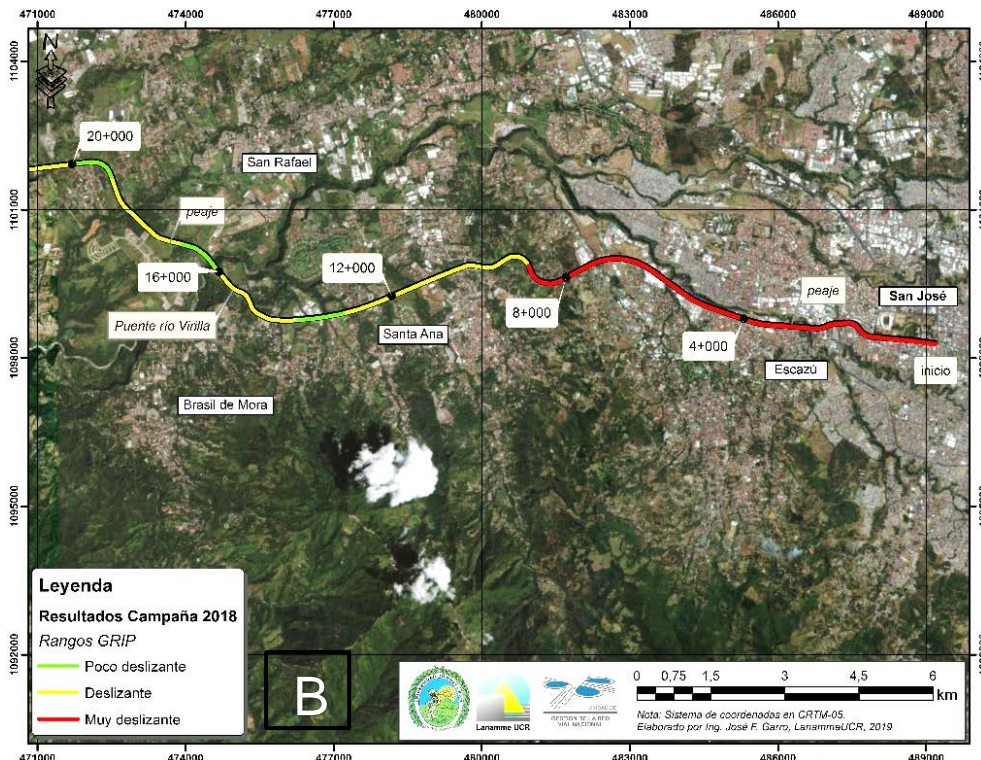
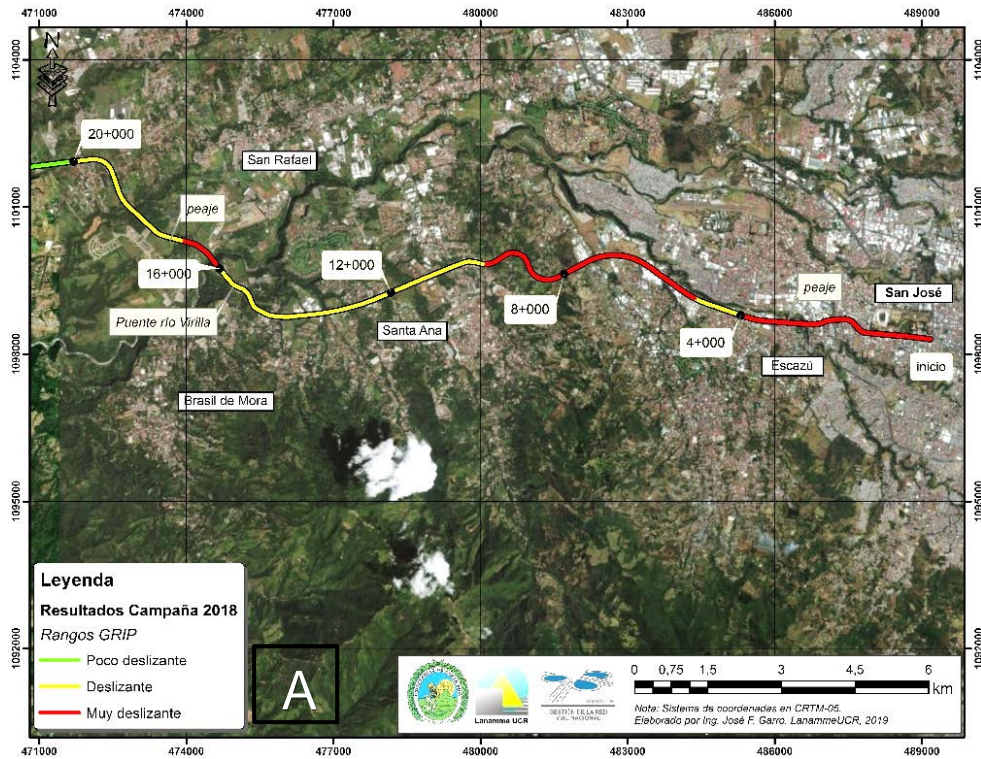


Figura 13: Ubicación de tramos con valores de fricción de poco deslizante a muy deslizante. A) sentido San José – Caldera, B) Caldera – San José



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

3.3.3 *Análisis general de resultados de la evaluación de la resistencia al deslizamiento.*

Para el caso del *MuMeter*, se utilizan los valores límites indicados en el contrato⁵, donde se indica que para pendientes mayores del 6% y en intersecciones, el valor mínimo es de 0,55; y para tramos rectos con pendientes menores al 6%, el valor mínimo es de 0,45⁶. Analizando los resultados obtenidos para el sentido San José – Caldera se puede observar que alrededor del 17% de la longitud no cumple con los parámetros que se indican en el contrato para este indicador y en el sentido Caldera – San José alrededor de un 21% de la longitud no cumple con los rangos indicados en el contrato.

En la Figura 14 se muestra los tramos donde hay mayor presencia de valores que incumplen con los rangos indicados en el contrato.

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 valores no son válidos desde el punto de vista técnico, ya que este equipo no se ve afectado por los cambios de pendiente de la carretera.

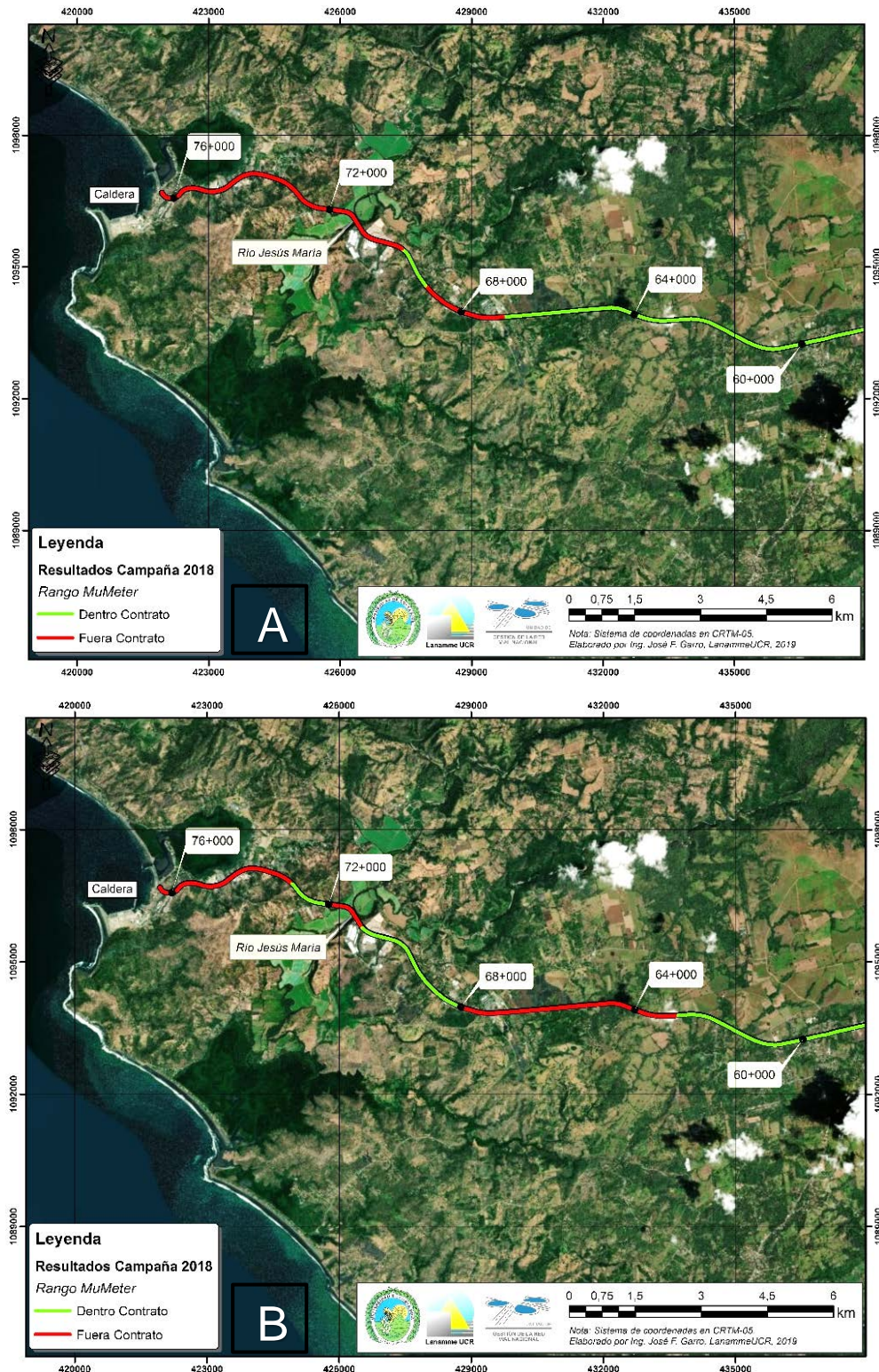


Figura 14: Ubicación de tramos con valores de fricción que cumplen o incumplen con el contrato.
A) sentido San José – Caldera, B) sentido Caldera – San José



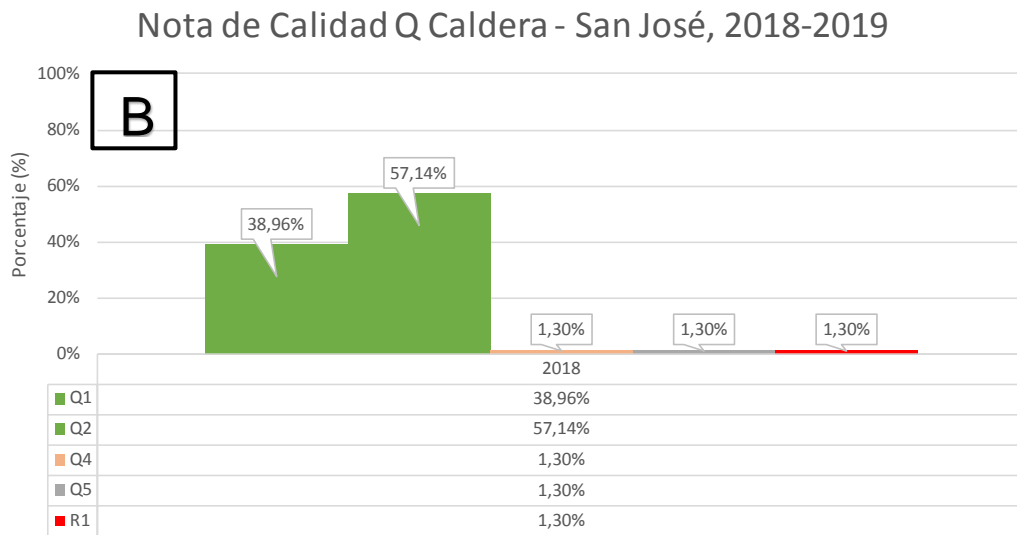
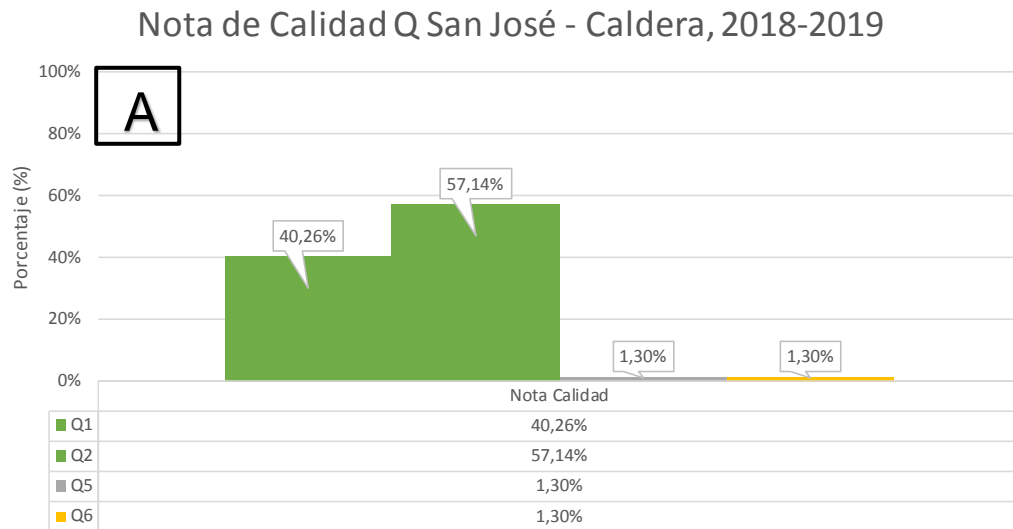
Por su parte, los resultados obtenidos con el *GripTester* muestran que alrededor del 57% de la longitud de la ruta en el sentido San José – Caldera presenta condiciones deslizantes y un 33% en condiciones Muy Deslizantes, mientras que en el sentido Caldera – San José un 37% de la longitud cuenta con una condición Muy Deslizante y un 57% en condición Deslizante.

Queda demostrado con ambos métodos que la ruta muestra un grado importante de incumplimiento en este parámetro.

Por último, y como complemento a las Notas Q obtenidos con el FWD y el IRI, se utilizan los resultados de la prueba del *GripTester* para establecer el tipo de intervención a realizar, para aquellos tramos con notas de calidad bajas (Q1 a Q3).

3.4 Análisis de Notas de Calidad Q, troncal principal, años 2018 – 2019

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 una superficie en buenas condiciones tanto desde el punto de vista estructural como funcional dado que, en ambos sentidos, alrededor de un 97% de su longitud se encuentra en las notas Q1 y Q2. Sin embargo, resalta un 1,3% de longitud que presenta nota R-1 en el sentido Caldera – San José, tramo que se caracteriza por valores de deflectometría altos, o lo que es lo mismo, una estructura de pavimento que ha sufrido disminución en su capacidad de soporte de cargas.



b)

Figura 15: 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.

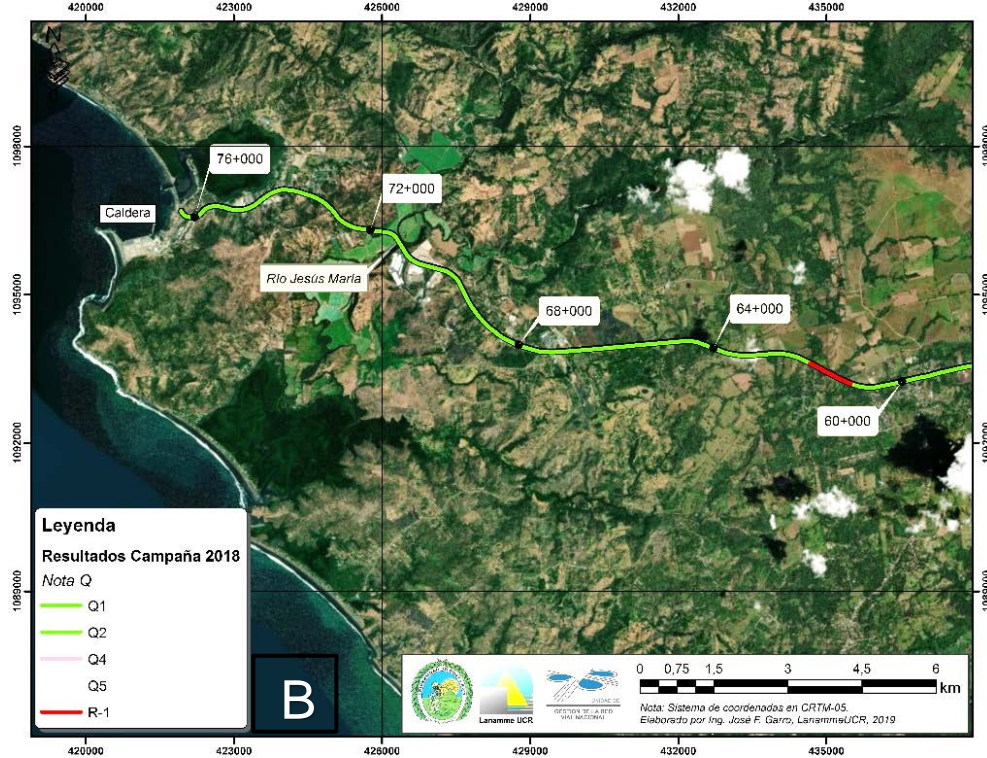
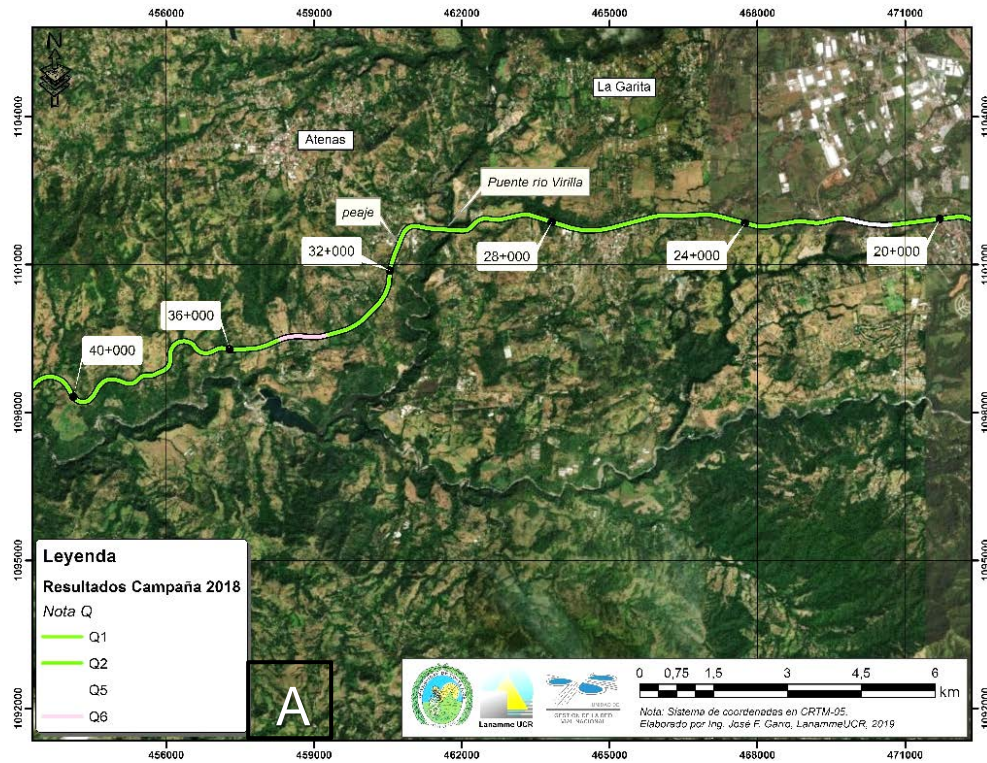
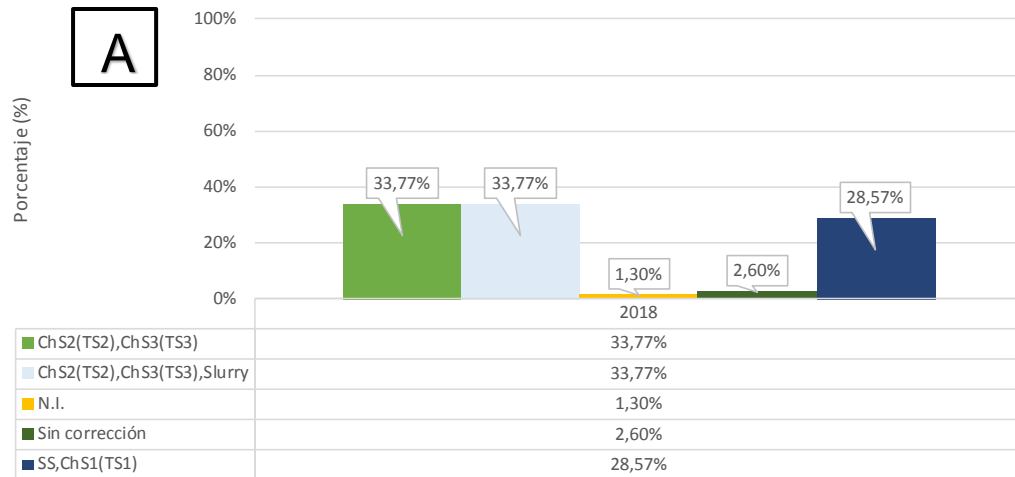


Figura 16: Ubicación de tramos con Notas de Calidad entre Q1 – Q6, y R1. A) Sentido San José – Cadera, B) sentido Caldera – San José.



Debido a los bajos niveles de agarre que presenta un porcentaje importante de la longitud del proyecto (ver Sección 3.3 *Resultados del Coeficiente de Rozamiento*), las *Estrategias de Intervención* 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 17.

Estrat. Intervención San José - Caldera, 2018-2019



a)

Estrat. Intervención Caldera - San José, 2018-2019

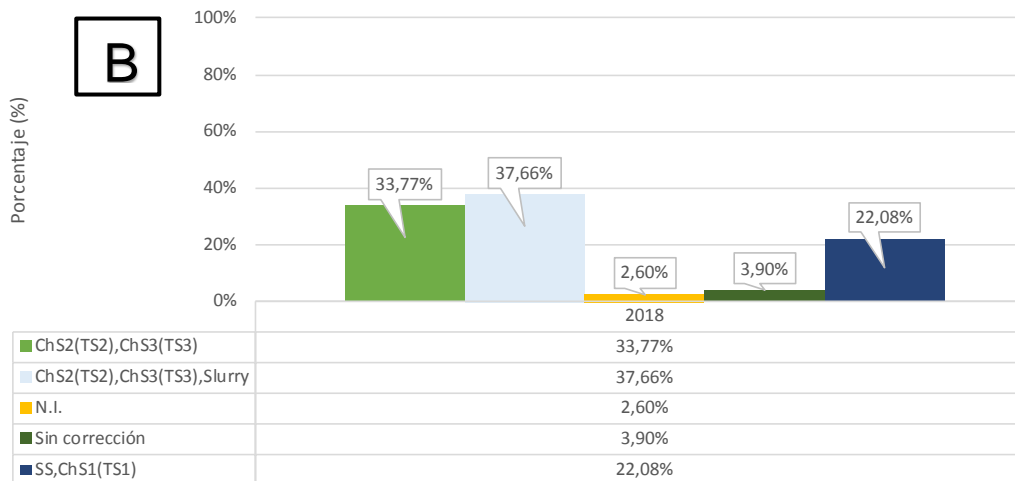


Figura 17: Distribución de las labores de rehabilitación en porcentajes, en la troncal principal, A) San José – Caldera, B) Caldera – San José.



3.5 Comparación de indicadores en la troncal principal, años 2012 al 2018

3.5.1 Evaluación con el Deflectómetro de Impacto

La Figura 18 muestra el comportamiento de la ruta en su condición estructural, para ambos sentidos para las últimas 7 campañas de evaluación. Debido a que las longitudes evaluadas entre campañas varían en menos del 1%, los resultados son comparables.

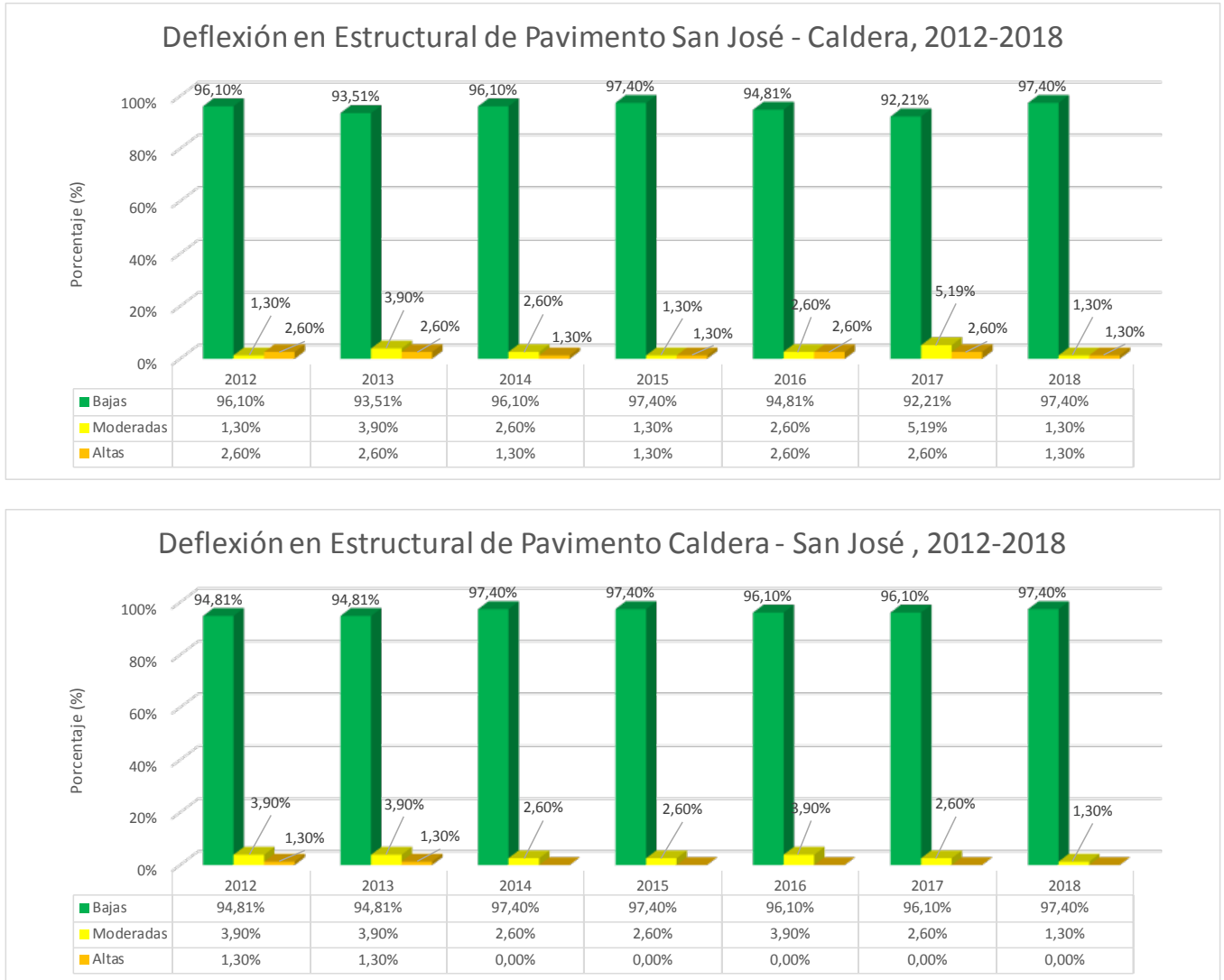


Figura 18: Resultados obtenidos en la evaluación de las deflexiones del pavimento para las campañas 2012 al 2018 de la Ruta Nacional 27

Este indicador refleja que la estructura del pavimento en general presenta una muy buena condición a lo largo de las evaluaciones realizadas, demostrando que su capacidad estructural se ha mantenido estable en el tiempo presentando deflexiones bajas. En el sentido San José – Caldera, los porcentajes de longitud en las categorías *moderada* y *alta*



se han mantenido aproximadamente similares, mientras que en el sentido de venida, dichos rangos han ido en disminución. Se debe mencionar que el deterioro en la capacidad estructural es normal en cualquier pavimento, debido a que conforme pasan los vehículos (especialmente vehículos pesados, como camiones de 3 o más ejes), el paquete estructural va perdiendo resistencia, producto del fenómeno conocido como fatiga o pérdida de capacidad de soporte de las capas mismas. De ahí la importancia de este parámetro, con el que es posible programar estrategias de intervención, cuando se alcance mejor capacidad estructural un determinado umbral de la capacidad para la que fue diseñada la carretera.

3.5.2 Evaluación con el Perfilómetro Láser

Del análisis de las Figuras 19 y 20, se observa un aumento constante en la categoría *regular*, provocando una disminución en la categoría *buena*, esto para ambos sentidos de la ruta lo que conlleva a una desmejora en la capacidad funcional.

A partir del año 2013, se aprecia una disminución de aproximadamente un 40% para ambos sentidos de circulación en la condición funcional de la ruta, pasando de Buena a Regular con el detrimento tanto para los usuarios, como para la ruta misma (acelera la incidencia de deterioros sobre la superficie de la misma).

Capacidad Funcional San José - Caldera, 2012-2018

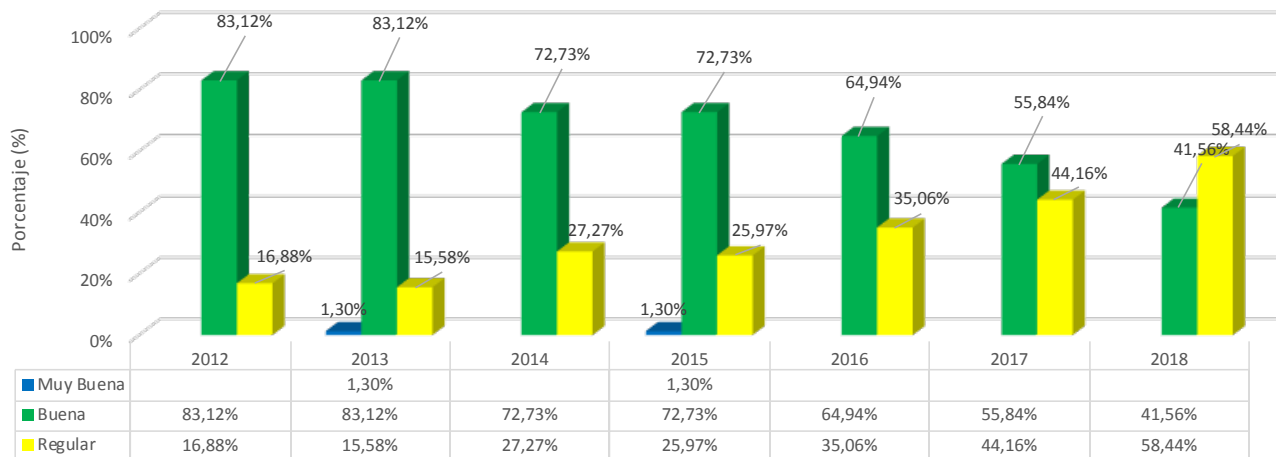


Figura 19: Resultados obtenidos en la evaluación de las regularidades superficiales del pavimento para las campañas 2012 al 2018, sentido San José – Caldera de la Ruta Nacional 27



Capacidad Funcional Caldera - San José, 2012-2018

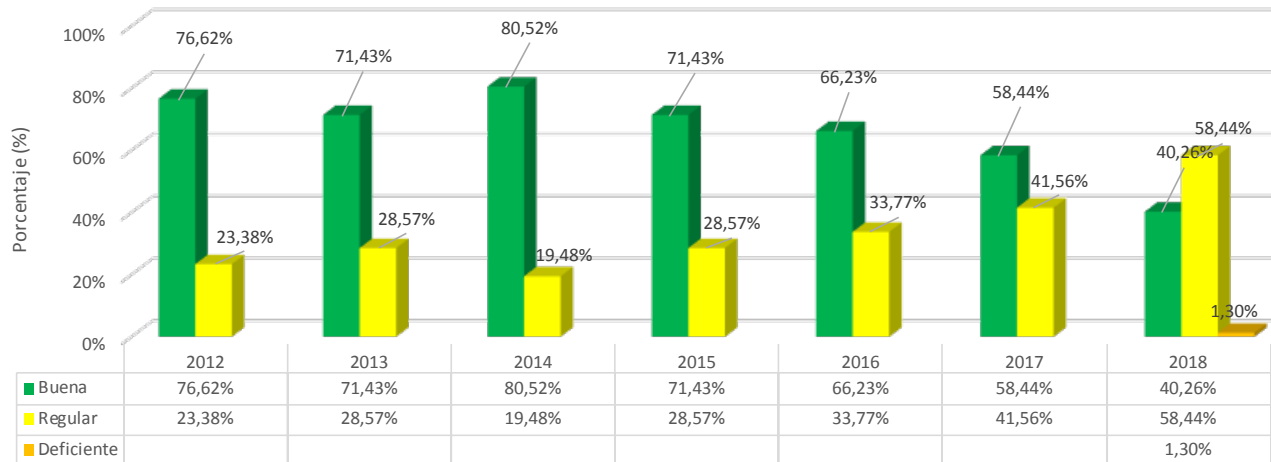


Figura 20: Resultados obtenidos en la evaluación de las regularidades superficiales del pavimento para las campañas 2012 al 2018, sentido Caldera – San José de la Ruta Nacional 27

3.5.3 Evaluación con el medidor del coeficiente de rozamiento superficial

Las Figuras 21 y 22 presentan los resultados obtenidos en las campañas de evaluación con el medidor del coeficiente de rozamiento superficial *GripTester*, realizadas en los años 2012 al 2018 para cada uno de los sentidos de la Ruta Nacional 27.

Coefficiente Rozamiento GN San José - Caldera, 2012-2018

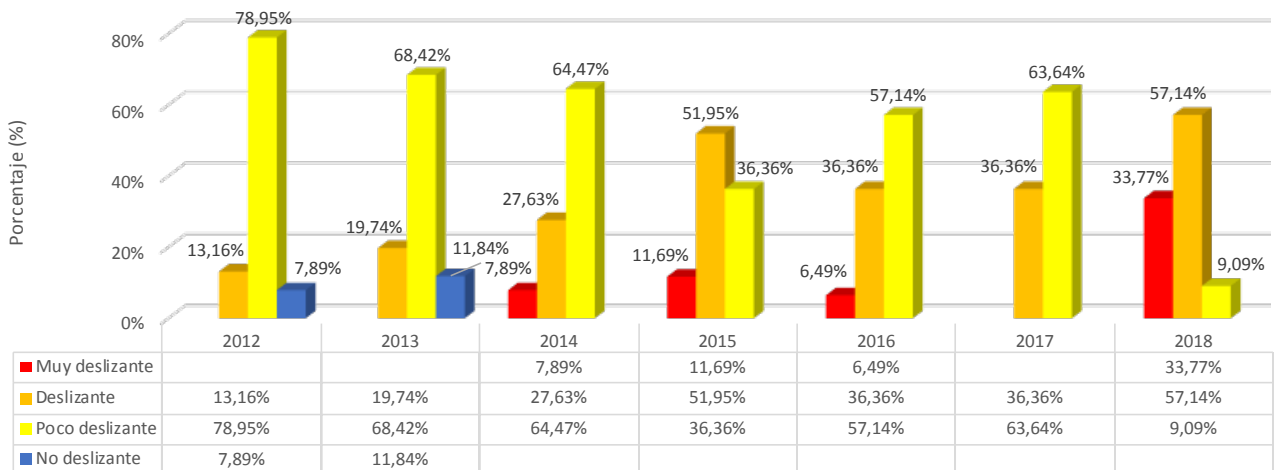


Figura 21: Resultados obtenidos en la evaluación del nivel de deslizamiento superficial del pavimento para las campañas 2012 al 2018, sentido San José – Caldera de la Ruta Nacional 27

Coeficiente Rozamiento GN Caldera - San José, 2012-2018

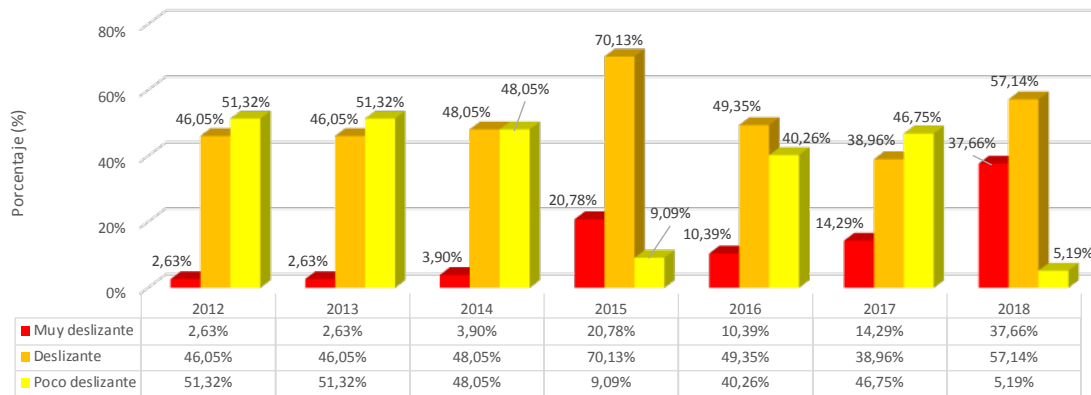


Figura 22: Resultados obtenidos en la evaluación del nivel de deslizamiento superficial del pavimento para las campañas 2012 al 2018, sentido Caldera – San José de la Ruta Nacional 27

En la Figura 21 se muestra que en el sentido San José – Caldera se ha dado una mejora constante en este parámetro (en la campaña actual no se detectaron tramos en la categoría “*muy deslizante*”, aumentado la longitud en la categoría “*poco deslizante*”), en la Figura 22 sentido Caldera – San José, los resultados indican un aumento importante (más del 15%) en la longitud de esta categoría “*muy deslizante*” y una disminución del 52% aproximadamente en de longitud con una condición de Poco Deslizante con respecto a la campaña anterior.

3.6 Comparación de las notas Q obtenidas para la Ruta 27, años 2012 al 2018

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 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).

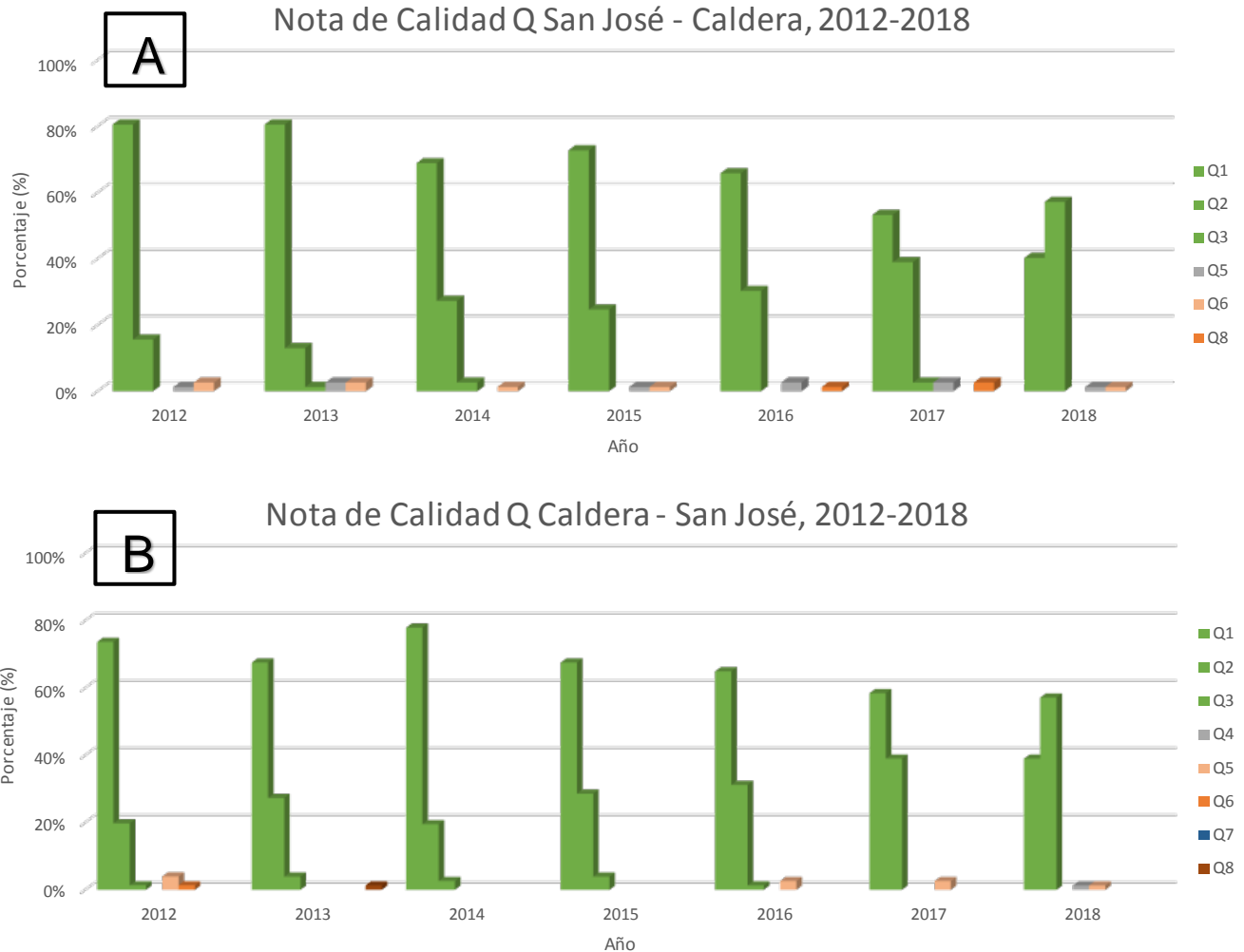


Figura 23: Resultados obtenidos en la comparación de Notas Q para las campañas 2012 al 2018. A) San José - Caldera, B) Caldera - San José

Para ambos sentidos de circulación se puede apreciar en la figura anterior que conforme disminuye la condición funcional y en menor medida, disminuye la condición estructural, se ha presentado 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 2018 se muestra en la Figura 24.

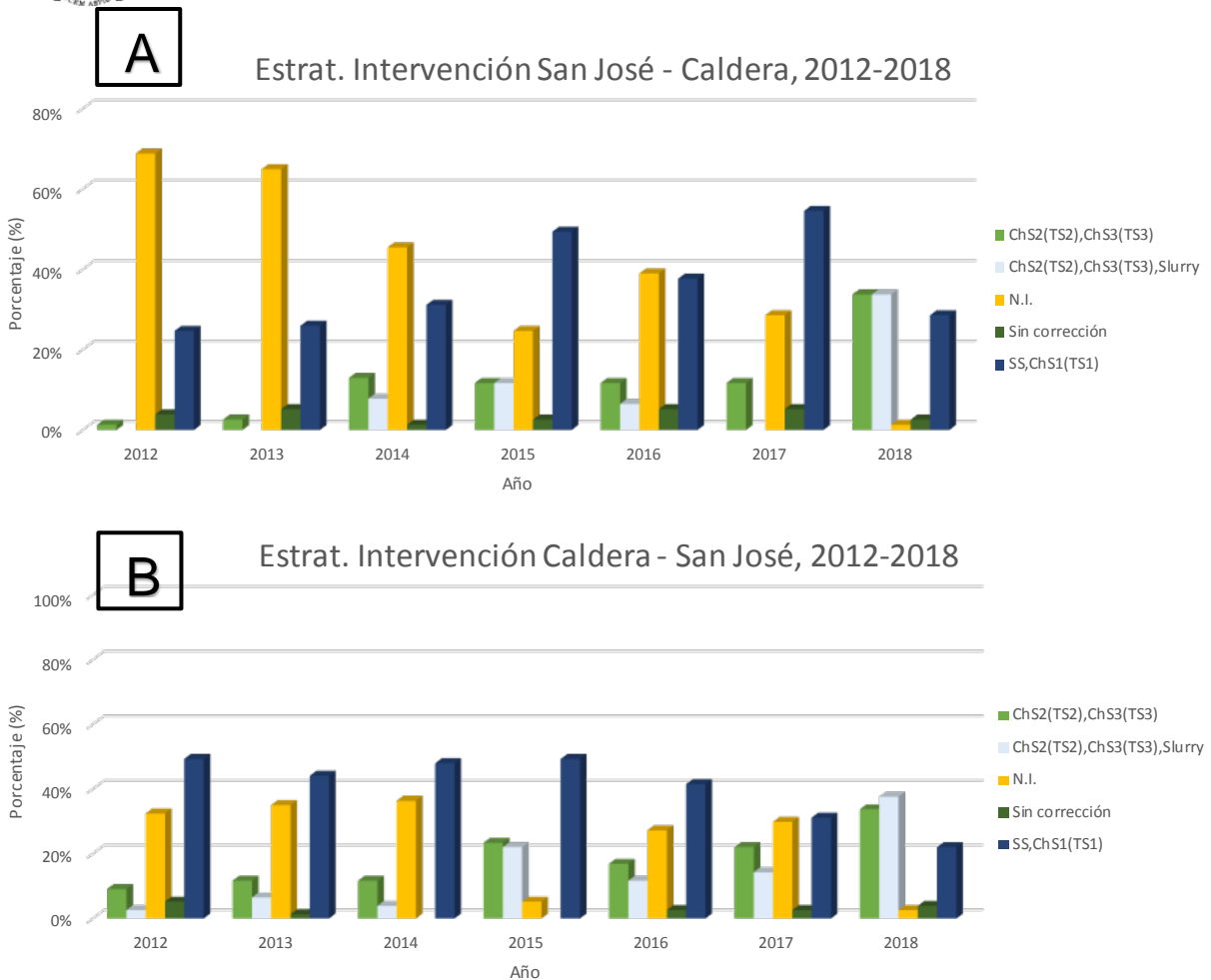


Figura 24: Resultados obtenidos en la comparación de estrategias de intervención para las campañas 2012 al 2018. A) San José – Caldera, B) Caldera – San José

Estas estrategias están definidas con el objeto de mejorar las condiciones generales de la ruta relacionados 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 considerablemente incrementando la categoría Sin Corrección, puesto que como se observa en las secciones 3.5a, 3.5b y 3.5c se ha aumentado el deterioro del pavimento, principalmente en la condición funcional y agarre superficial.



3.7 Análisis de la condición superficial. Evaluaciones realizadas en julio del 2018

3.7.1 Equipo utilizado y criterios de clasificación

Los detalles del *Equipo de Imágenes Georeferenciadas* utilizado, y la metodología seguida de evaluación, aparecen en la Ficha Técnica *FT-UGERVN-02-13*, disponible en el sitio de Internet del *LanammeUCR* (www.lanamme.ucr.ac.cr). Los criterios de severidad que se utilizaron para la realización de esta evaluación, se 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*. Al contar con la información obtenida en el periodo 2011 - 2017 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.

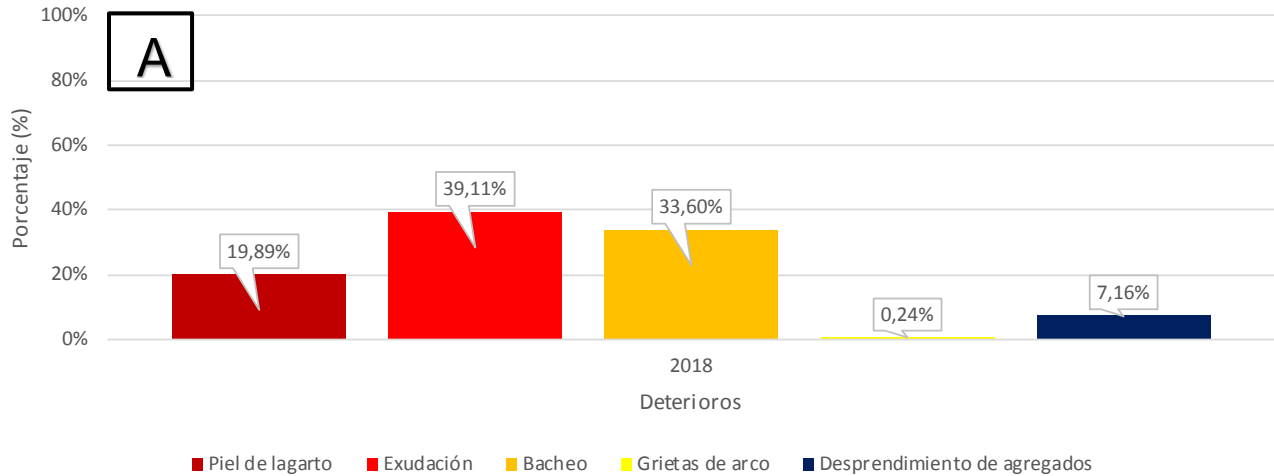
Por su parte, existen elementos presentes en todo tramo de ruta, que requieren de mantenimiento constante para garantizar la seguridad vial de los usuarios y sus vehículos. En este aspecto, las barreras de contención son elementos que ayudan a disminuir la gravedad de los accidentes, al evitar que los vehículos se salgan de la vía e impacten elementos cercanos, como postes, árboles, cabezales de alcantarillas, etc. Por tanto, para este informe de evaluación, se han identificado, referenciado y fotografiado las barreras de contención laterales, comúnmente conocidas como *Flex Beam*, que se encuentran en condiciones tales que no garantizan la seguridad operacional de la ruta. Además, se realiza una comparación de la condición de estas barreras en los años 2017 y 2018.

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 el sentido San José – Caldera. En total, se registraron 25,284 m² afectados por deterioros tipo área que representa 6.40% del área total de la troncal principal en este sentido de circulación, y 9.689 m de deterioros tipo grieta que presenta aproximadamente un 12.65 % de la longitud total.



Porcentaje Relativo de Área deteriorada San José - Caldera 2018



Porcentaje Relativo de Longitud deteriorada San José - Caldera 2018

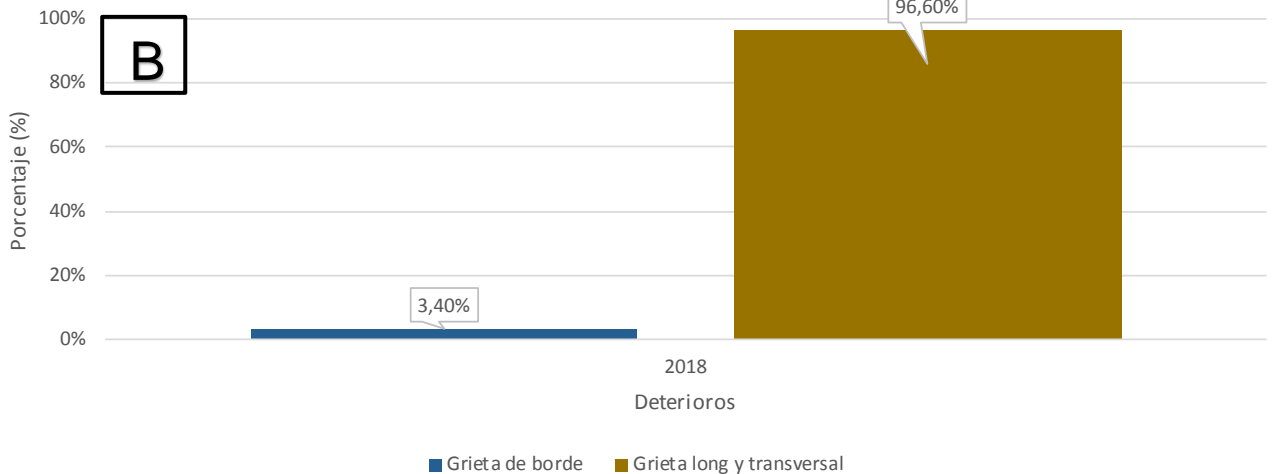


Figura 25: Resultados de deterioros, sentido San José – Caldera.
A) Deterioros por área, B) Deterioros por longitud

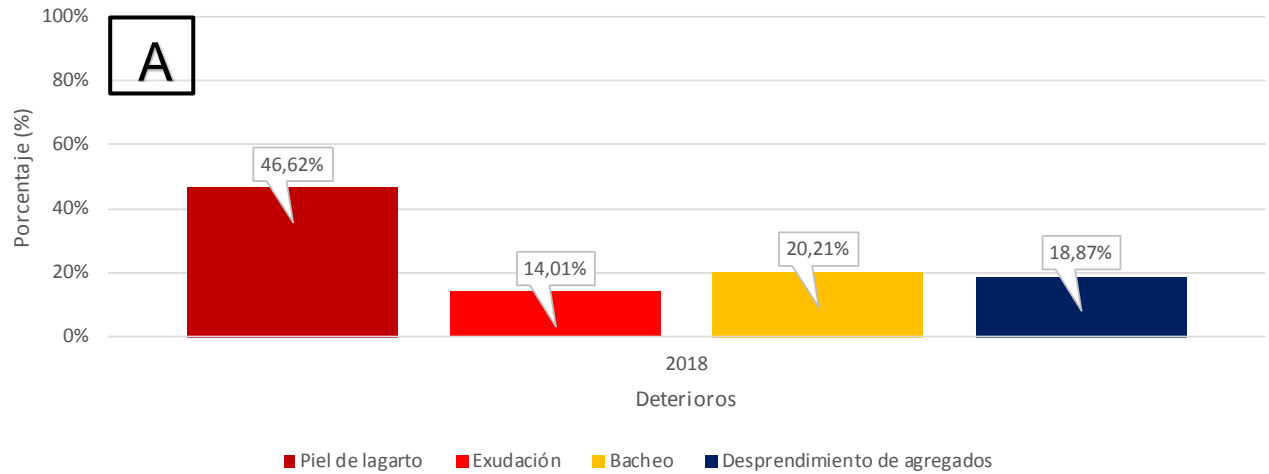
Como se observa, el deterioro tipo *Exudación* representa alrededor del 40% del área deteriorada, seguido por *bacheo* y *piel de lagarto*. Se debe recalcar que el cartel de licitación para este proyecto, en el apartado 2.5.2 *Indicadores para Pavimento Asfáltico*, indica claramente que la exudación como tal es inaceptable; además, es sabida la relación entre este deterioro y los bajos niveles de agarre de una superficie de ruedo. Para el caso de los deterioros tipo grieta, la mayoría son del tipo longitudinales/transversales, con un bajo porcentaje del tipo grietas de borde.

En la Figura 26 se muestra los resultados para el sentido Caldera – San José. Para este sentido de circulación se detectaron 20,449 m² de área con deterioro lo que representa cerca del 5% del área total de la superficie de ruedo y 6,168 m lineales de deterioros tipo grieta, lo que representa un 8% de la longitud total de la ruta. Teniendo como base el área



total deteriorada, se obtuvo porcentajes relativos de la presencia de cada deterioro detectado en la troncal principal, obteniendo un 47% del área con *Piel de Lagarto*, el cual se encuentra asociado principalmente a problemas con la capacidad estructural del pavimento, además de existir un 14% del área con problemas de *Exudación*.

Porcentaje Relativo de Área deteriorada Caldera - San José 2018



Porcentaje Relativo de Longitud deteriorada Caldera - San José 2018

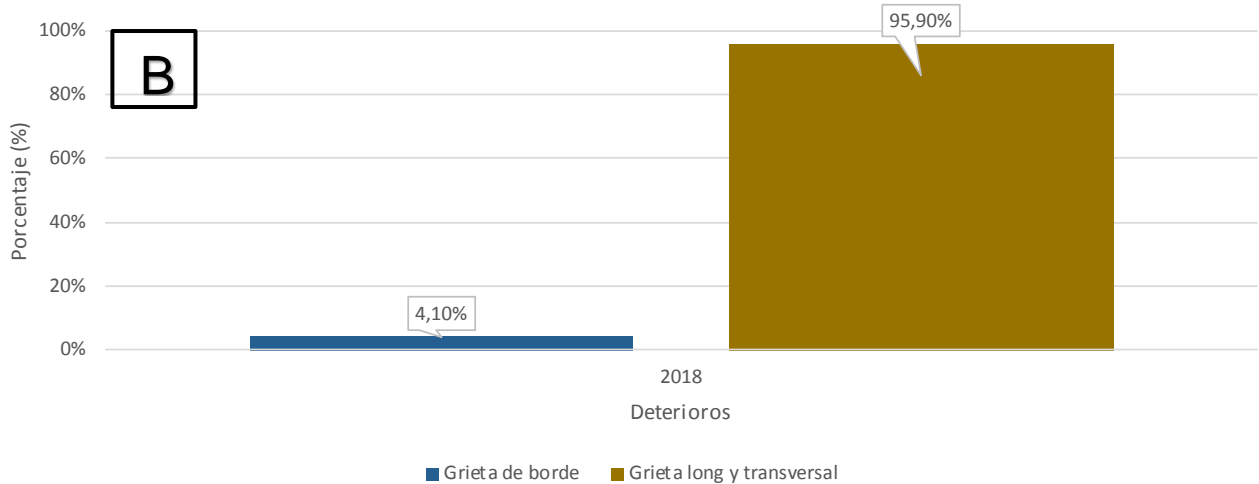


Figura 26: Resultados de deterioros, sentido Caldera - San José. A) Resumen deterioro por área, B) Resumen deterioros por longitud.



Figura 27: Ubicación de tramos con presencia de exudación. A) San José - Caldera, B) Caldera - San José



En el tema de las barreras laterales, se detectaron los sitios donde éstas muestran deformaciones debido a impactos: en total 12 en el sentido San José – Caldera y 16 en el sentido Caldera – San José. Ejemplos de los problemas encontrados se muestran en la Figura 28; la Figura 29 muestra la ubicación de algunos sitios con barreras impactadas.

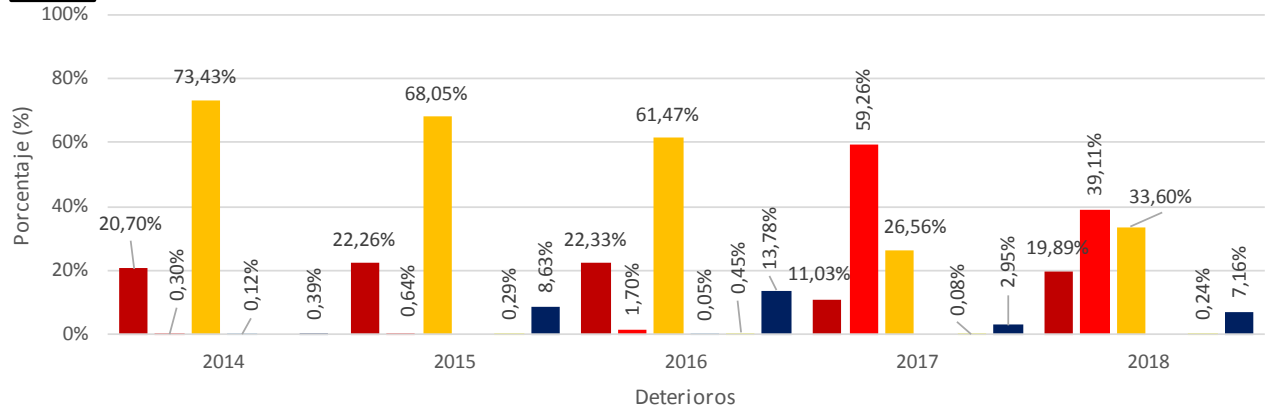
En el Anexo V se muestra la totalidad de sitios con deterioros encontrados para esta evaluación.

3.7.3 Comparación de resultados entre los años 2014 - 2018 de la evaluación visual de deterioros superficiales.

En la Figura 30 se muestra la comparación para las últimas 5 evaluaciones, en el tema de deterioros, para el sentido de San José – Caldera. En los de *área*, se ha dado un incremento constante en la superficie afectada, mientras que los de longitud han arrojado resultados aproximadamente similares en las últimas 2 campañas de evaluación, que al compararse con las campañas 2014 y 2015, se deriva un crecimiento acelerado: de seguirse la tendencia, es posible en el corto plazo alcanzar los porcentajes máximos fijados en el cartel de licitación, Cláusula 2.5.2 *Indicadores para Pavimento Asfáltico* en el inciso c) *Agrietamiento (%)*.

A

Porcentaje Relativo de Área deteriorada San José - Caldera 2014 - 2018



B

Porcentaje Relativo de Longitud deteriorada San José - Caldera 2014 - 2018

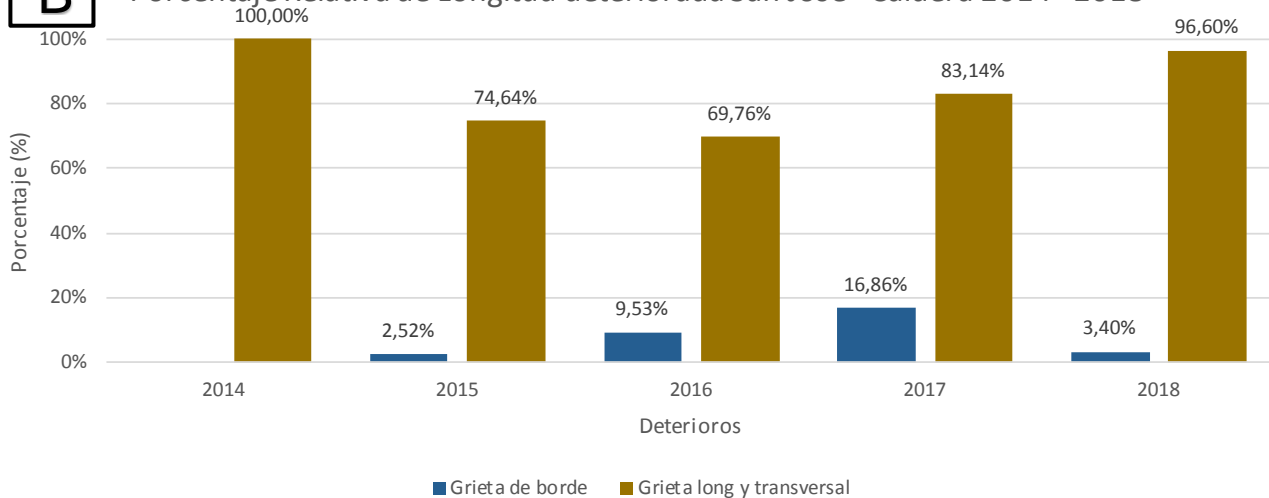
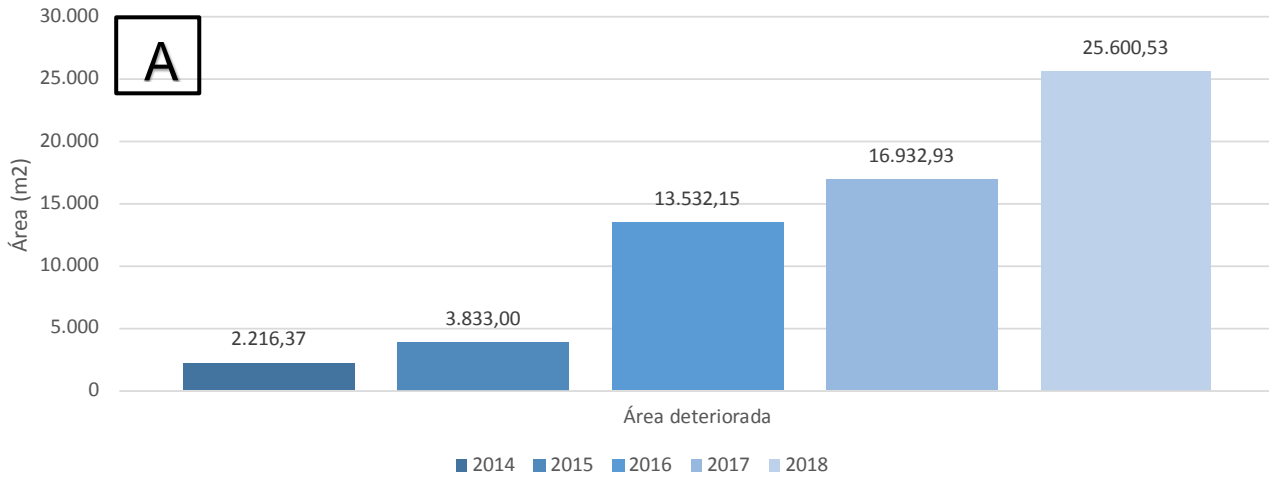


Figura 28: Comparación deterioro superficial 2014 al 2018 en el Sentido San José - Caldera.
a) Deterioros tipo área; b) Deterioros tipo grieta

Al desglosar los deterioros por tipo (Figura 28), estos han disminuido su área relativa con cada evaluación (Figura 28A). Los deterioros tipo grieta (Figura 28B), la grieta de borde disminuyó considerablemente en relación con el año 2017. En la Figura 29 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 - 2018



Longitud deteriorada San José - Caldera 2014 - 2018

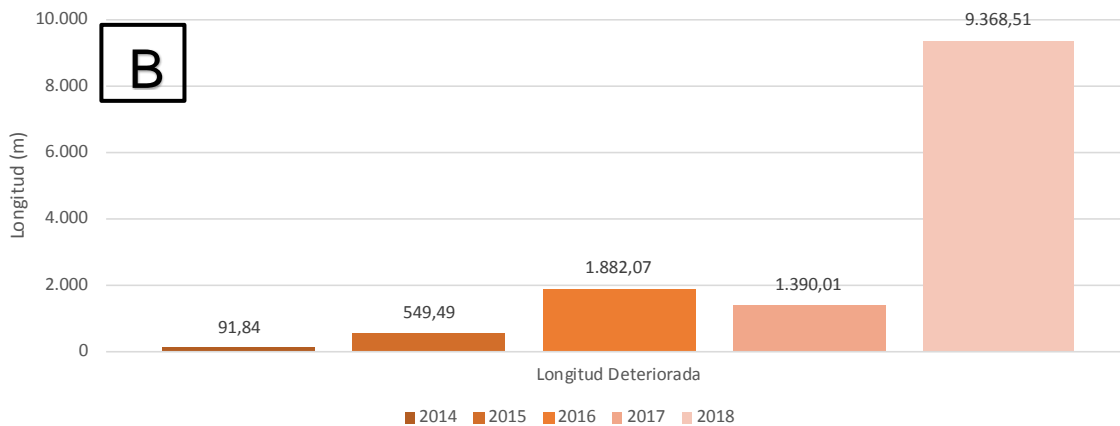


Figura 29 Cantidad de deterioro entre el 2014 al 2018 en el Sentido San José - Caldera.
A) Deterioros por área; B) Deterioros por longitud

Lo presentado anteriormente, fue el análisis para el sentido de ida. En el sentido de venida, se realiza un análisis similar: la Figura 30 muestra los resultados obtenidos en la afectación de la superficie de ruedo por deterioros, para las últimas 4 campañas de evaluación. Para los deterioros tipo *área*, existe un incremento importante entre los años 2015 y 2016, la cual se mantiene aproximadamente constante en esta última evaluación. Caso contrario para el tipo *grieta*: mientras que entre las campañas 2015 y 2016 se obtuvieron resultados similares, para la última los resultados aumentaron en un factor de casi 7.

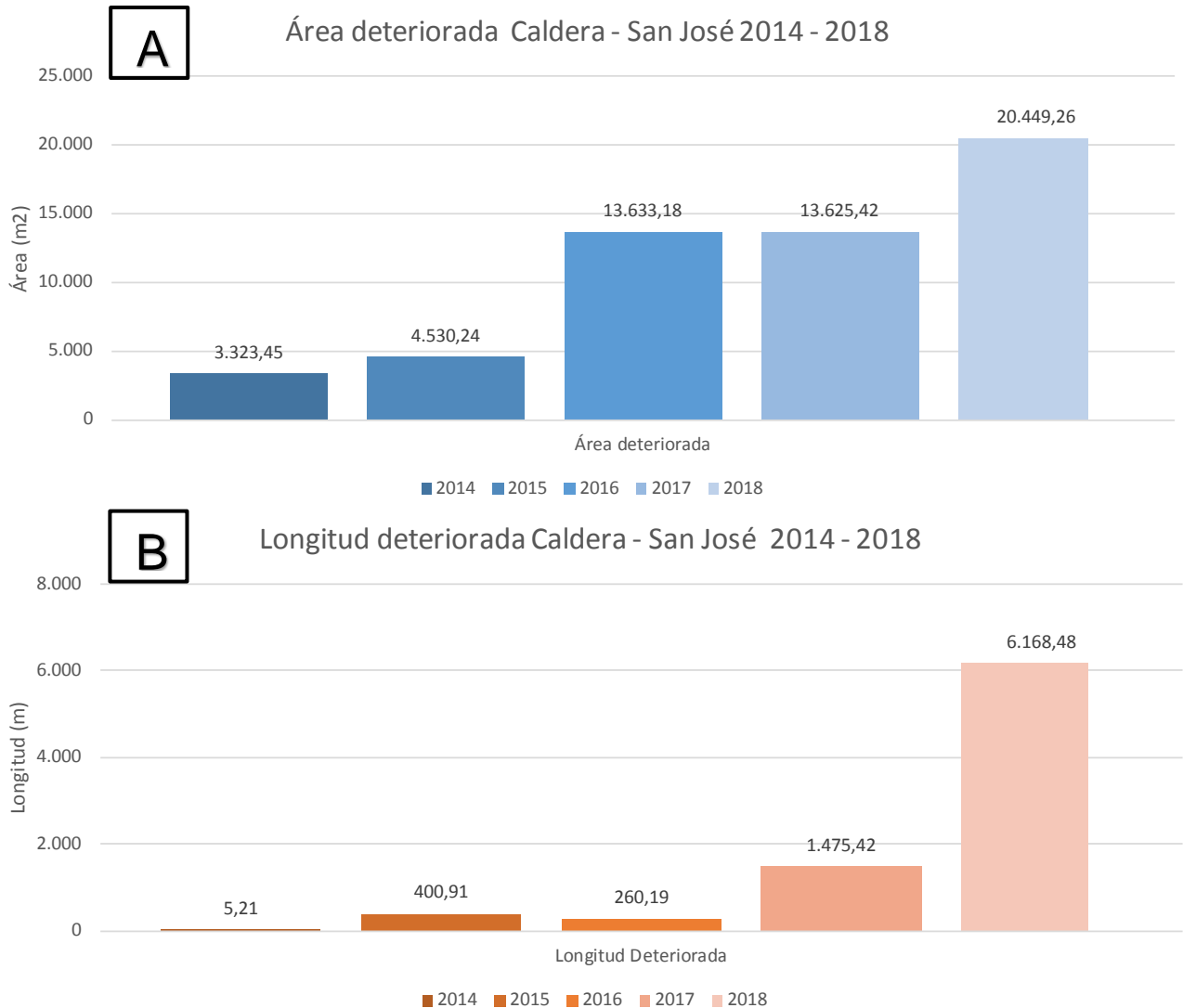


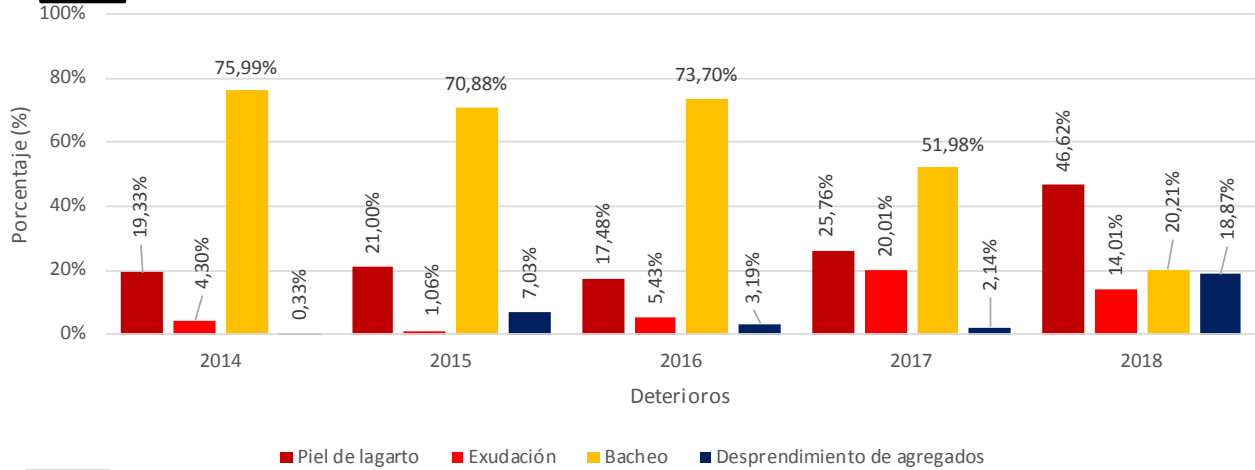
Figura 30: Comparación deterioro superficial 2014 al 2018 en el Sentido Caldera - San José.
A) Deterioros tipo área; B) Deterioros tipo grieta

Al realizar el desglose por tipo de deterioro, tanto el tipo *piel de lagarto*, como especialmente la *exudación* (Figura 31A) han aumentado considerablemente en esta última evaluación, al compararlos con el *bacheo* y el *desprendimiento*. Por su parte, las grietas de borde (Figura 31B) aumentaron desde la campaña 2016, en relación con las grietas longitudinales y transversales.



A

Porcentaje Relativo de Área deteriorada Caldera - San José 2014 - 2018



B

Porcentaje Relativo de Longitud deteriorada Caldera - San José 2014 - 2018

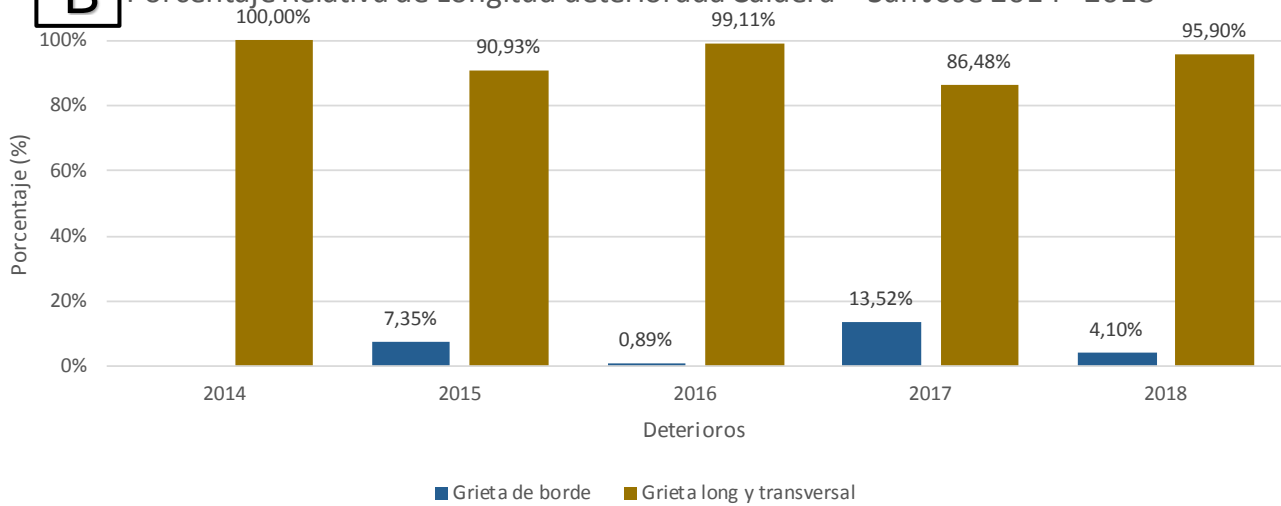


Figura 31: Comparación deterioro superficial 2014 al 2018 en el Sentido Caldera - San José. A) Deterioros tipo área; B) Deterioros tipo grieta



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 Turrucares: conecta la Ruta 27 en el estacionamiento 26+350 con el poblado de Turrucares 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 32 muestra la ubicación de estas radiales.

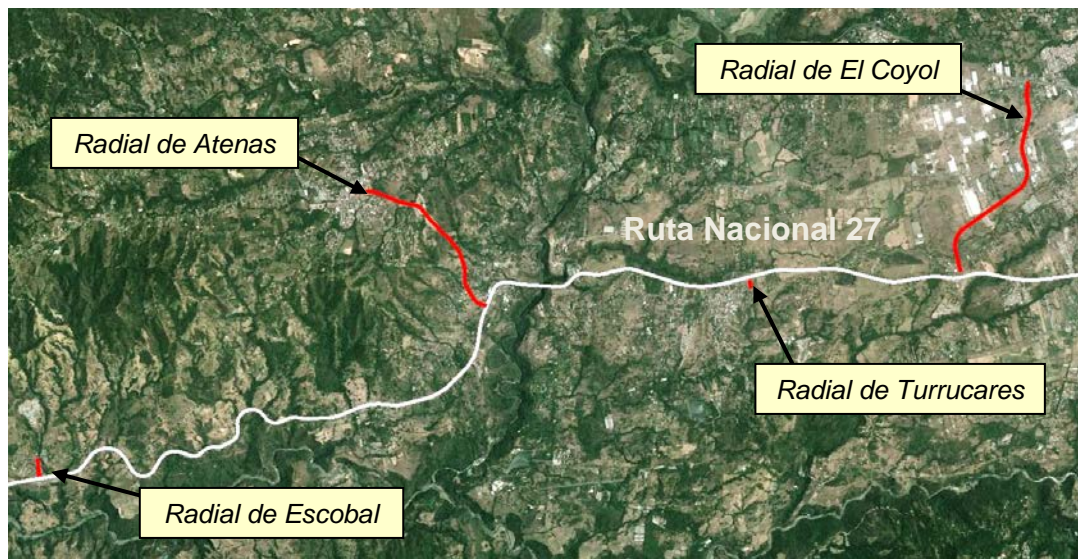


Figura 32: Ubicación de las radiales en la Ruta Nacional 27.



Como parte de la Campaña de Evaluación 2017–2018 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: Capacidad Estructural

La Figura 35 muestra para cada radial, los resultados obtenidos con el *Deflectómetro de Impacto*, en porcentajes relativos para la longitud de cada una. Según el contrato de la concesión en la Sección 2.3.2.1.5 *Diseño Geométrico*, el concesionario debe considerar como mínimo las velocidades de diseño y las secciones transversales típicas, contenidos en los diseños, planos y anteproyectos proporcionados por el Concejo Nacional de Concesiones (CNC) y dar mantenimiento y rehabilitación a las radiales especificadas en el contrato. Al momento de realizar este análisis no se contó con la información referente a la estructura de cada radial, por lo que se considera un espesor de capa asfáltica igual a la estructura de la sección a la cual pertenecen: dado que todas las radiales se encuentran en la Sección 2 de la ruta, se asumirá su estructura para el cálculo de las deflexiones.

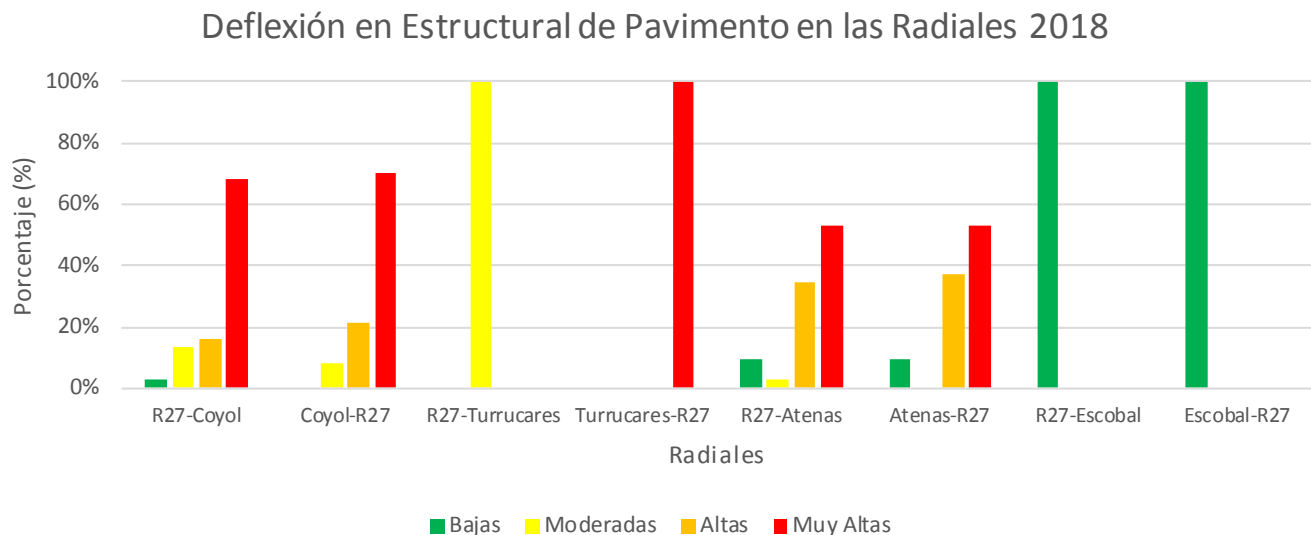


Figura 33: Resultados obtenidos con el Deflectómetro de Impacto, para las radiales de la Ruta 27, en porcentajes para cada categoría.

Analizando la Figura 33, las 2 radiales más largas del proyecto (Atenas y El Coyol), son las que presentan los valores más altos de deflexiones, lo que representa una capacidad estructural deficiente. Por su parte, la de Escobal presenta deflexiones una muy buena condición estructural.

4.3 Resultados obtenidos: Condición Funcional

En la Figura 34 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.

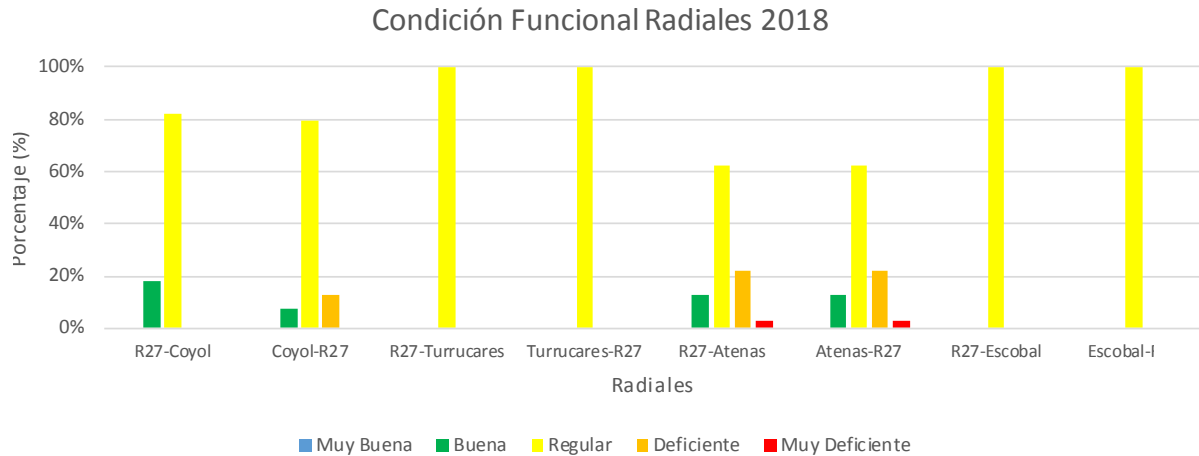


Figura 34: Resultados obtenidos con el Perfilómetro Láser, para las radiales de la Ruta 27, en porcentajes para cada rango.

Como se observa, la mayor parte de la longitud de cada radial se encuentra en la categoría de *regular*. La radial de Atenas, presenta además una longitud importante en el rango de *deficiente*.

4.4 Resultados obtenidos: Coeficiente de Fricción

Las Figuras 35 y 36 muestran los resultados obtenidos en la evaluación de agarre superficial, con los 2 equipos usados también en la troncal principal (*GripTester*, *MuMeter*). Se puede observar que la evaluación con el *MuMeter* (Figura 38) muestra que la radial a Turrúcares se encuentra, en su totalidad, con valores que no cumplen con los parámetros establecidos en el contrato, además la radial a El Coyol presenta más de un 25% de su longitud que incumple con valores establecidos en el contrato.

En relación con los resultados obtenidos con el el *GripTester*, se presenta predominantemente las categorías de *deslizante* a *muy deslizante* en la longitud de las cuatro radiales.

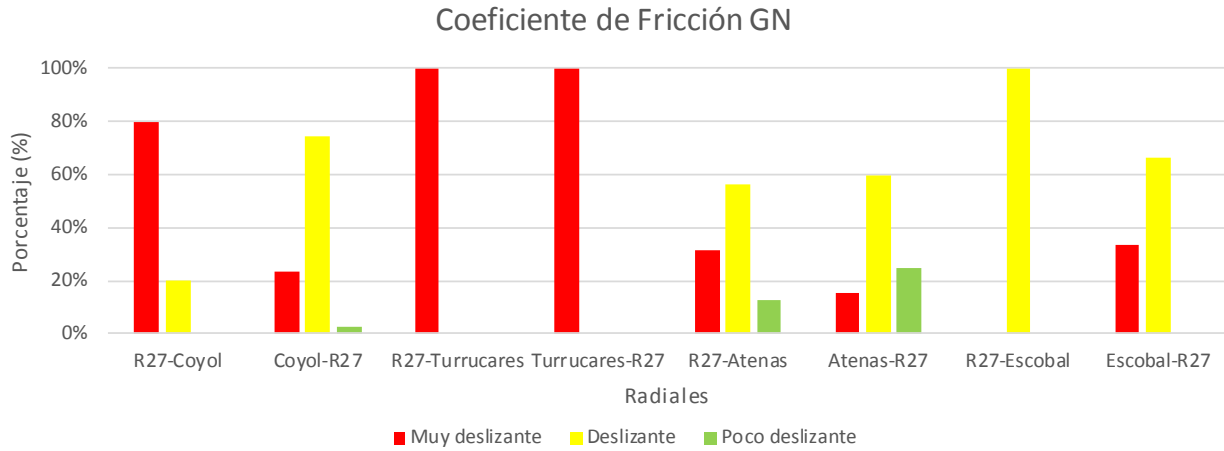


Figura 35: Resultados obtenidos con el Grip Tester, para las radiales del proyecto concesionado, en porcentajes para cada rango.

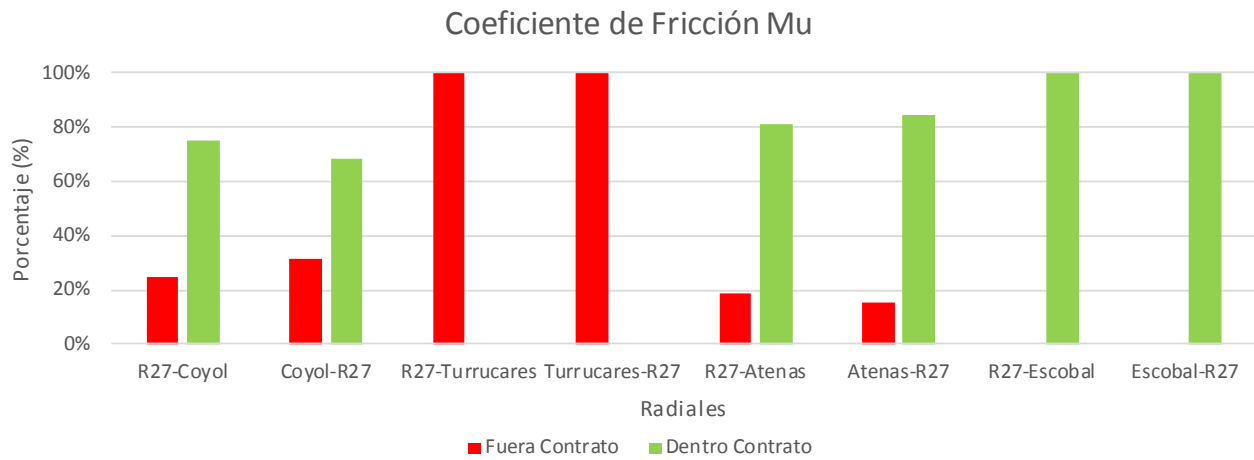


Figura 36: Resultados obtenidos con el Mu-Meter, para las radiales de la Ruta 27, en porcentajes para cada rango.



4.5 Notas de Calidad Q para las radiales

Con base en los resultados obtenidos en deflectometría y regularidad superficial, se procede a estimar las notas Q para cada radial (dividida en tramos de 100 metros de longitud para facilitar el análisis). Los resultados (Figura 37), muestran que, excepto por la radia a Escobal, las demás presentan porcentajes importantes de su longitud con Notas Q R1, R2 y R3 que presentan altos niveles de deterioro, desde el punto de vista estructural y funcional, lo que se traduce en que la alternativa de intervención recomendada es la reconstrucción del pavimento.

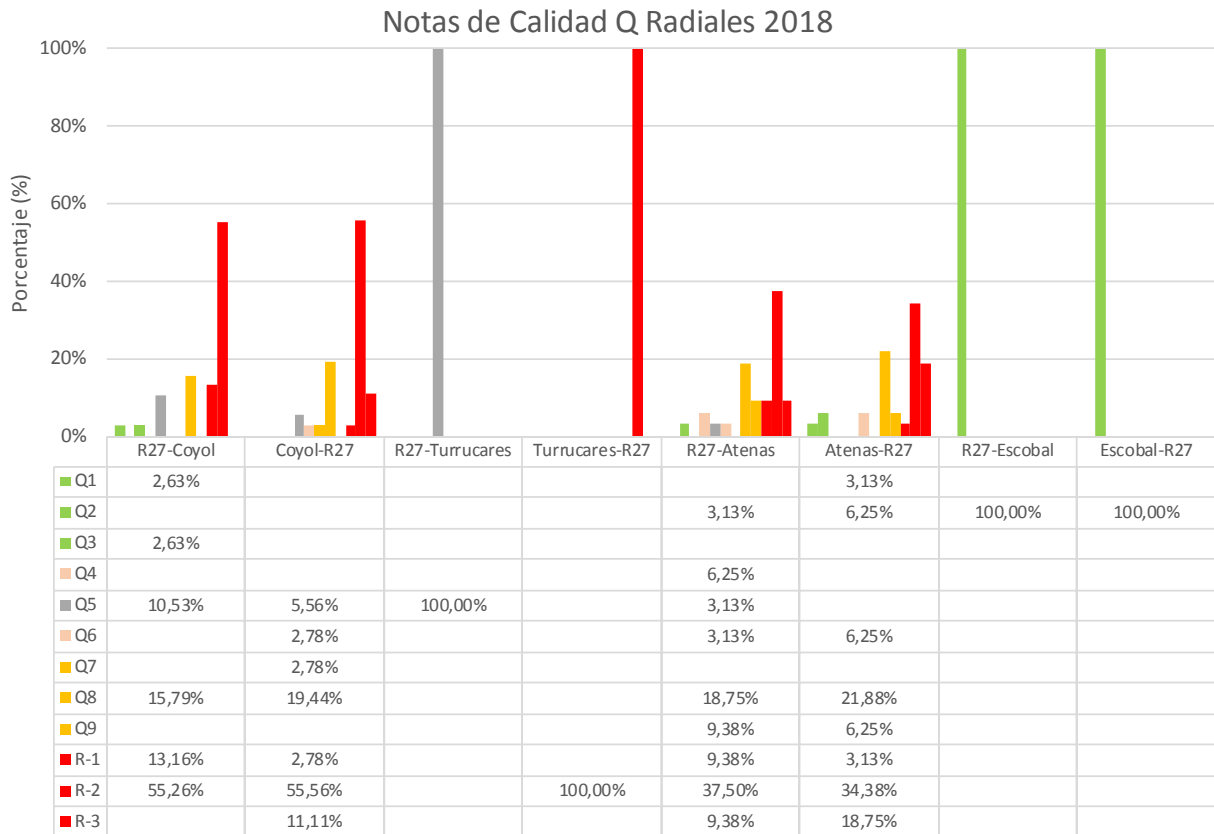


Figura 37: Notas Q para las Radiales.



4.6 Resultados obtenidos: análisis de deterioros superficiales

Con el *Equipo de Imágenes 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 2017 – 2018, se muestra que, al hacer una comparación relativa del área deteriorada versus el área total aproximada de cada radial (Figura 38), se puede notar que la radial a Turrúcares es la que presenta mayor porcentaje de área deteriorada. La radial a Escobal no presenta deterioros. Además, se puede apreciar que los deterioros dominantes son Piel de Lagarto y Exudación, en donde para la Radial a El Coyol representa alrededor de un 15% del área deteriorada.

Estos resultados concuerdan con los valores obtenidos en la sección 4.5 *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.

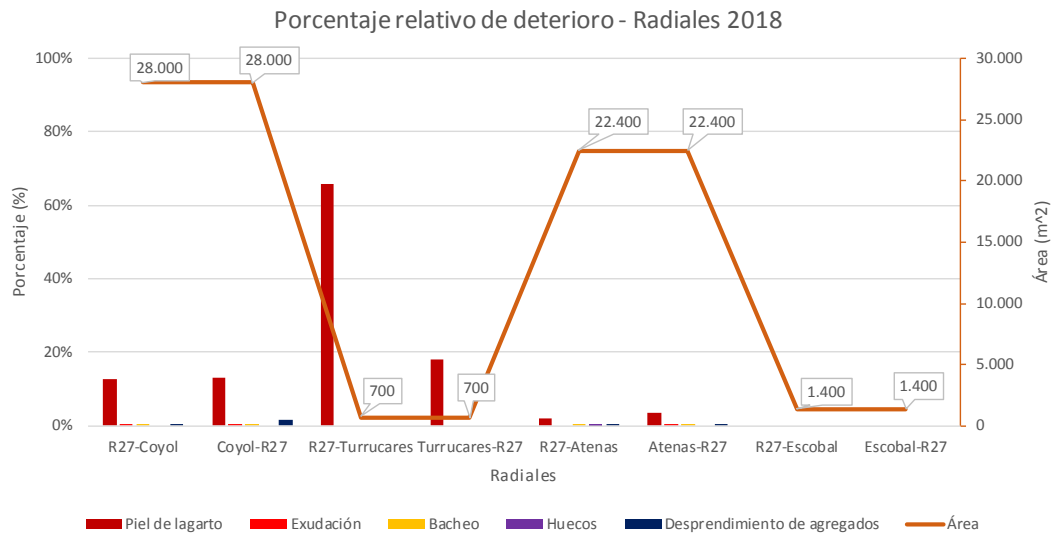


Figura 38: Distribución de deterioros en las radiales con área deteriorada por radial, Ruta Nacional 27



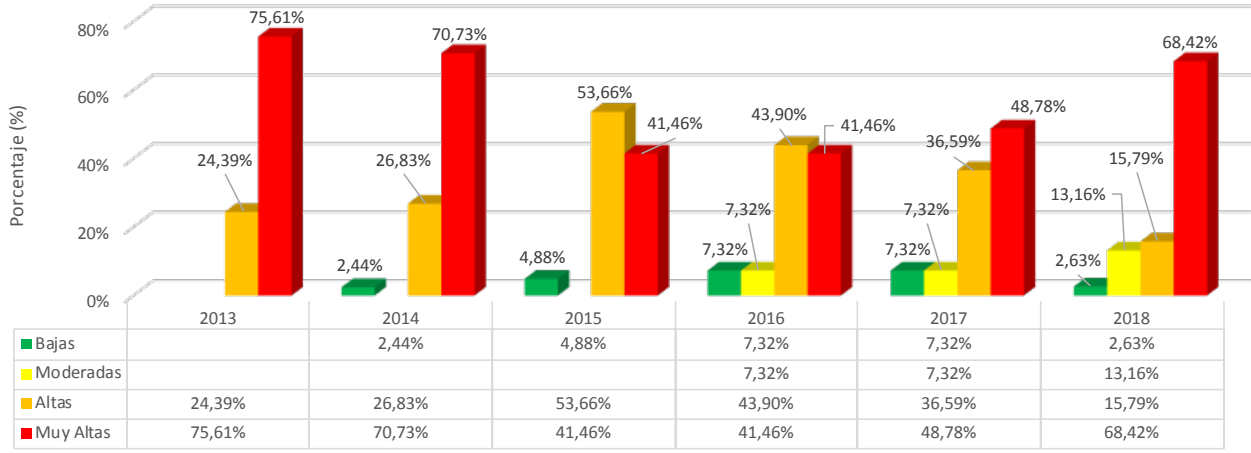
4.7 Comparación de la condición de las radiales, campañas 2013 – 2018

4.7.1 Evaluación con el deflectómetro de impacto

Las Figuras 39 a 42 muestran para cada sentido de las radiales, la comparación de los resultados obtenidos en las campañas de evaluación de la capacidad estructural, entre los años 2013 a 2018. Del estudio de estas figuras, no se determina una tendencia clara hacia la mejora, pero lo que si resulta claro es que, al comparar el estado estructural de las radiales con la de la troncal principal, los resultados muestran que, a lo largo de las últimas campañas de evaluación, no existe un plan de intervenciones que provea a las radiales un paquete estructural similar al de la troncal principal. Si bien es cierto, el nivel de tránsito difiere entre estas rutas (siendo bastante menor en las radiales), no debería existir una diferencia tan marcada.



Deflexión en Estructural de Pavimento Ruta 27 - El Coyal, 2013-2018



Deflexión en Estructural de Pavimento El Coyal - Ruta 27 , 2013-2018

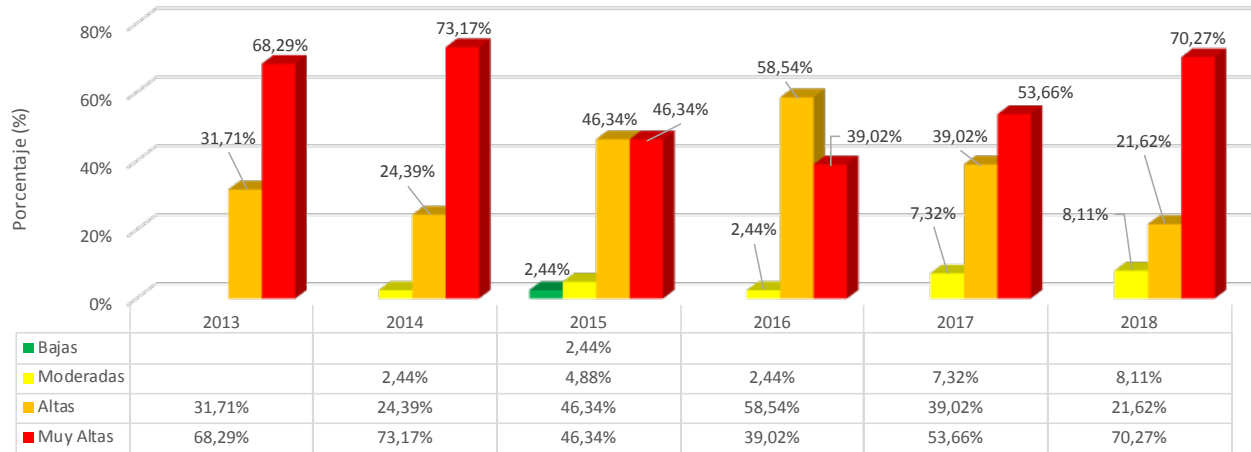
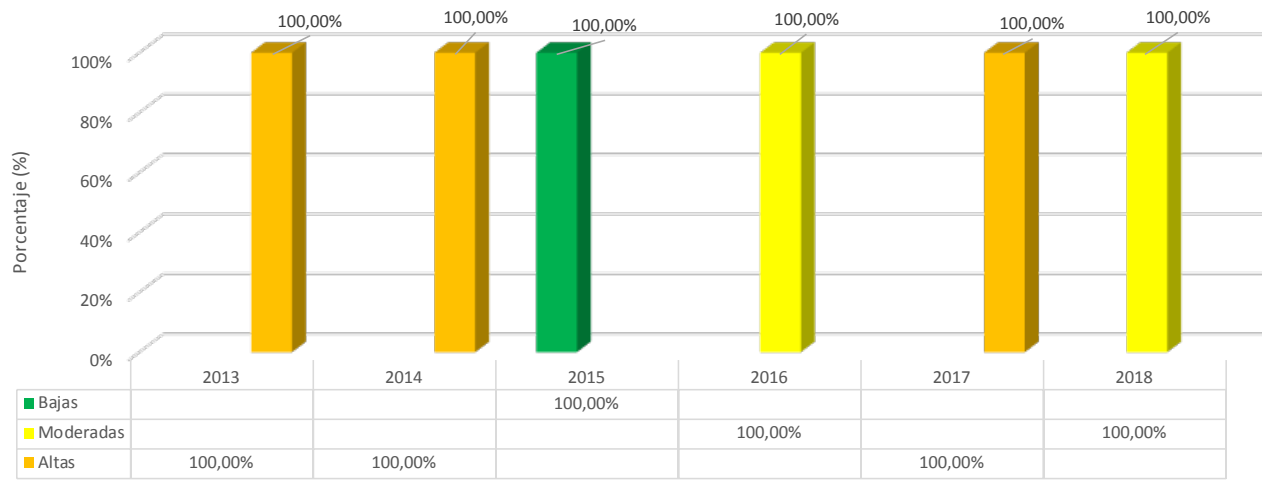


Figura 39: Comparativo Deflexiones de Radia El Coyal años 2013-2018



Deflexión en Estructural de Pavimento Ruta 27 - Turrucares, 2013-2018



Deflexión en Estructural de Pavimento Turrucares - Ruta 27, 2013-2018

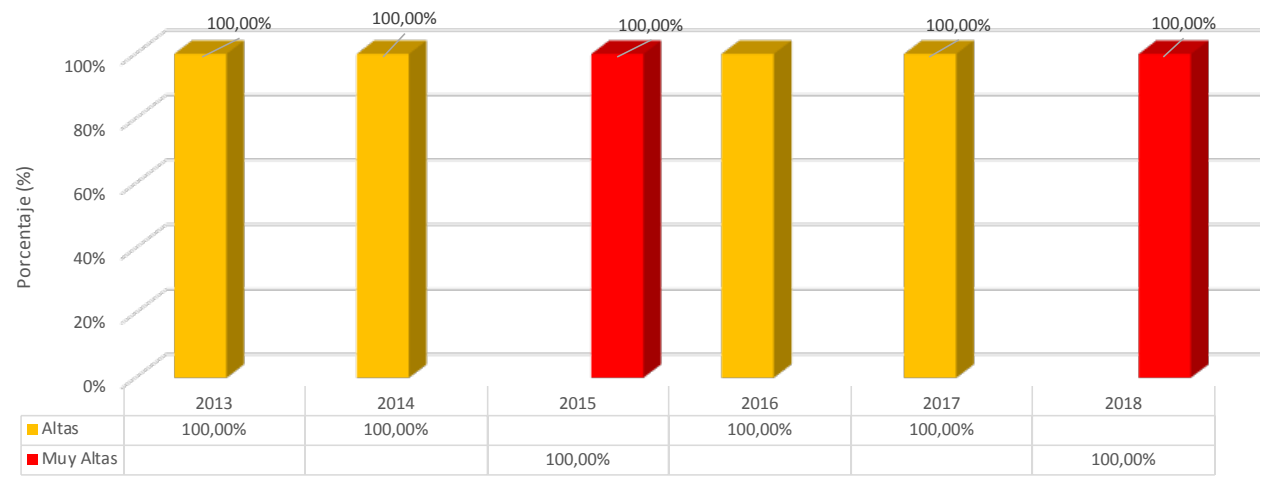
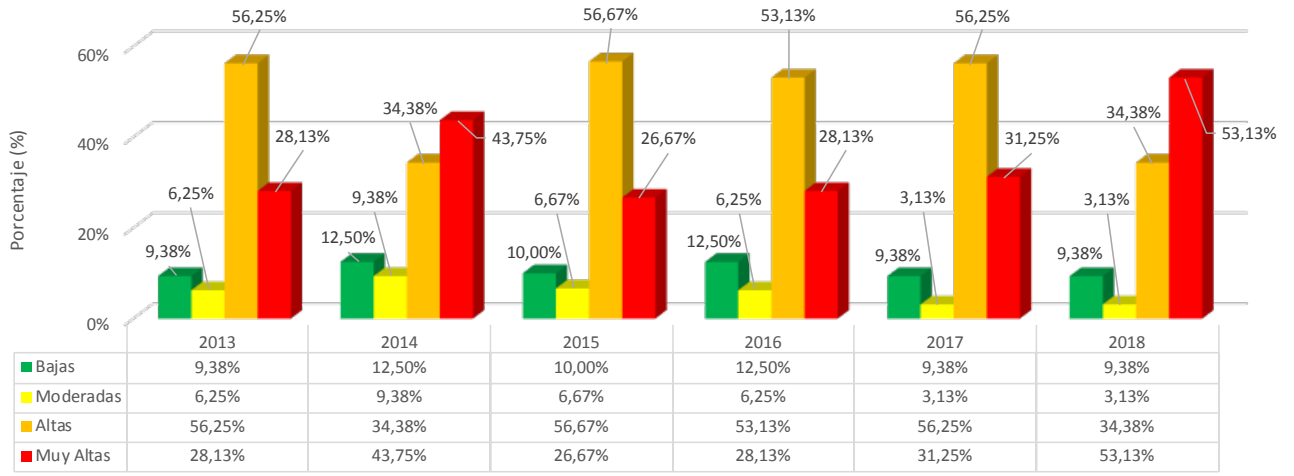


Figura 40: Comparativo Deflexiones de Radial Turrúcares años 2013-2018



Deflexión en Estructural de Pavimento Ruta 27 - Atenas, 2013-2018



Deflexión en Estructural de Pavimento Atenas - Ruta 27, 2013-2018

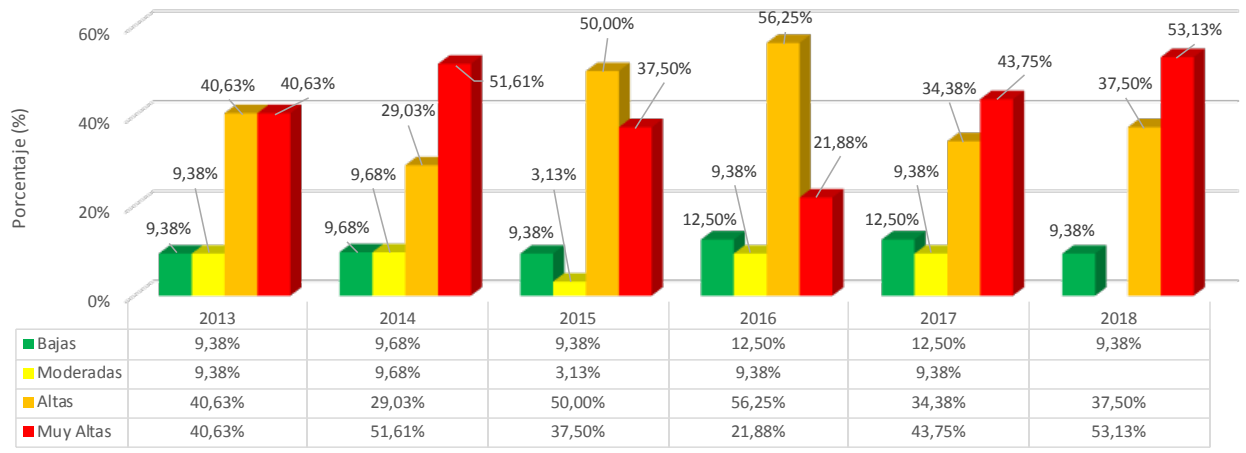
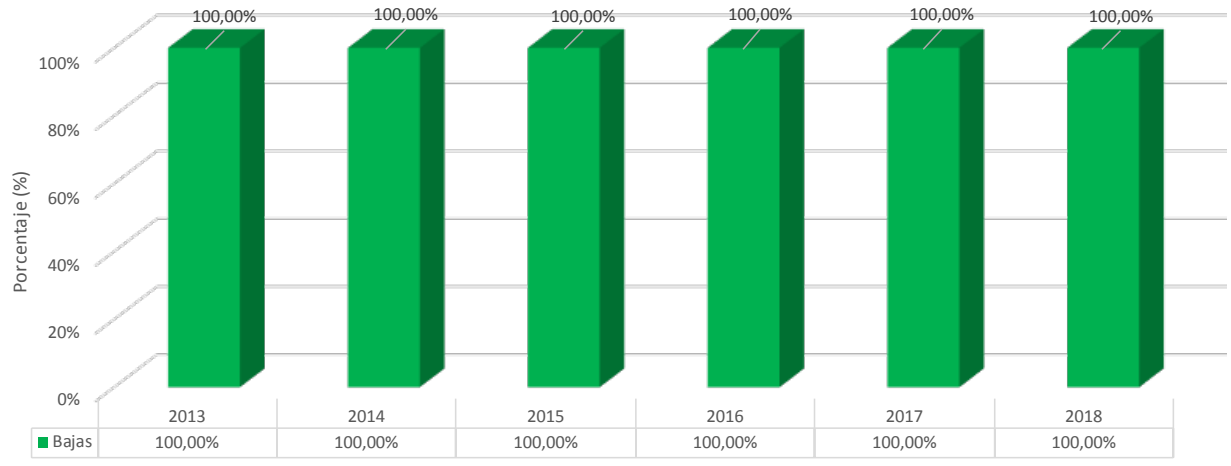


Figura 41: Comparativo Deflexiones de Radial Atenas años 2013-2018



Deflexión en Estructural de Pavimento Ruta 27 - Escobal, 2013-2018



Deflexión en Estructural de Pavimento Escobal - Ruta 27, 2013-2018

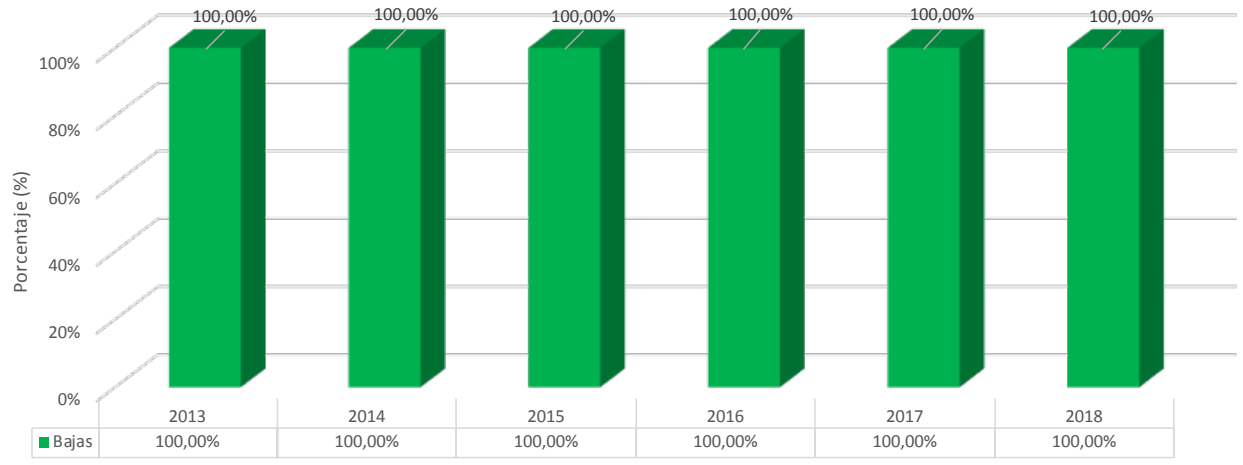


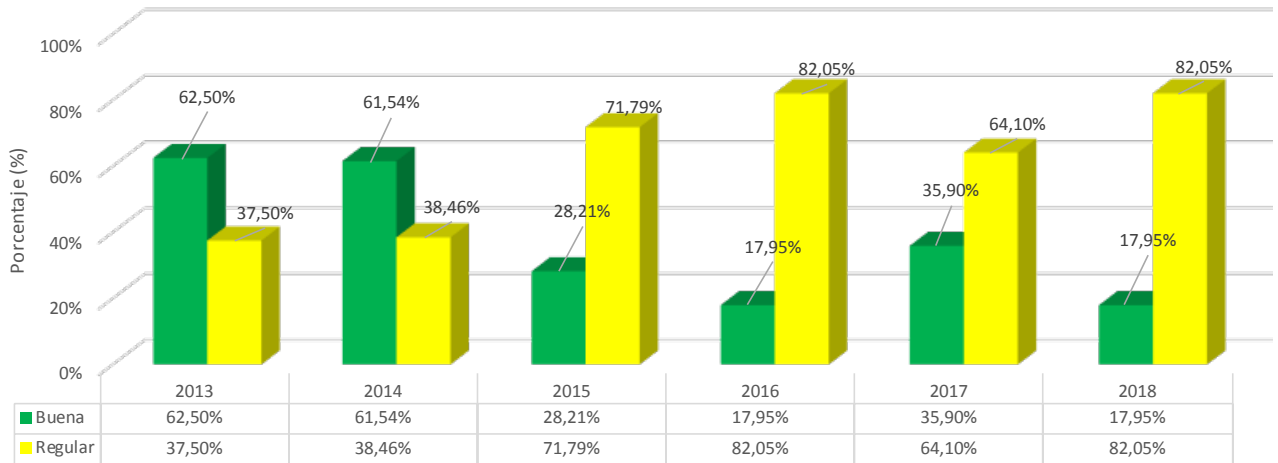
Figura 42: Comparativo Deflexiones de Radial Escobal años 2013-2018

4.7.2 Evaluación con el perfilómetro láser superficial

En las Figuras 43 a 46, se muestra la comparación de resultados obtenidos en la evaluación de la regularidad superficial, para las campañas 2013 a 2018. Se nota la tendencia, especialmente en las radiales de El Coyal y Atenas al deterioro en este parámetro, al haber un porcentaje cada vez mayor de la longitud en los rangos *regular* a *deficiente*.



Capacidad Funcional Ruta 27 - El Coyol, 2013-2018



Capacidad Funcional El Coyol - Ruta 27, 2013-2018

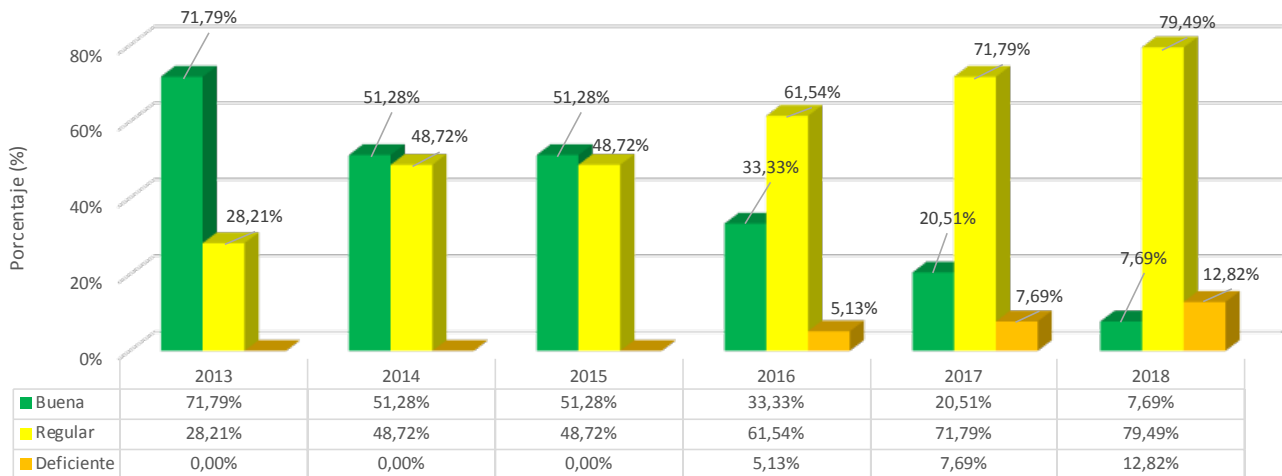
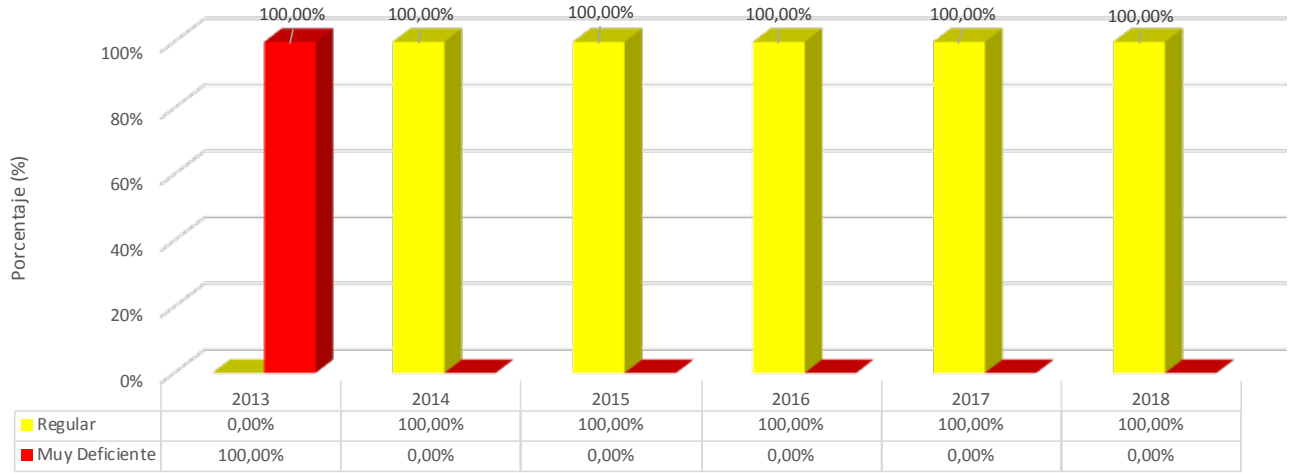


Figura 43: Comparativo Regularidad Superficial de Radial El Coyol años 2013-2018



Capacidad Funcional Ruta 27 - Turrucares, 2013-2018



Capacidad Funcional Turrucares- Ruta 27, 2013-2018

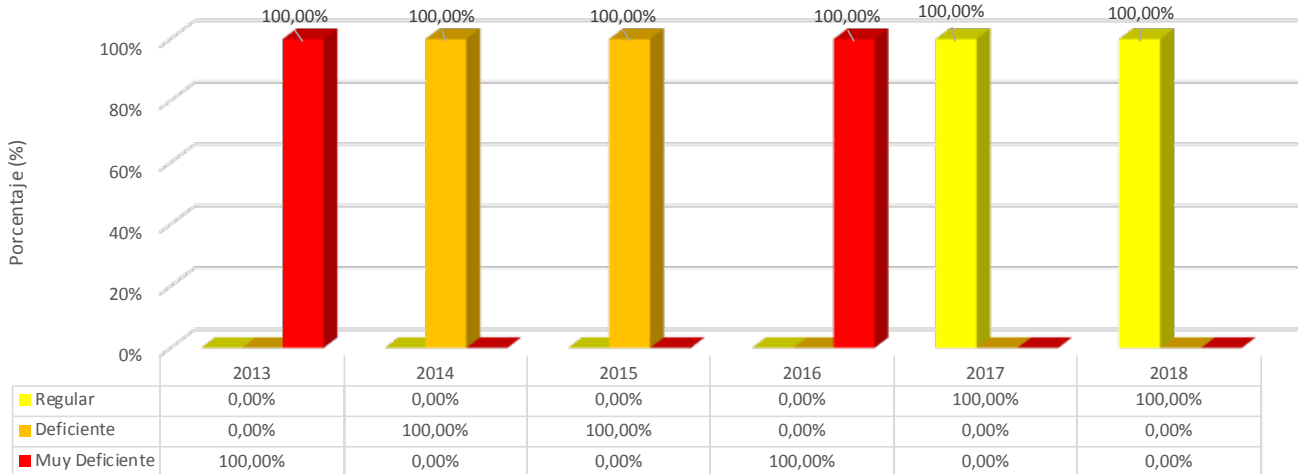
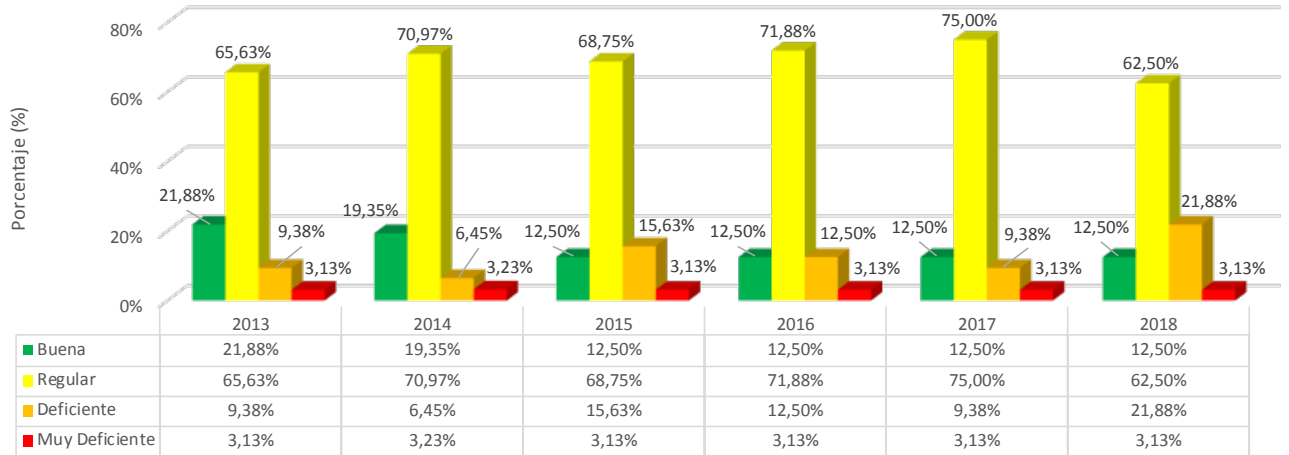


Figura 44: Comparativo Regularidad Superficial de Radial Turrúcares años 2013-2018



Capacidad Funcional Ruta 27 - Atenas, 2013-2018



Capacidad Funcional Atenas - Ruta 27, 2013-2018

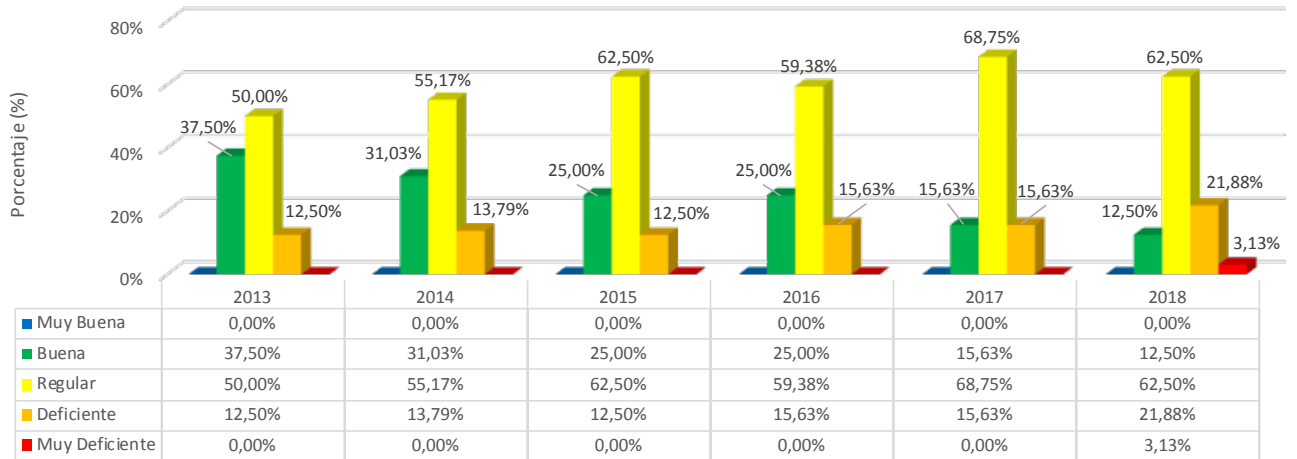
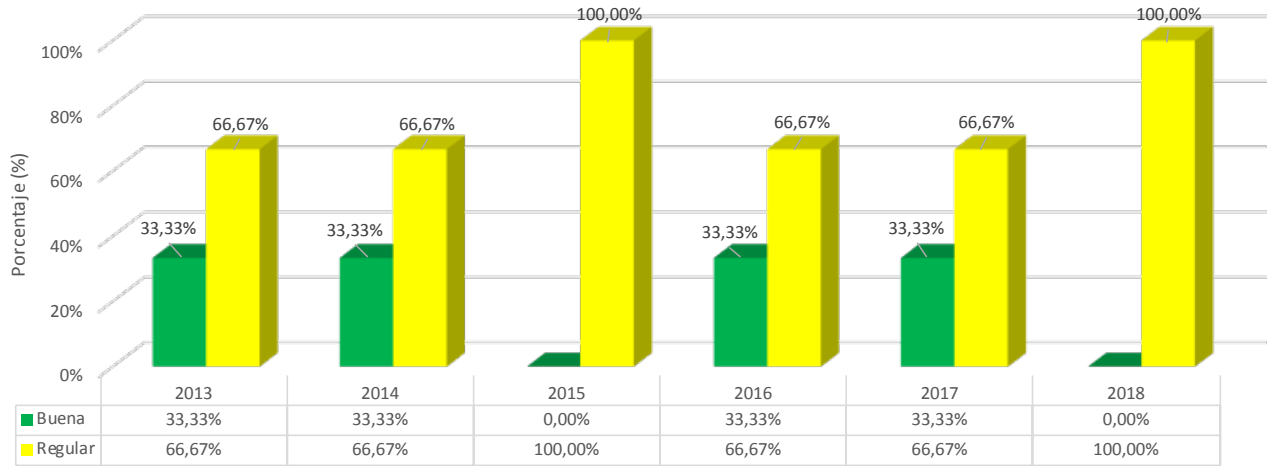


Figura 45: Comparativo Regularidad Superficial de Radial Atenas años 2013-2018



Capacidad Funcional Ruta 27 - Escobal, 2013-2018



Capacidad Funcional Escobal - Ruta 27, 2013-2018

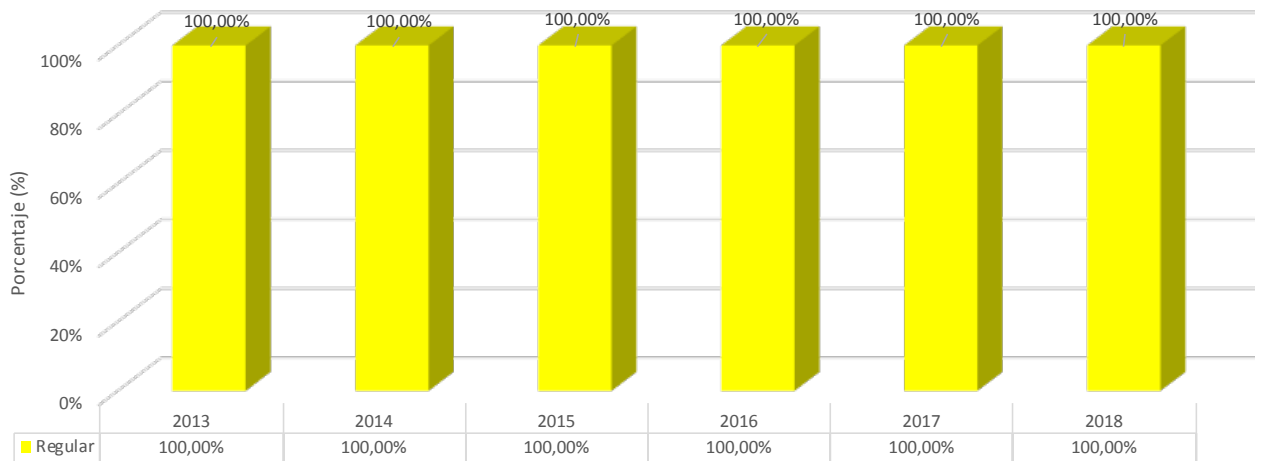


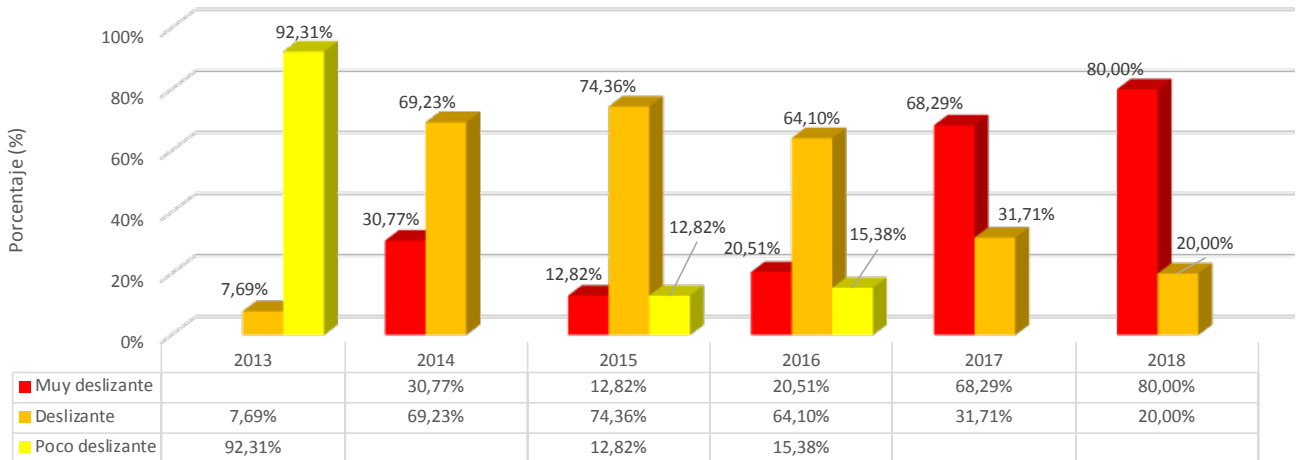
Figura 46: Comparativo Regularidad Superficial de Radial Escobal años 2013-2018



4.7.3 Evaluación con el medidor del coeficiente de rozamiento superficial.

En las Figuras 47 a 50, se muestra la comparación de los resultados del ensayo con el GripTester para las radiales en las campañas 2013 y 2018, mostrando una tendencia hacia al incremento la longitud de la superficie con poca resistencia al deslizamiento, principalmente en las radiales El Coyol y Atenas.

Coeficiente Rozamiento GN Ruta 27 - El Coyol, 2013-2018



Coeficiente Rozamiento GN El Coyol - Ruta 27, 2013-2018

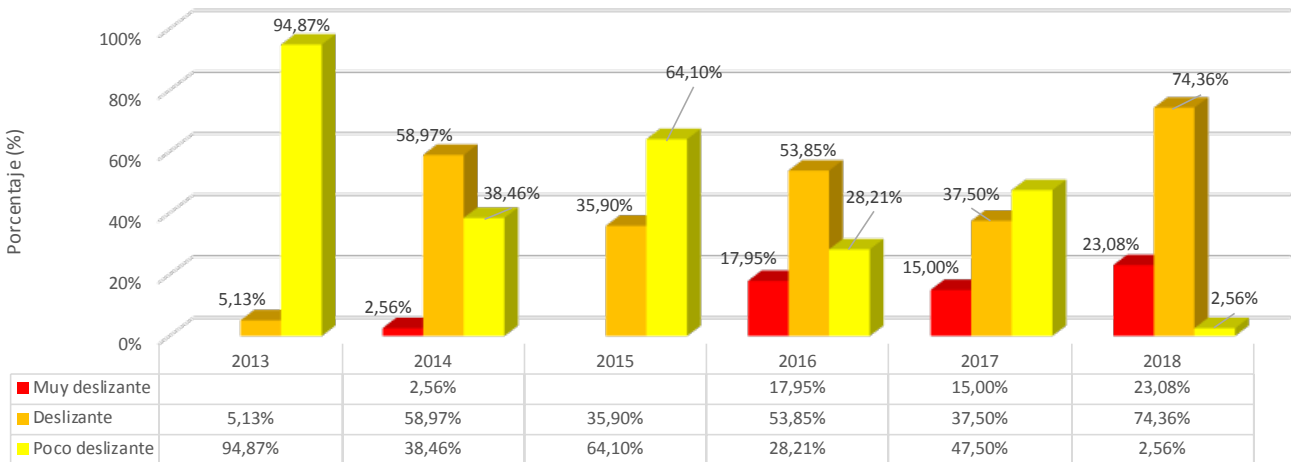
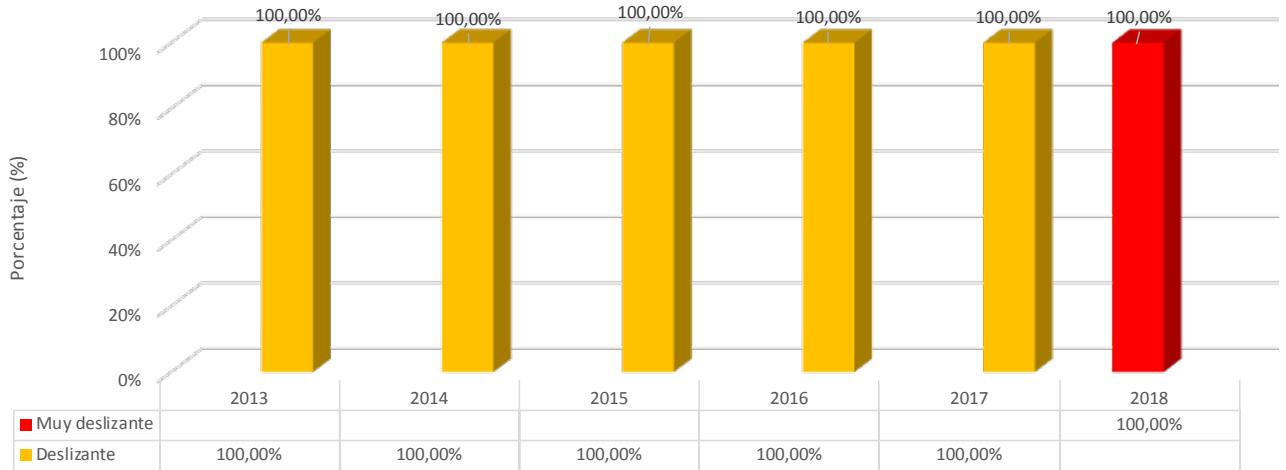


Figura 47: Comparativo Coeficiente de Rozamiento Superficial (GripTester) Radial El Coyol 2013-2018



Coeficiente Rozamiento GN Ruta 27 - Turrucares, 2013-2018



Coeficiente Rozamiento GN Turrucares - Ruta 27, 2013-2018

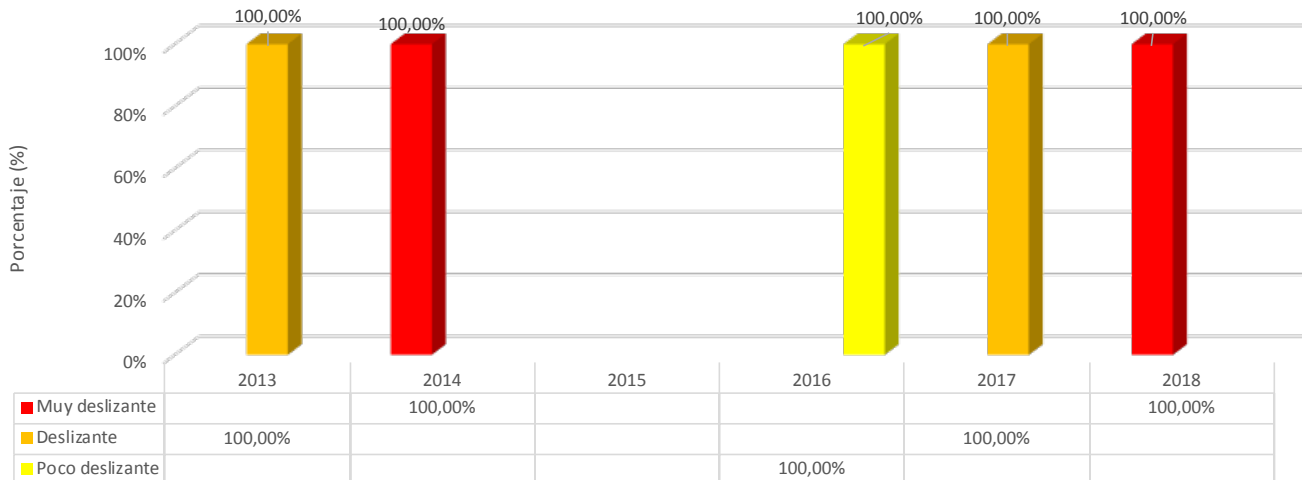


Figura 48: Comparativo Coeficiente de Rozamiento Superficial (GripTester) Radial Turrucares 2013-2018

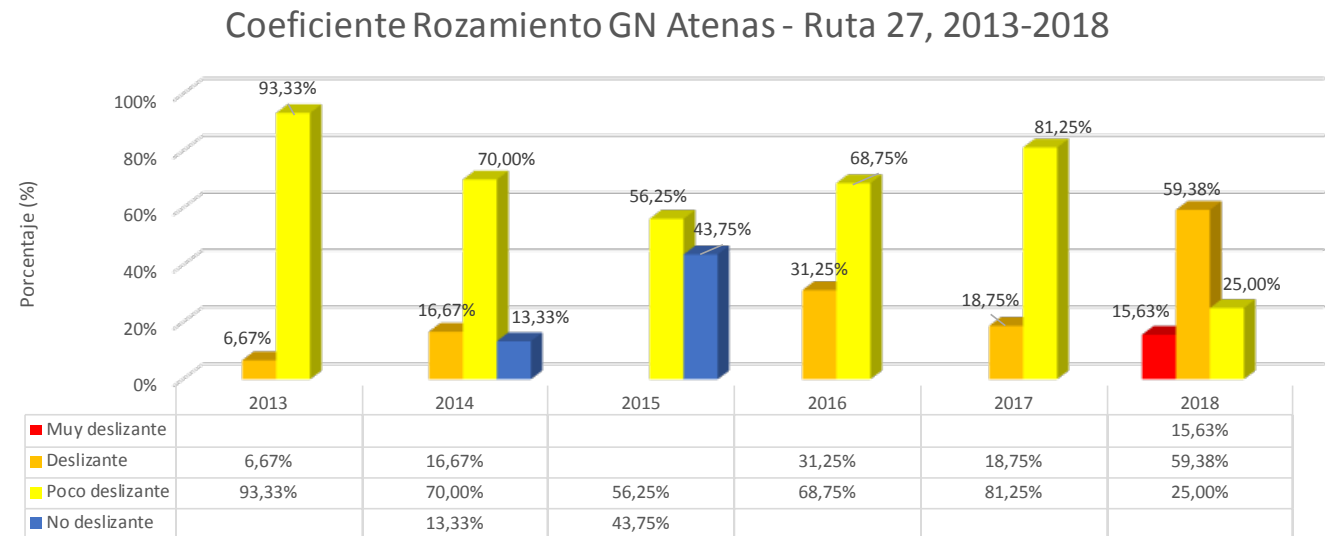
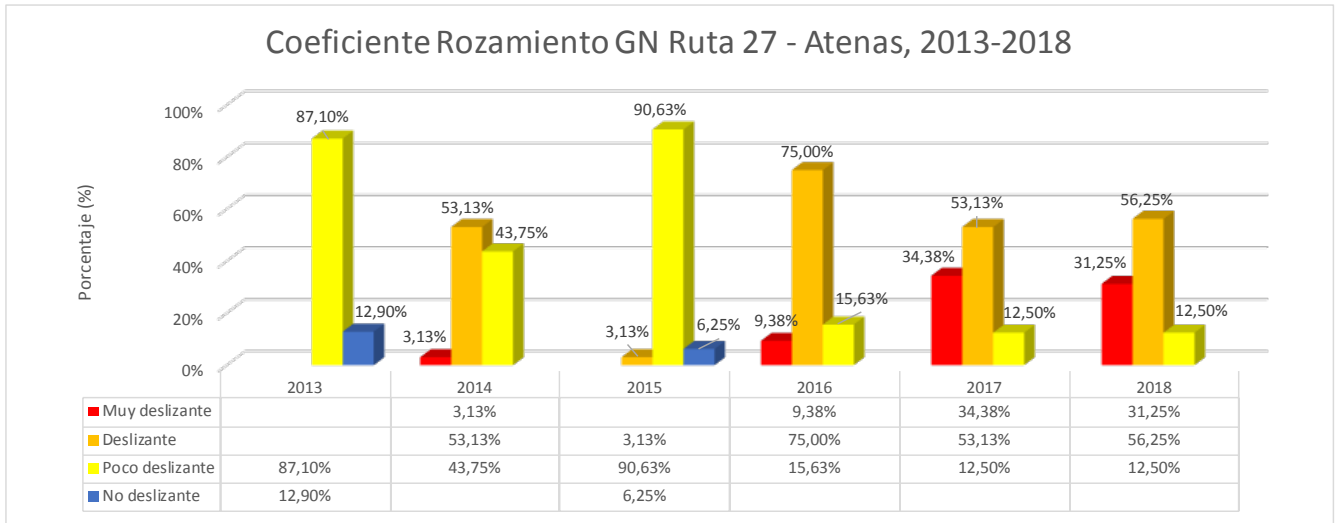
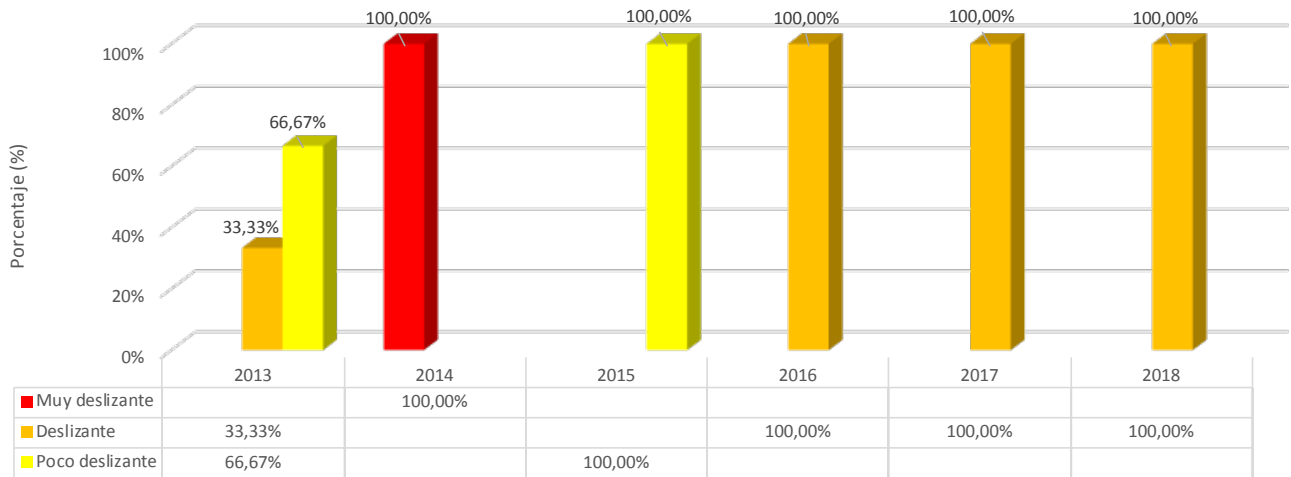


Figura 49: Comparativo Coeficiente de Rozamiento Superficial (GripTester) Radial Atenas 2013-2018



Coeficiente Rozamiento GN Ruta 27 - Escobal, 2013-2018



Coeficiente Rozamiento GN Escobal - Ruta 27, 2013-2018

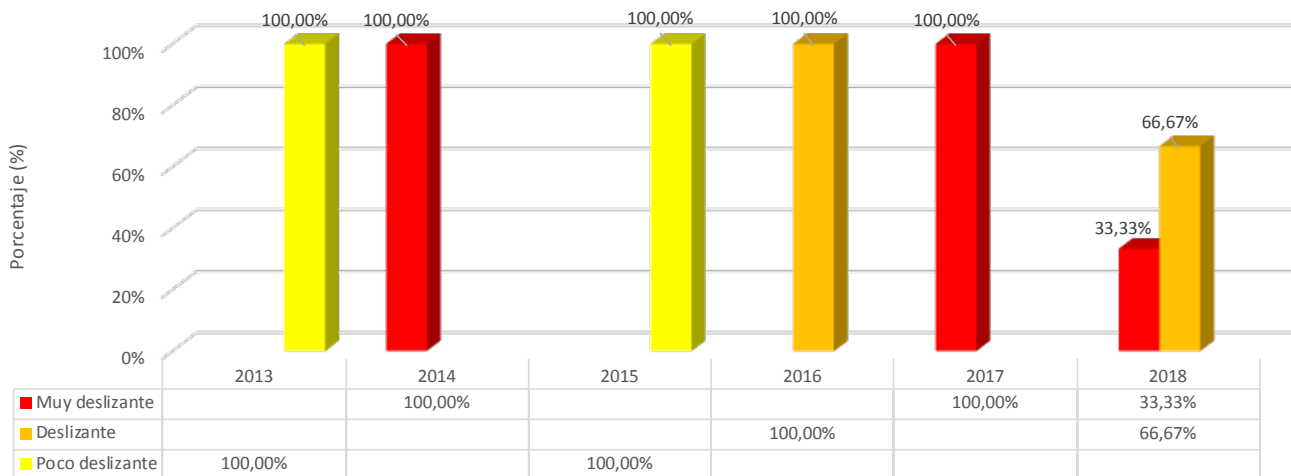


Figura 50: Comparativo Coeficiente de Rozamiento Superficial (GripTester) Radial Escobal 2013-2018

4.7.4 Evaluación visual de Deterioro Superficial.

Al desglosar los deterioros por tipo para el periodo de evaluación 2014 – 2017, el mayor porcentaje por área lo ocupa el conocido como *piel de lagarto*, seguido del *bacheo* (Figuras 51 a 56). Destaca el incremento importante en el área afectada por exudación, para el año 2017, en el sentido de la radial Ruta 27 – Atenas (Figura 53).

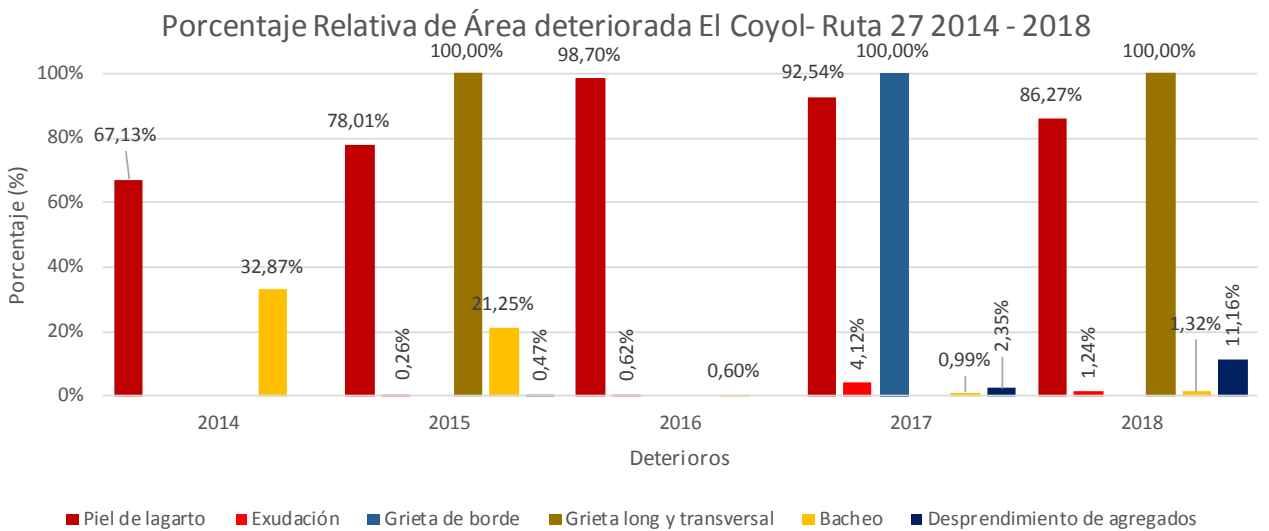
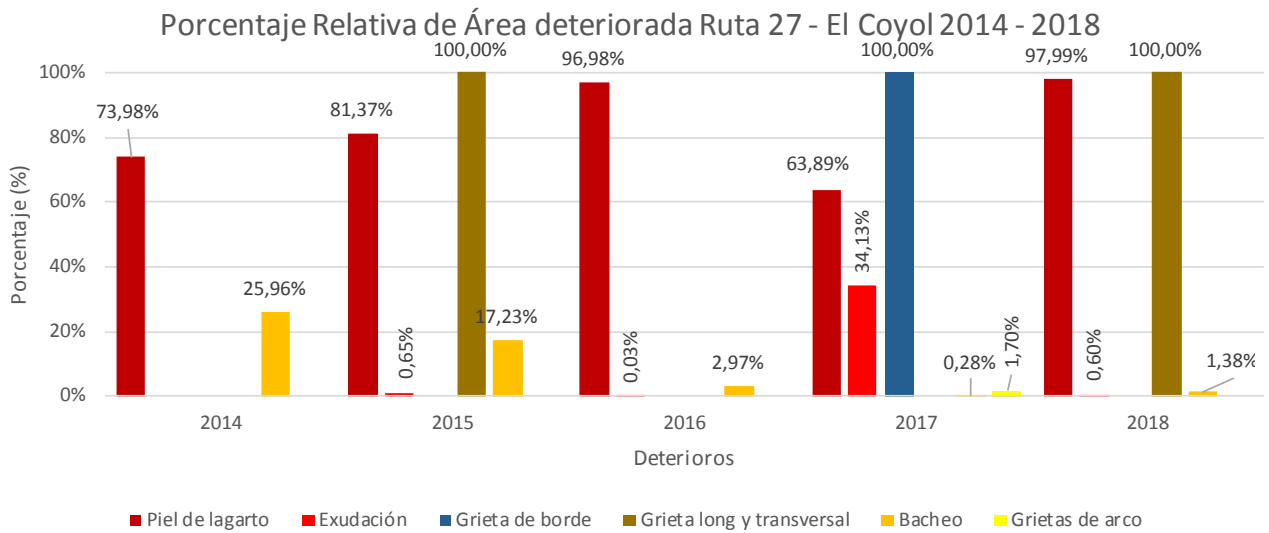


Figura 51: Condición superficial en Radial El Coyal

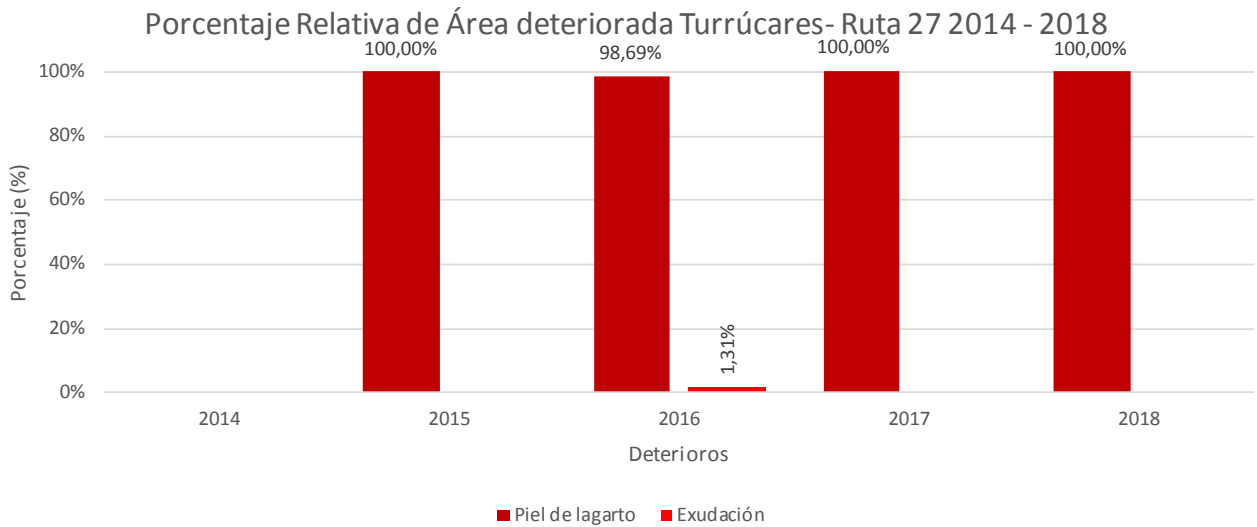
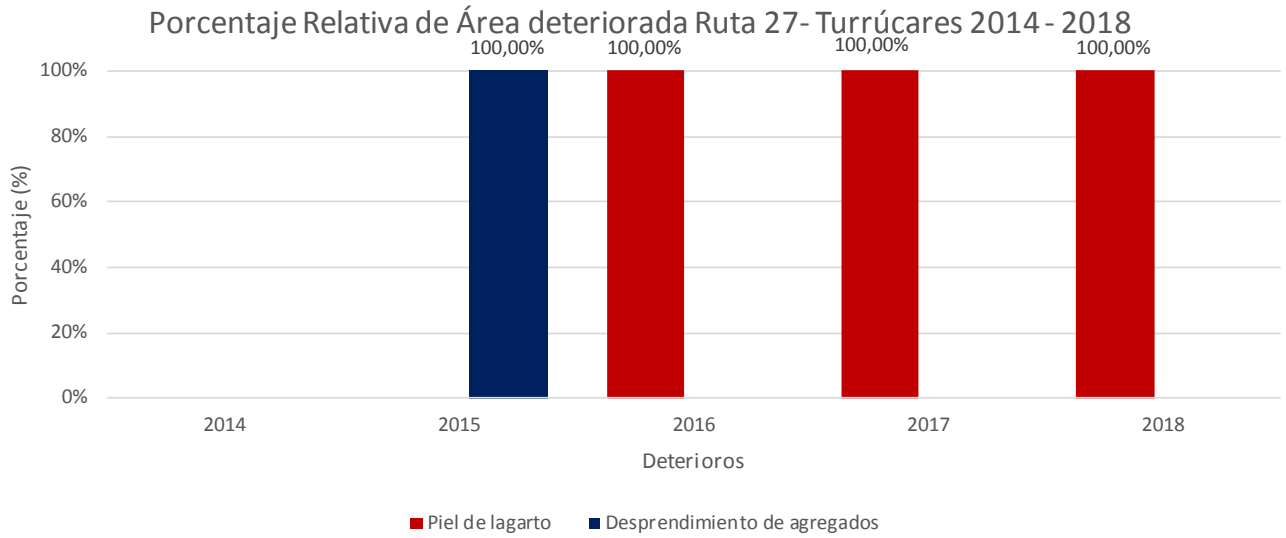
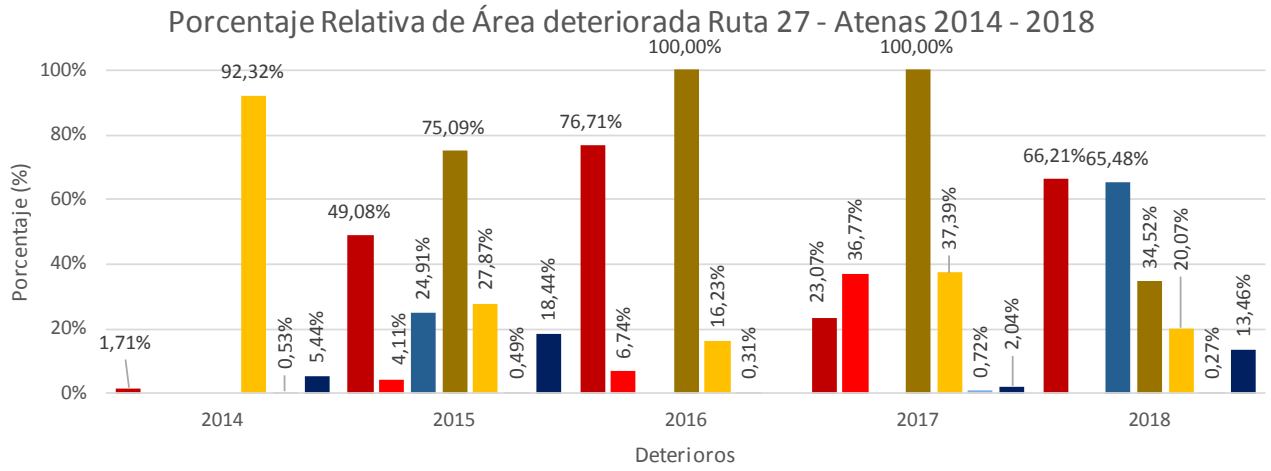
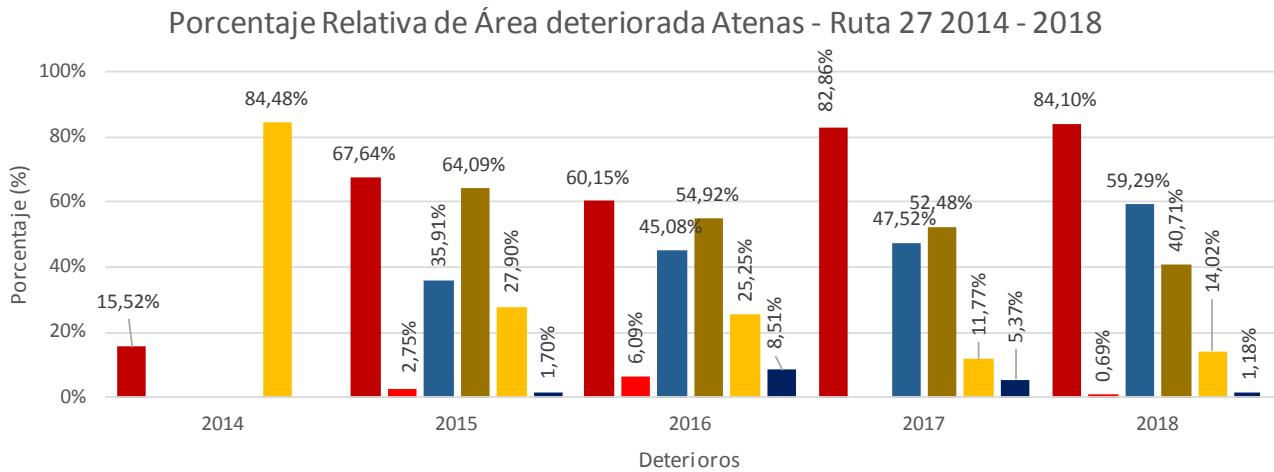


Figura 52: Condición superficial en Radial Turrucare



■ Piel de lagarto ■ Exudación ■ Grieta de borde ■ Grieta long y transversal ■ Bacheo ■ Huecos ■ Desprendimiento de agregados



■ Piel de lagarto ■ Exudación ■ Grieta de borde ■ Grieta long y transversal ■ Bacheo ■ Desprendimiento de agregados

Figura 53: Condición superficial en Radial Atenas



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 varias 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 en 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 8.

Tabla 8. 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, 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 segmentó la ruta en 4 secciones homogéneas, las cuales se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9 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 8. 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 56.

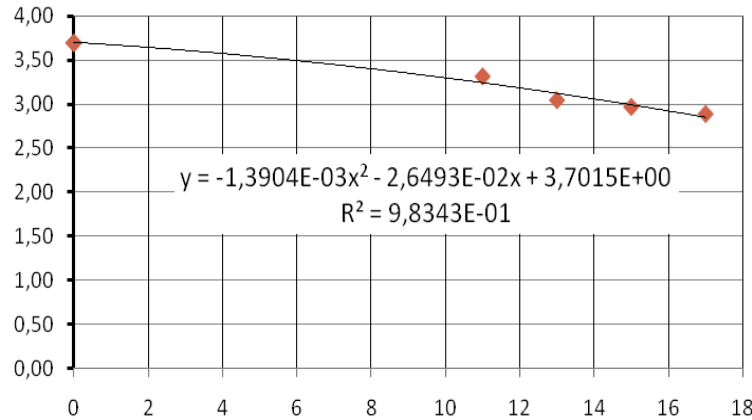


Figura 54: Ejemplo de curva obtenida a partir de los datos del PSI

En la Figura 57 se muestra como una ecuación cuadrática característica de un tramo evaluado, permite proyectar la condición funcional de una sección en años posteriores (línea verde).

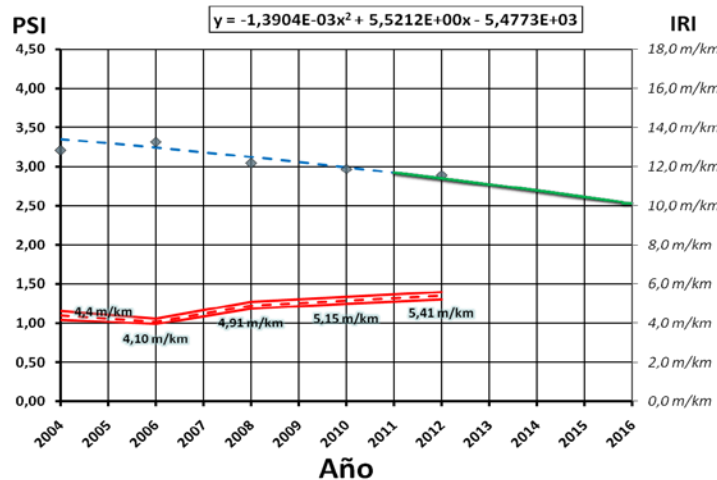


Figura 55: Gráfica ejemplo PSI vs Año, e IRI vs Año

El valor del R^2 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

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

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 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 Figuras 56 y 57.

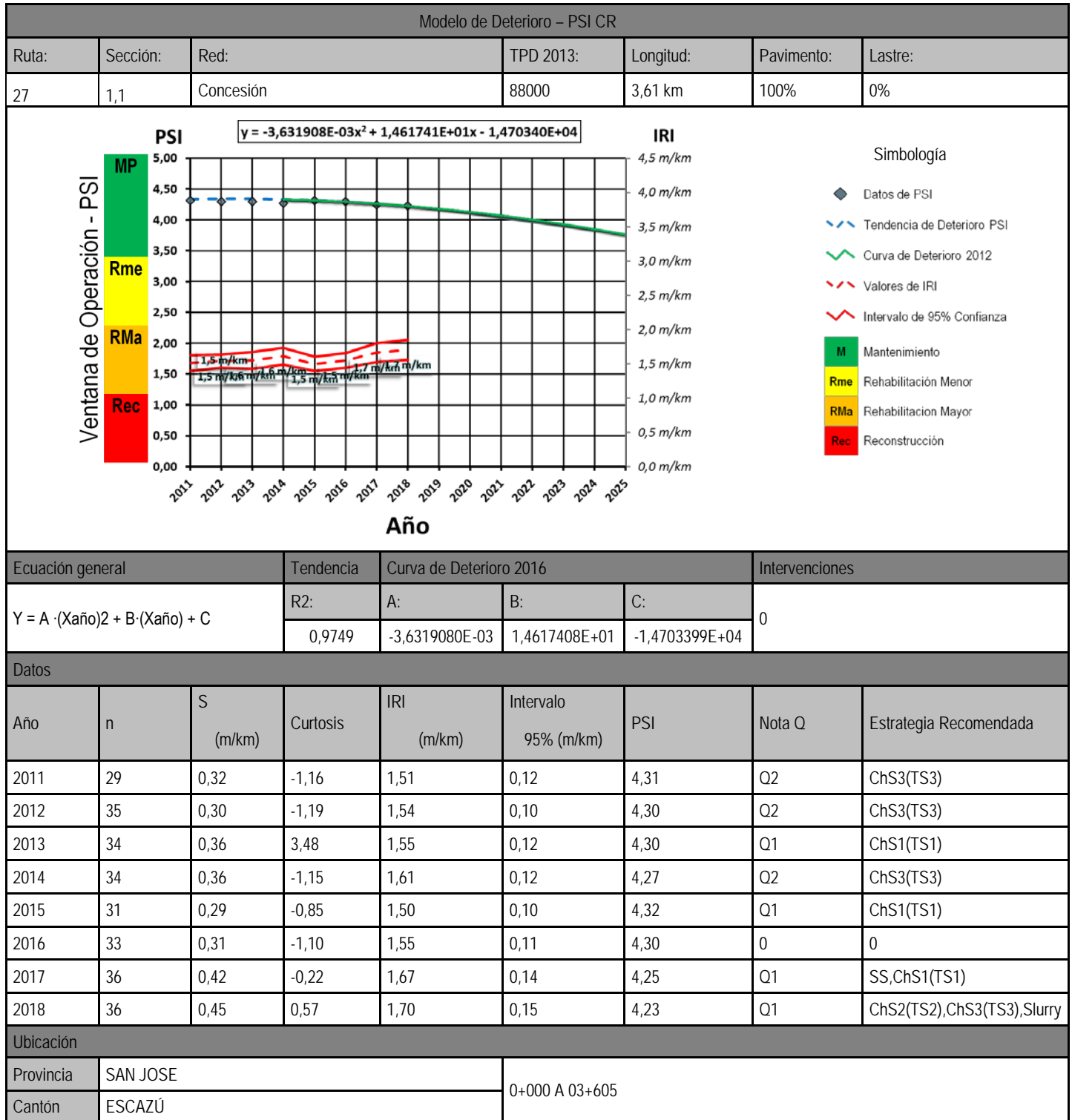


Figura 56: Modelo de deterioro para el tramo 1, sentido San José - Caldera.

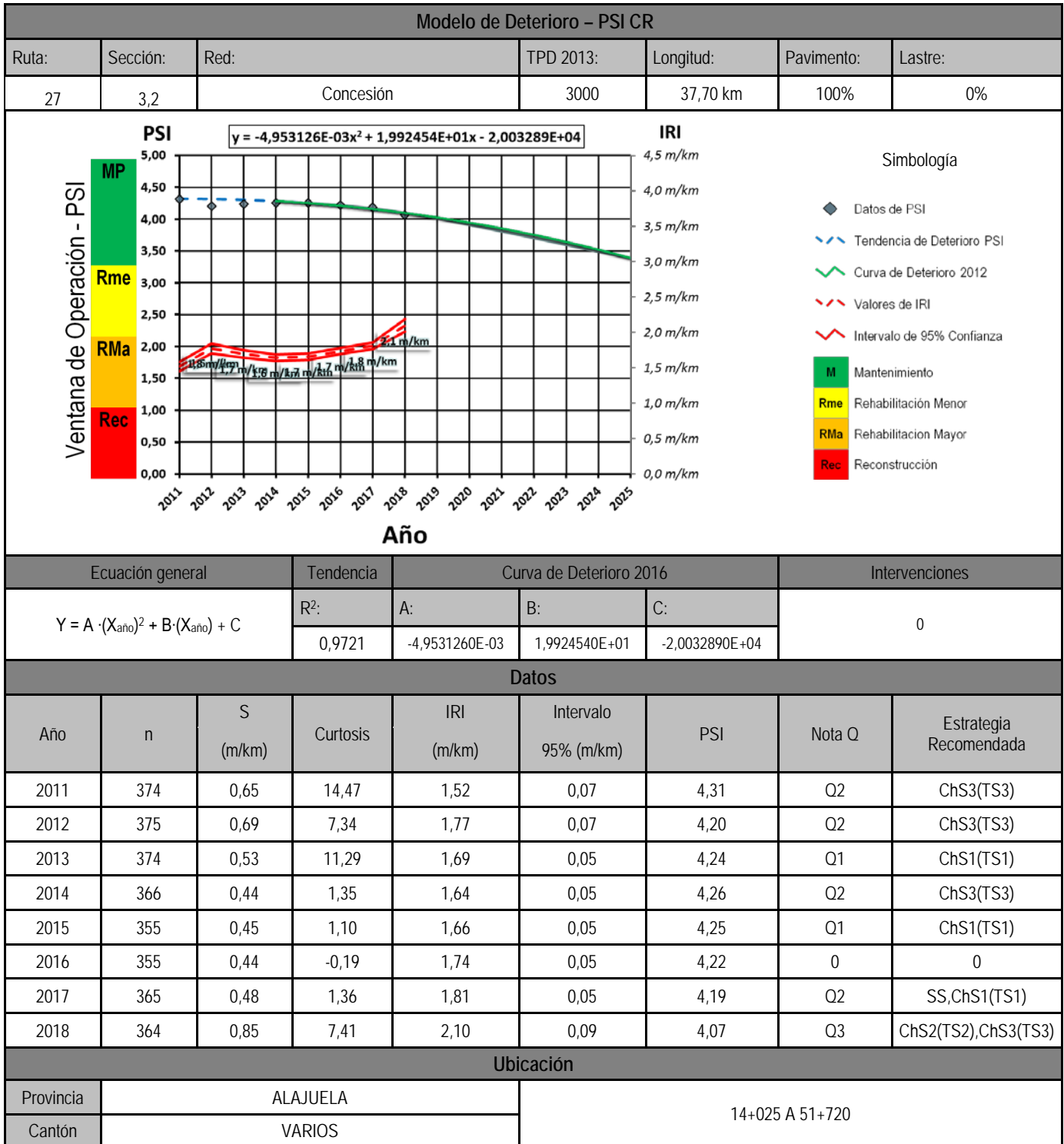


Figura 57: Modelo de deterioro para el tramo 3, sentido Caldera - San José.

5.2 Análisis de Resultados

Partiendo de que un pavimento nuevo presenta un valor de PSI cercano a 4.5; el mismo se va deteriorando en el tiempo con el tránsito 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 58).

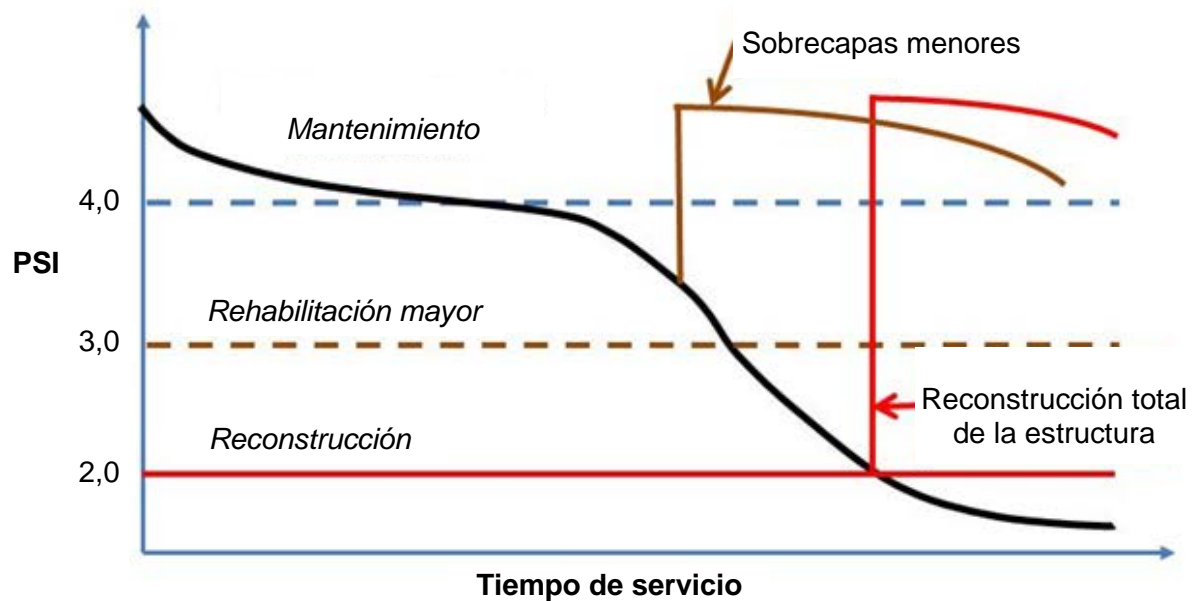


Figura 58: Concepto del PSI, y el respectivo cambio del valor con el tiempo para un pavimento (línea negra), contra valores umbral (líneas horizontales).

La figura anterior, muestra el cambio del índice de servicio 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 3, se alcanzó un punto en el que, para recuperar una condición cercana a la inicial, es necesario realizar una rehabilitación mayor (curva café). Asimismo, cuando se alcanzan valores cercanos a 2, 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 3 (*rehabilitación mayor*). Si bien en cada tramo, año con año se realizan intervenciones en puntos específicos, lo que se 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 VII), la Tabla 10 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 10 Año en el que el PSI alcanza el valor de 3,0 (*umbral de rehabilitación mayor*)

Tramo	Sentido	Descripción	PSI ₂₀₁₈	PSI=3,0	Delta años
1,1	San José - Caldera	0+000 a 03+605	4,22	2032	14
2,1	San José - Caldera	03+605 a 14+025	4,30	2035	17
3,1	San José - Caldera	14+025 a 51+720	4,08	2027	9
4,1	San José - Caldera	51+720 a 76+310	4,08	2031	13
1,2	Caldera - San José	0+000 a 03+605	4,24	2035	17
2,2	Caldera - San José	03+605 a 14+025	4,29	2035	17
3,2	Caldera - San José	14+025 a 51+720	4,10	2028	10
4,4	Caldera - San José	51+720 a 76+310	4,08	2035	17

Con base en estos resultados, los tramos homogéneos seleccionados se pueden agrupar en 3 categorías:

- Tramos que alcanzarán un valor PSI igual a tres en el largo plazo: en esta categoría, existen cuatro tramos, uno en el sentido San José – Caldera, y que corresponden con el Tramo 2 (3+605 a 14+025) y tres en el sentido Caldera – San José, que corresponden a los Tramo 1 (0+000 a 03+605), Tramo 2 (03+605 a 14+025) y Tramo 4 (51+720 a 76+310). Siguiendo las tendencias actuales de mantenimiento, ambos alcanzarán el umbral de rehabilitación dentro de 17 años o más.
- Tramos que alcanzarán un valor PSI 3 en el mediano plazo: se encuentran dos tramos que se ubican en el sentido San José – Caldera, Tramo 1 (0+000 a 03+605) y el Tramo 4 (51+720 a 76+310). Éstos alcanzaran el umbral de rehabilitación entre los 13 y 14 años.
- Tramos que alcanzarán un valor PSI 3 en el corto plazo: en esta categoría se encuentran dos tramos y corresponden al Tramo 3 (14+025 a 51+720) en cada sentido de circulación que, de seguirse las tendencias actuales de mantenimiento, alcanzarán el umbral de rehabilitación en 9 y 10 años, respectivamente.



6 CONDICIONES GEOTÉNICAS Y SISTEMAS DE DRENAJE

Las evaluaciones se realizan mediante el levantamiento en campo de las condiciones geológicas y el estado de conservación o deterioro de los activos geotécnicos de interés, dentro de los cuales se encuentran los taludes de corte y de relleno, las obras de estabilización y protección superficial de taludes y los sistemas de drenaje para el manejo del agua de escorrentía.

En esta sección se presentan las observaciones pertinentes sobre los sitios considerados más críticos por la condición de deterioro o vulnerabilidad que presentan.

Adicionalmente, con el fin de promover el uso de tecnologías de monitoreo geotécnico en obras de infraestructura vial en nuestro país, el Programa de Infraestructura del Transporte del LanammeUCR ha implementado equipos para el monitoreo geotécnico en un sitio específico de esta carretera. Lo anterior, además, en cumplimiento de las funciones de evaluación anual de las carreteras en concesión, otorgadas al LanammeUCR mediante el Artículo 6 de la Ley 8114. Los resultados obtenidos de este monitoreo hasta la fecha de emisión de este informe, también se presentan más adelante en esta misma sección.

6.1 Evaluación talud en PK 37+500

En este sitio se localiza un talud de corte al costado derecho de la carretera (sentido San José – Caldera). Durante años el material geosintético que fue colocado para la protección superficial del talud ha venido presentando serios deterioros, aunado a la condición de inestabilidad que presenta el talud, ha puesto en riesgo la seguridad de los usuarios ante el peligro de caída de suelo y rocas en la carretera, situación que ha sido evidenciada por el LanammeUCR en los informes anuales de evaluación de esta ruta en concesión.

La Sociedad Concesionaria inició en meses recientes la intervención de este sitio. Según se ha observado, en términos generales la intervención que se está realizando consiste en la modificación de la geometría del talud mediante la remoción de una parte del suelo y las rocas de este macizo, tal y como se puede apreciar en las siguientes fotografías.



Figura 59: PK 37+500 Intervención en ejecución en el talud de corte.

En una visita de campo realizada en enero del 2019, se pudo observar una zona de falla en los taludes en los que se están trabajando. Esa zona presenta materiales (lavas y brechas) con mayor alteración y condiciones de meteorización que los que hay en sus alrededores. Tanto para ese sitio como para el resto del talud, que cuenta con materiales que son fácil de desgranar, se deben considerar medidas de protección contra procesos de erosión y pérdida de soporte de bloques de tamaño considerable.

Las lluvias constituyen uno de los principales agentes erosivos y propician eventos de remoción de masa. La erosión puede disminuir en sitios que se encuentran protegidos por una cubierta vegetal, mientras que tiende a aumentar en lugares donde se ha removido la vegetación por deforestación, para hacer cortes en taludes. La precipitación se puede relacionar con la saturación de las laderas de manera que entre más saturadas estén,



estarán expuestas a una mayor ocurrencia de deslizamientos. Por estas razones los trabajos de protección contra la erosión en los taludes de la RN-27 son muy importantes.

6.2 Evaluación talud en PK 38+600

En este sitio se localiza un talud de corte al costado derecho de la carretera (sentido San José – Caldera). En los últimos años los materiales que fueron colocados para la protección superficial del talud han experimentado un deterioro acelerado por la acción del Drenaje Ácido de Rocas (DAR) que tiene lugar en este sitio.

Esta condición ha sido estudiada y evaluada por el LanammeUCR en los informes anuales de evaluación de esta ruta en concesión desde el año 2011. En dichos informes se han incluido también indicaciones sobre las consecuencias y los riesgos para los usuarios, derivados de la gestión que la Sociedad Concesionaria ha realizado para atender los problemas de inestabilidad en este talud.

El trabajo de Ruiz et al. (2015) demuestra la presencia de DAR en varios taludes de la RN-27 y Aguilar (2017) hace lo mismo en otros tres sitios de la ruta. Los sitios analizados en esos trabajos, se ubican desde unos tres kilómetros antes de la salida a Escobal en el sentido San José - Caldera hasta el puente sobre el río Salitral. Específicamente entre los estacionamientos de los kilómetros 38+000 y 48+400. Ambos trabajos siguieron la metodología de Sobek et al, 1978 que se basa en análisis de pH en pasta aplicado a suelos y rocas junto con análisis químicos a las aguas de escorrentía para demostrar la presencia de DAR.

Debido a un deslizamiento ocurrido en este sitio en agosto del 2015, donde colapsó una sección del concreto lanzado que cubría el talud, este laboratorio realizó una caracterización detallada en el año 2016 y se comprobó cómo el concreto se deteriora aceleradamente por la presencia de aguas con un pH entre 2.5 y 5. Las pendientes elevadas ($> 55^\circ$) en el talud LD (Figura 60) y el flujo de agua que recorre internamente los materiales propensos a generar DAR generan un empuje hídrico sobre el concreto lanzado, las mallas y anclajes colocados en la zona. Este laboratorio considera que las soluciones empleadas en este lugar se siguen deteriorando aceleradamente y que de ocurrir un colapso del talud podría afectar el tránsito y a los usuarios.

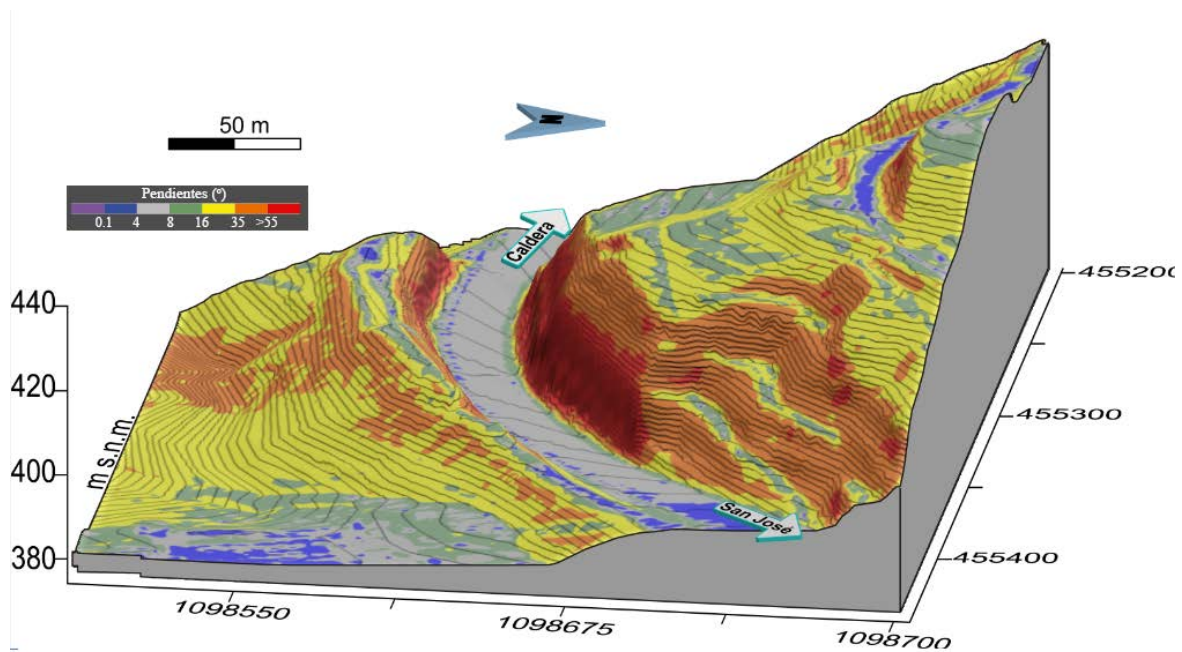


Figura 60: Modelo de elevación digital con información de las pendientes de los taludes en el estacionamiento km 38+600

El talud continúa presentando desprendimiento de suelo y rocas, tal como se aprecia en la siguiente figura. La caída de este material es atendida mediante la colocación de mallas metálicas combinadas con mantos para control de erosión, los cuales con anclados al talud mediante anclajes de acero. Tal como el LanammeUCR ha indicado durante años, estos materiales (principalmente el acero) no son adecuados para ser utilizados en medios ácidos, como el medio ácido que se genera en este sitio por el Drenaje Ácido de Rocas, el cual es un proceso que también ha sido estudiado ampliamente por este laboratorio (Informe LM-PI-UGERVN-08-2015, Ruiz et al., 2015 y Aguilar 2017).

La consecuencia de utilizar estos materiales en este medio ácido es que se deterioran de forma acelerada, el acero se oxida y corroe (Figura 61 B) y al cabo de pocos años (dos o tres) ha sido deteriorado al punto de disminuir significativamente su resistencia a la tensión y su ductilidad (Informe LM-PI-UGERVN-08-2015).

Finalmente, esto provoca que el acero no soporte el peso del material atrapado (Figura 61 A), el acero falla y el suelo y las rocas caen en la carretera, afectando tanto la seguridad de los usuarios como la transitabilidad de la carretera.



Figura 61: Talud intervenido, PK 38+600. A) Suelo acumulado en la malla metálica. B) Deterioro observado en los cables metálicos de refuerzo y anclajes.

En otros sectores de este talud se ha evidenciado el deterioro avanzado que presenta el concreto lanzado que el Contratista ha colocado en la superficie del talud. En la Figura 62 se presenta agrietamiento intenso en el concreto en el talud con DAR en el PK 38+600. Se observa, además las grietas que cortan el concreto en varios sentidos, así como el desplazamiento que han experimentado los bloques de concreto y las manchas en su superficie producto del depósito de óxidos y sales.

Debido al deterioro que presenta este material, al desplazamiento observado, el intenso agrietamiento, la cercanía con la carretera, así como la entrada de la estación lluviosa, elevan el riesgo de caída del concreto junto con rocas y suelo en la carretera.



Figura 62: Agrietamiento PK38+600. Se observan las grietas que cortan el concreto en varios sentidos debido al Drenaje Ácido de Rocas.

6.3 Evaluación talud en PK 47+000

En este estacionamiento se excavaron taludes de corte a ambos lados de la carretera. Este es uno de los taludes donde hay presencia confirmada de drenaje ácidos de roca según los estudios de Ruiz et al., 2015 y Aguilar 2017. Este proceso ha deteriorado prematuramente el concreto lanzado del talud del lado derecho y las cunetas del lado izquierdo. En ese sector la cuneta de la primera berma ha colapsado desde hace más de dos años y hasta el momento no ha sido reparada. Actualmente, el agua cae directamente a la zona baja del talud generando erosión en ese sitio. Las pendientes de este talud son muy elevadas ($> 55^\circ$), tal y como se observa en la Figura 63, en las zonas donde se da la presencia de DAR lo que favorece el desprendimiento de materiales.

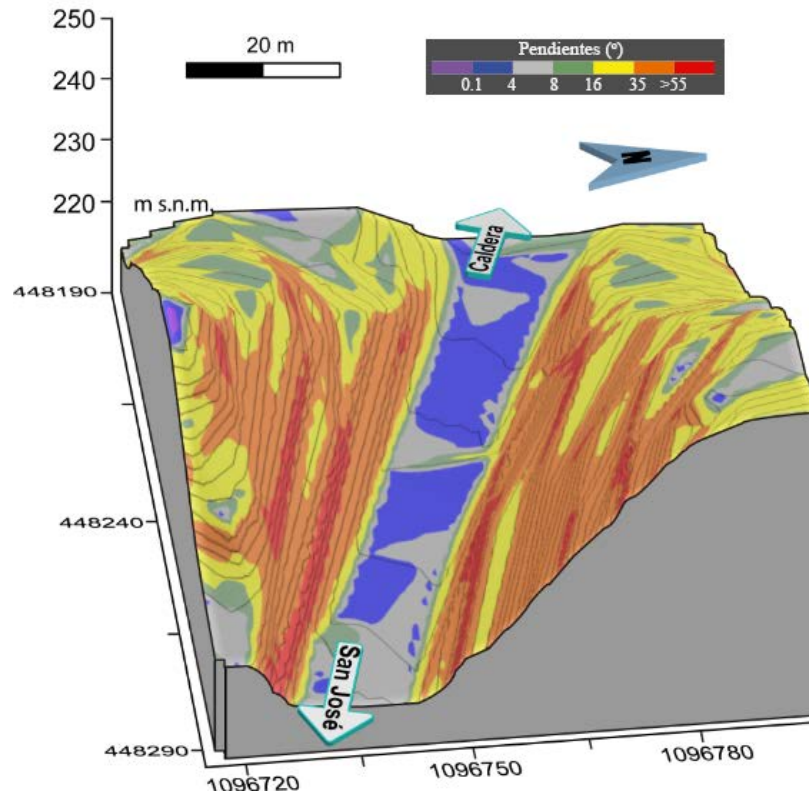


Figura 63: PK 47+000 Modelo de elevación digital de las pendientes

En el talud al costado derecho de la carretera (sentido San José – Caldera), la Sociedad Concesionaria colocó concreto lanzado en la superficie del talud, tal como se muestra en la siguiente figura. Durante mucho tiempo el concreto ha presentado deterioros que coinciden con deterioros observados en el concreto en otros sitios con DAR en esta carretera, lo que hace prever que el deterioro continúe avanzando, con un aumento directamente proporcional al riesgo de caída de bloques de concreto, rocas y suelo en la carretera.

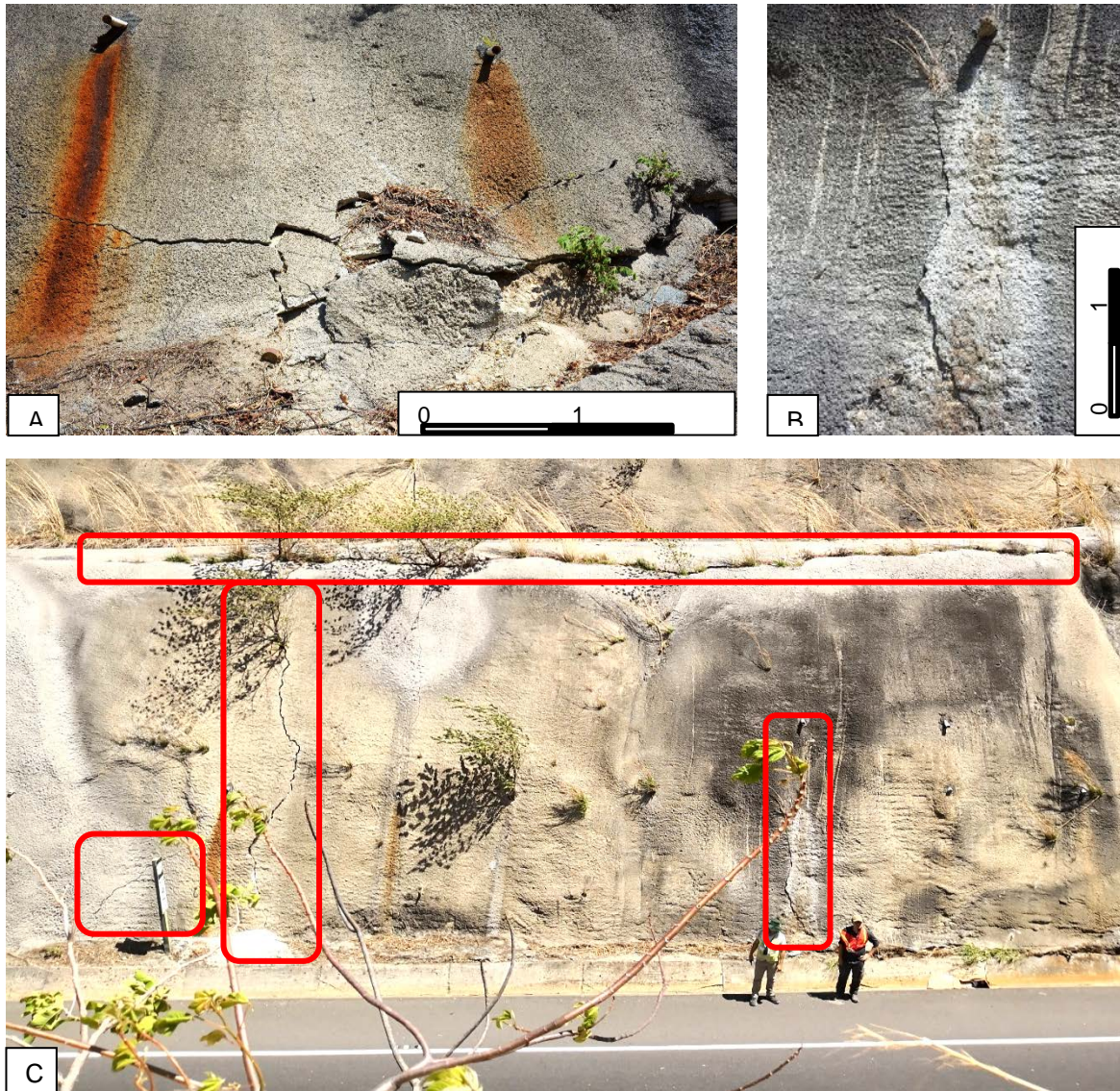


Figura 64: PK 47+000 A) Agrietamiento intenso en la base del talud B) Grieta vertical de C) Vista frontal de uno de los sectores afectados por el agrietamiento del concreto

Año tras año el agrietamiento se ha ido incrementando, así como el desplazamiento relativo de los bloques de concreto que se separan del talud. Al incrementarse las grietas en el concreto, nuevas superficies quedan expuestas al medio ácido que se genera en estos taludes, de esta forma se acelera el proceso de degradación del concreto y la corrosión del acero de refuerzo.

El talud en el lado derecho, continua con agrietamiento en el concreto lanzado. Se considera que el agrietamiento en esa pared se debe a un empuje hídrico y la influencia que tiene el proceso de DAR sobre el concreto lanzado. Los drenajes subhorizontales se

observaron con sales que impiden la salida del agua. La saturación de estos drenajes, impide la salida de agua (que debido al DAR tiene un comportamiento ácido y favorece el deterioro prematuro del concreto) y que exista un mayor empuje sobre el material.

Al costado izquierdo de la vía en el sentido San José – Caldera, se localiza un talud de corte con presencia de Drenaje Ácido de Rocas, según se observa en la Figura 65.

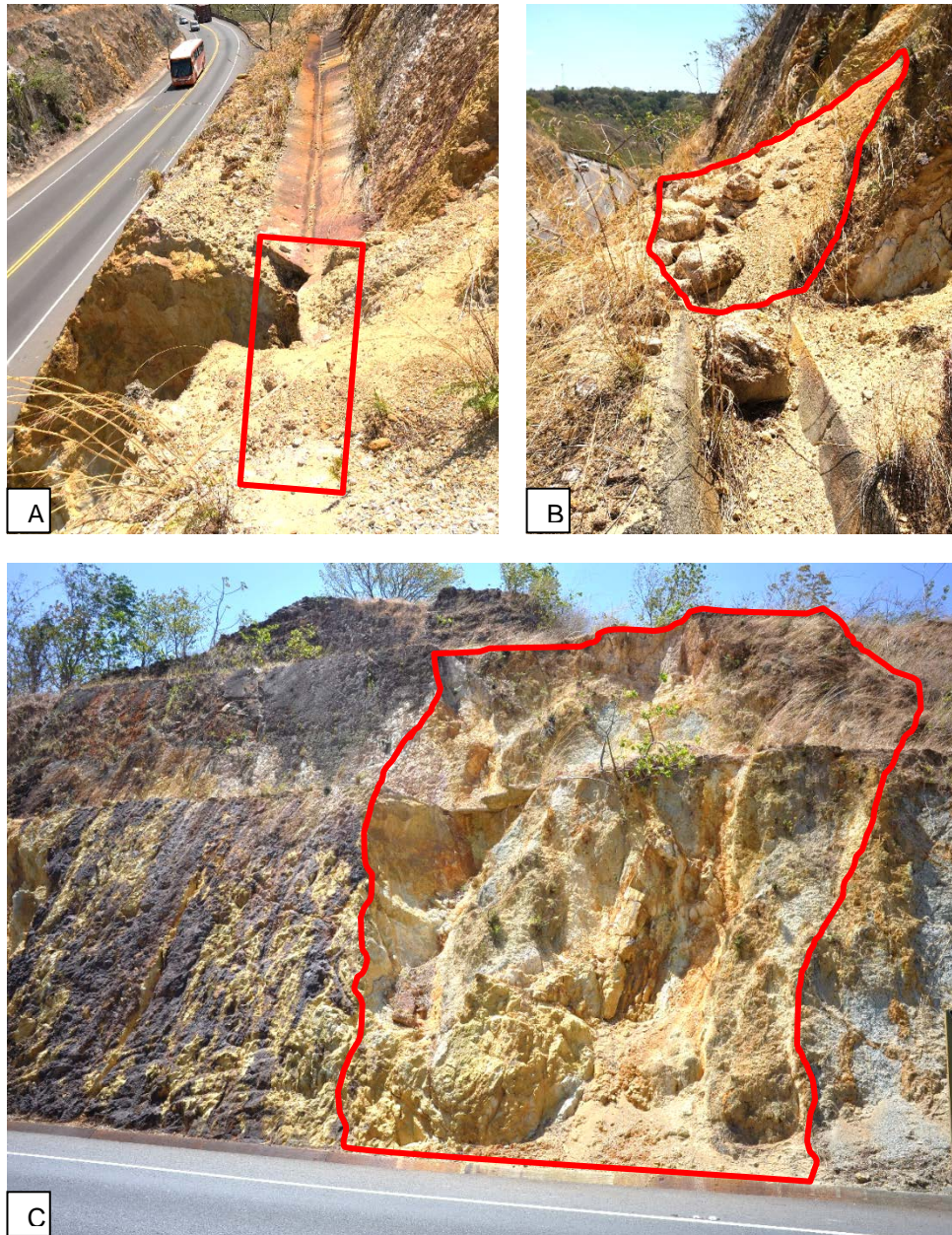


Figura 65: PK 47+000 A) Pérdida de un tramo de la contracuneta. B) Tramo de cuneta obstruido por la caída del material afectado por el DAR. C) Sectores más afectados por el D.A.R.

Tal como se observa, el suelo y las rocas se encuentran expuestas al ambiente (agua y oxígeno), lo que facilita la generación del ácido en la superficie. Las zonas con mayor acidez presentan mayor erosión, lo que ha provocado la socavación del suelo debajo de la contracuneta en una de las bermas (Figura 65 A). La ausencia de cuneta aumenta el daño por erosión y eventualmente puede provocar problemas de inestabilidad. Según se ha observado esta es la situación que se está presentando en este talud de la ruta en concesión. Adicionalmente la caída del material afectado por el DAR obstruye otros sectores de la cuneta, disminuyendo la efectividad del drenaje (Figura 65 B).

6.4 Evaluación talud en PK 48+000

Sitio con presencia de drenaje ácido de roca confirmada (Ruiz et al., 2015 y Aguilar 2017). En este talud aún existen problemas en los bajantes y cunetas. Además, ninguno de los taludes presenta vegetación. En el sector oeste del talud del Lado Izquierdo hacia Caldera, donde se construyó un botadero de escombros y material removido de estos taludes, se ha presentado erosión donde se han generado cárcavas de más de 4 m profundidad. Este tipo de estructuras favorecen la infiltración de agua y más problemas de erosión. En la siguiente figura se presenta un modelo de elevación digital que muestra las pendientes en los taludes, lo que aunado con el DAR incrementa la probabilidad de la generación de caídos sobre la carretera y obstrucción de las cunetas.

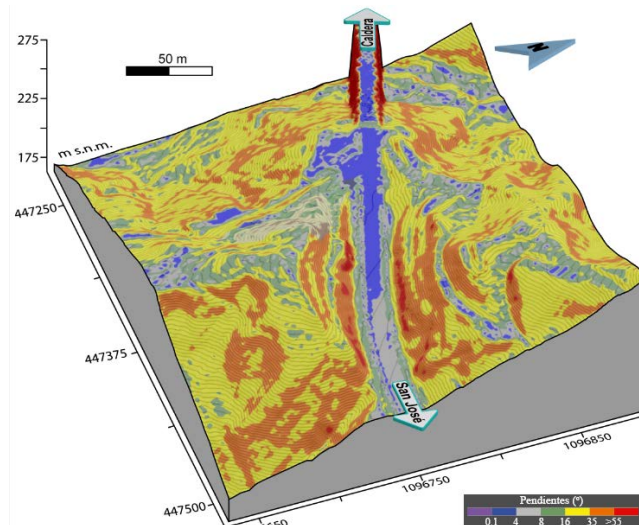


Figura 66: PK 48+000 Modelo de elevación digital con información de las pendientes de los taludes

6.5 Evaluación talud en PK 73+000

El material fino y fácil de desgranar del talud del lado derecho se erosiona fácilmente y cae al pie del talud. Esto satura las cunetas y se ha tenido que colocar una barrera tipo New Jersey sobre la carretera reduciendo el ancho de la vía. No se ha atacado el problema del talud y año con año se sigue presentando desprendimiento de material. El principal



problema es que el material fino que cae, deja expuesto una roca de gran tamaño y que por pérdida de sustento podría caer sobre la vía y afectar a los usuarios.

En diferentes puntos de este proyecto concesionado se ha mencionado en informes pasados, la alta vulnerabilidad que tienen las rocas en ciertos sectores de colapsar sobre la vía debido a la remisión de suelo y material por la escorrentía de la lluvia. Es necesario que se haga una evaluación de todos los taludes de la ruta y que se identifiquen puntos vulnerables donde pueda generar nuevos colapsos de rocas durante la estación lluviosa del año 2019.



Figura 67: PK 73 +000 Se observa material caído y que satura la cuneta al pie del talud



7 CONCLUSIONES

7.1 Conclusión General

Según se establece en el artículo 5 de la Ley No. 8114 de 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, deberá efectuar una evaluación anual de los proyectos y puentes en concesión. De conformidad con lo señalado, el presente es un informe técnico que se enmarca dentro de las funciones de fiscalizador que la citada ley le confiere al *LanammeUCR*.

El análisis integral del pavimento en la 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. Ninguno de estos aspectos son independientes entre sí, dado que existe una estrecha correlación entre cada uno de ellos y deben ser ponderados dentro del ámbito de un proyecto en concesión de obra pública.

A partir de la evaluación realizada, se observó que de manera general la Ruta 27 San José - Caldera presenta una muy buena capacidad estructural en casi toda su longitud. Sin embargo, la condición funcional (que está relacionada directamente con el confort y los costos de operación) indica que sólo un aproximado del 42% de la longitud del proyecto, se encuentra en la categoría “Buena”, el 58% restante se clasifica como “Regular”, lo que representa un incremento de esta última categoría en casi 9% con relación a la evaluación anterior (año 2017-2018). En el tema de la seguridad vial, 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 que un porcentaje importante (33% de la longitud en el sentido San José Caldera y un 38% en el sentido contrario) presenta valores ubicados en la categoría de “Muy Deslizante”; en el sentido San José - Caldera, un 57% se encuentra en la categoría de “Deslizante”. Por su parte, la prueba con el “MuMeter”⁷, dio resultados en que cerca de un 17% y 21% de la longitud de la troncal principal en cada sentido, se encuentra por fuera de los valores estipulados en el contrato.

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

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.



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 al deterioro. Esto especialmente es claro al analizar las estrategias de intervención, las cuales para esta evaluación son más severas en comparación con las obtenidas en evaluaciones anteriores.

En contraste con la troncal principal, 3 de las 4 radiales del proyecto (Coyol, Atenas y Turrúcares) muestran valores de deflectometría, perfil y agarre superficial principalmente en rangos moderados a malos, lo cual se refleja en Notas de Calidad altas (Q7 a Q9, R1 a R3), y estrategias de intervención severas para recuperar condiciones normales. Sólo la radial de Escobal se encuentra en buen estado general.

En el tema de deterioros superficiales, se sigue la tendencia marcada desde la campaña de evaluación 2016-2017, con una disminución relativa de los deterioros tipo área y tipo grietas, en comparación con evaluaciones anteriores. Para el primer tipo, los deterioros más comunes son la exudación, el bacheo y la piel de lagarto; mientras que en el segundo tipo dominan las grietas longitudinales y transversales. Es de recordar que el cartel de licitación 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, cuando nuevos valores de *IRI* sean obtenidos, será posible evaluar las políticas de mantenimiento que se están aplicando a la ruta. Con los resultados obtenidos este año, existen 2 tramos críticos, el tramo tres en ambos sentidos de circulación, los cuales alcanzarán un nivel de serviciabilidad límite en el corto plazo (9 y 10 años).

Por último, en el tema geológico – geotécnico, son muchos los problemas que afectan esta ruta. La mayor parte de ellos se encuentran en la zona montañosa del *Tramo 2*, e históricamente han venido presentando problemas desde la misma apertura de la ruta, en el año 2010. Estos sitios han sido evaluados por el *LanammeUCR* en varios informes de años anteriores. De no aplicarse las recomendaciones, es de esperar que presenten problemas con los fenómenos extraordinarios de lluvias que cada vez más afectan el territorio nacional (*Nate* y *Otto* son los ejemplos más recientes).

7.2 Conclusiones Específicas

7.2.1 Sobre la condición estructural

Los resultados obtenidos con el *Deflectómetro de Impacto*, muestran que el proyecto mantiene una buena condición estructural en gran parte de la longitud del troncal principal del proyecto. Con base en las últimas 3 evaluaciones, se detecta una ligera tendencia al deterioro en este parámetro, dado que el porcentaje obtenido de la longitud con deflexiones bajas, ha venido en descenso desde la evaluación del año 2015-2016.



En contraste, las radiales presentan condiciones donde predominan los rangos de deflexiones altas y muy altas en buena parte de su longitud, lo que indica condiciones estructurales malas. Sólo la radial de Escobal presenta el 100% de su longitud en ambos sentidos, en condiciones buenas.

7.2.2 Sobre la condición funcional

En este parámetro, alrededor de un 42% de la longitud de la troncal principal presenta regularidades en el rango de Buena, en su mayoría, el restante 58% corresponde a una condición Regular. 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 respecto a las radiales, el rango de *IRI* predominante es el Regular, con porcentajes mínimos en el orden de 75% de la longitud de cada radial en esta categoría.

7.2.3 Sobre la resistencia al deslizamiento como parámetro de seguridad vial

En ambos sentidos y según los datos obtenidos con el GripTester, una tercera parte de la longitud presenta la superficie de ruedo en condiciones Muy Deslizantes, lo que se puede relacionar con niveles 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*, alrededor del 17% y 21% de la longitud de la ruta en cada sentido de circulación, presenta valores fuera de los rangos estipulados en el contrato.

En comparación con los años anteriores, los valores obtenidos con el Grip-Tester ha experimentado un incremento considerable en relación con los valores que se clasifican como Muy Deslizante.

Queda demostrado con ambos métodos que la ruta muestra un grado importante de incumplimiento en este parámetro.

7.2.4 Sobre los deterioros superficiales de la mezcla asfáltica

Gracias a la información obtenida con el *Equipo de Imágenes Georeferenciadas*, fue posible realizar una evaluación detallada de la totalidad de los deterioros superficiales que muestra la ruta. La evaluación de los años 2016-2017, indicó un aumento importante de la superficie de la ruta afectada por deterioros tipo *área* y tipo *grieta*; con los resultados de la presente evaluación (2017-2018), dicha tendencia al aumento se mantiene.

Los deterioros tipo *área* que más predominan son el bacheo, la exudación y la piel de lagarto; los de tipo grieta predominantes son las grietas longitudinales y transversales. Es importante recalcar que, según el cartel de licitación de este proyecto, la exudación no debe presentarse: el mayor porcentaje encontrado de este deterioro se localiza en el Tramo 2 del proyecto, la zona montañosa entre Ciudad Colón y Orotina.



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

7.2.5 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 con notas Q3, Q5 y Q8. Esto en general refuerza el concepto de que el proyecto presenta buenas notas en la condición estructural y funcional en un porcentaje importante de su longitud. Sin embargo, y al comparar las notas obtenidas en campañas de evaluación anteriores, tanto por distribución como por la aparición de nuevas notas (tramos con notas Q5 y Q8 empezaron a aparecer en la evaluación 2015-2016), se concluye 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 severas, con el fin de devolver a la superficie de ruedo las condiciones normales para un proyecto de este tipo.

En las radiales, sólo la de Escobal presenta notas buenas Q1 y Q2. En las demás radiales, se dan porcentajes importantes de tramos con notas Q7 a Q9, y R1 a R3, lo que confirma lo expresado en secciones anteriores: en general, las radiales presentan estándares muy por debajo de los dados a la troncal principal, al punto que muchos tramos califican para reconstrucción.

7.2.6 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 utilizada como información de entrada los datos calculados de *IRI* con el perfilómetro láser, se crearon los modelos de deterioro para la troncal principal. Los resultados obtenidos se agruparon en 3 categorías: tramos que alcanzarán el valor límite inferior del *PSI* en el largo plazo (más de 30 años a partir del presente), tramos que alcanzarán dicho umbral en el mediano plazo (dentro de 10 años o más años), y los tramos críticos que alcanzarán dicho valor en el corto plazo. Destaca el hecho que, en esta última categoría, el tramo tres se ve afectado en ambos sentidos. De seguirse aplicando las políticas de mantenimiento actuales en dichos tramos, es de esperarse actividades de rehabilitación mayor, en el término de 9 y 10 años.

7.2.7 Sobre las condiciones geotécnicas y sistemas de drenaje

Como resultado del análisis de los sitios más críticos desde el punto de vista geológico y geotécnico se puede determinar que se sigue evidenciando un mal manejo de del deterioro presentado en los taludes de corte y relleno, obras de estabilización, protección superficial de taludes y sistemas de drenaje para el manejo del agua de escorrentía, lo que generó que la condición en los puntos analizados vaya presentando deterioro constante a lo largo de los años en que se han estado evaluando y monitoreando.



8 RECOMENDACIONES

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

8.1.1 *Sobre la evaluación funcional, estructural, resistencia al deslizamiento 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 y problemas relacionados con la baja resistencia al deslizamiento, con el fin de detener la propagación de los deterioros detectados y las condiciones de inseguridad vial.
- Revisar los estándares de calidad y mantenimiento del proyecto puesto que, al realizar el análisis de modelos de deterioro, se detectaron varios tramos con deterioro acelerado. 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.

8.1.2 *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.

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

- Realizar levantamiento detallado de las condiciones geológicas en el PK 37+500 con una adecuada caracterización de la condición de los materiales, alteraciones, fracturas entre otros, con el fin de valorar la necesidad de implementar medidas de protección superficial que eviten tanto la erosión superficial como la caída de rocas en la carretera, además de diseñar y construir las obras necesarias para garantizar un manejo adecuado del agua de escorrentía en este sector.
- Realizar intervenciones en el PK 38+600 con soluciones integrales y duraderas que consideren el Drenaje Ácido de Rocas acordes al estado del arte de la ingeniería y la geología
- Valorar la condición actual del concreto y el acero en el PK 47+000 que se ven afectadas por las condiciones geológicas y geotécnicas que provocan la generación del Drenaje Ácido de Rocas en este tramo de carretera.



- Tomar acciones concretas para mejorar la condición actual de las estructuras de manejo de agua en los taludes del PK 48+000 y lograr disminuir la erosión que se está presentando en este sitio.
- Es necesario que los taludes del PK 73+000 estén cubiertos y protegidos con vegetación adecuada para evitar que durante las lluvias el suelo sea removido y generen socavación en zonas donde hay rocas y puedan colapsarse al perder el soporte del suelo acción de la lluvia.



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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Huang, Y. (1998) *Pavement Analysis and Design Prentice-Hall*, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey. Estados Unidos de América.
- Hveem, F M. & Carmany R. M. (1948). *The Factors Underlying the Rational Design of Pavements*. Highway Research Board, Vol 28, pp 101-136. Estados
- 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 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.



- 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.
- Piedra Rodríguez, Jonathan. *Coefficiente de fricción de las carreteras nacionales en Costa Rica*, Proyecto final de graduación, año 2007, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica
- 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, 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.
- 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.
- 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.



Agradecimientos

Se extiende un agradecimiento al Laboratorio de Campo, por su valiosa colaboración en la programación y obtención de datos 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 excelentes resultados.

Por lo anterior, y por el valor que agrega a este informe el nivel técnico de ese laboratorio, se destaca la labor del siguiente personal:

Jefatura: Ing. Melissa Rojas Duarte

Personal Técnico:

- Cristian Molina Garita
- Edgar Mena Rodríguez
- Francisco González Villarreal
- Greivin Ceciliano Valverde
- Luis Pablo Blanco
- Marcos Vargas Romero
- Richard Vásquez Marín
- Sergio Castillo Mora

Además, extendemos el agradecimiento 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 en esta Unidad, los cuales son:

- María Laura Estrada
- Melissa Camacho Umaña
- Mey Lin Vega Sánchez

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



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Anexo I: Resultados obtenidos con el Deflectómetro de Impacto

Informe: INF-PI-UGERVN-01-2019	Agosto, 2019	Página 100 de 176
--------------------------------	--------------	----------------------



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

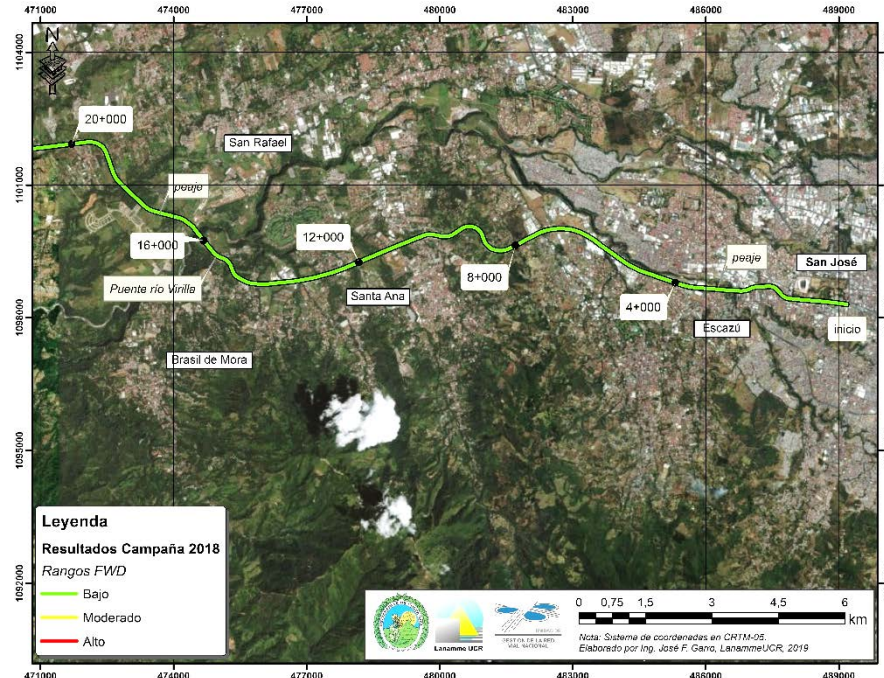


Figura A1 1 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 0+000 - 20+000

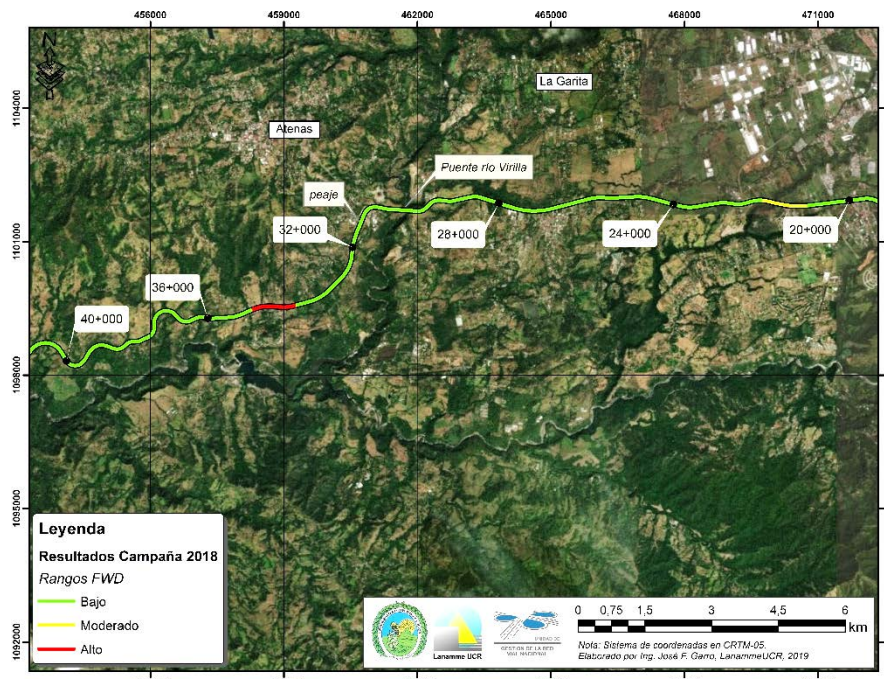


Figura A1 2 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 20+000 - 40+000

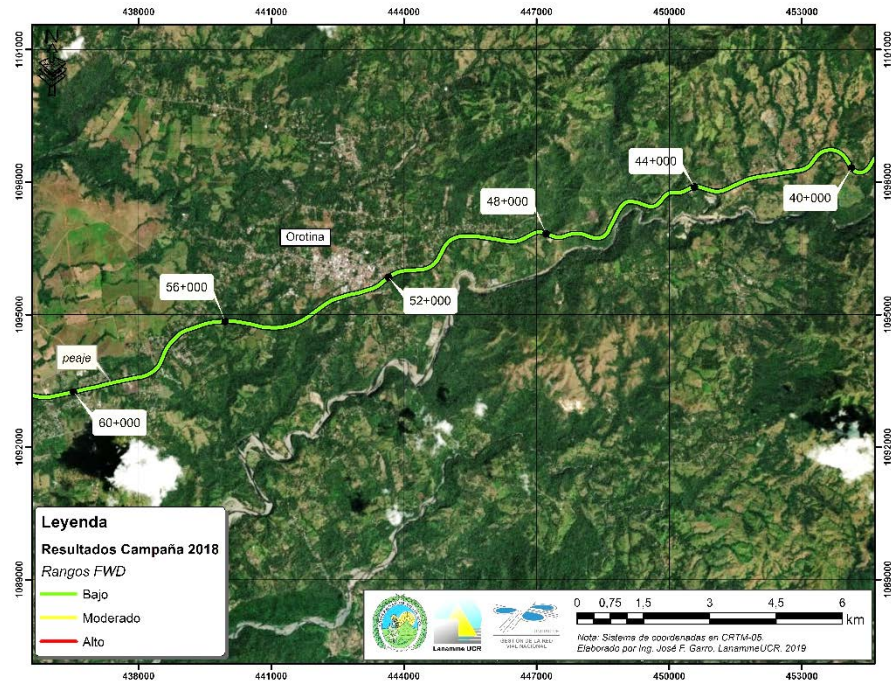


Figura A1 3 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 40+000 - 60+000

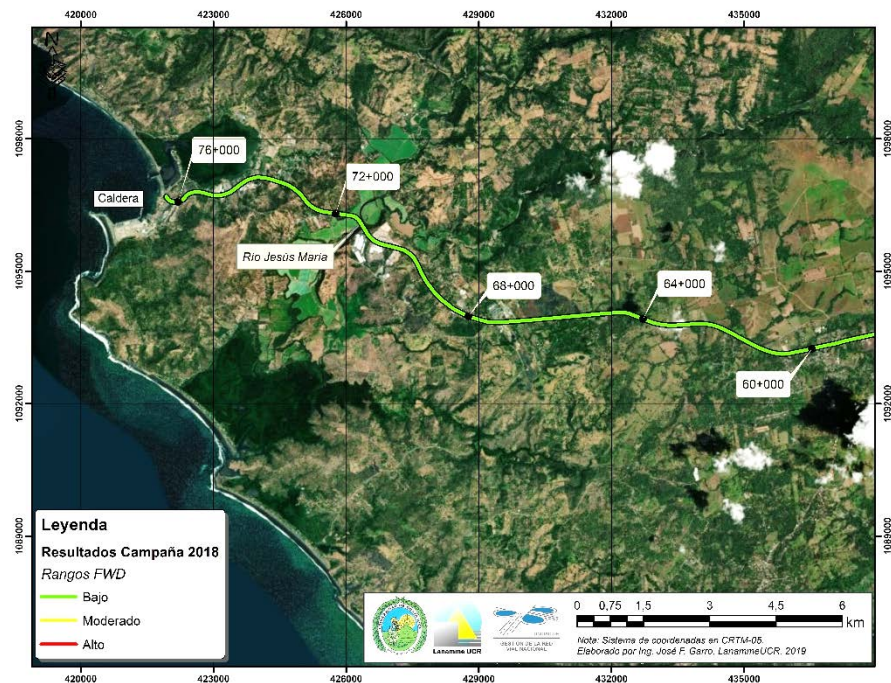


Figura A1 4 : Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 60+000 - 76+000

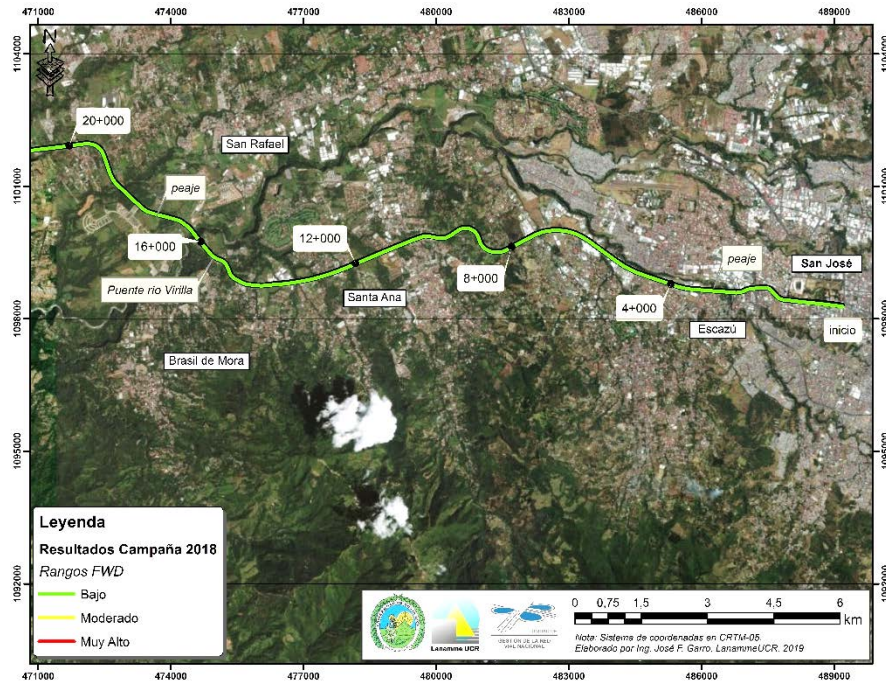


Figura A1 5 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 0+000 - 20+000

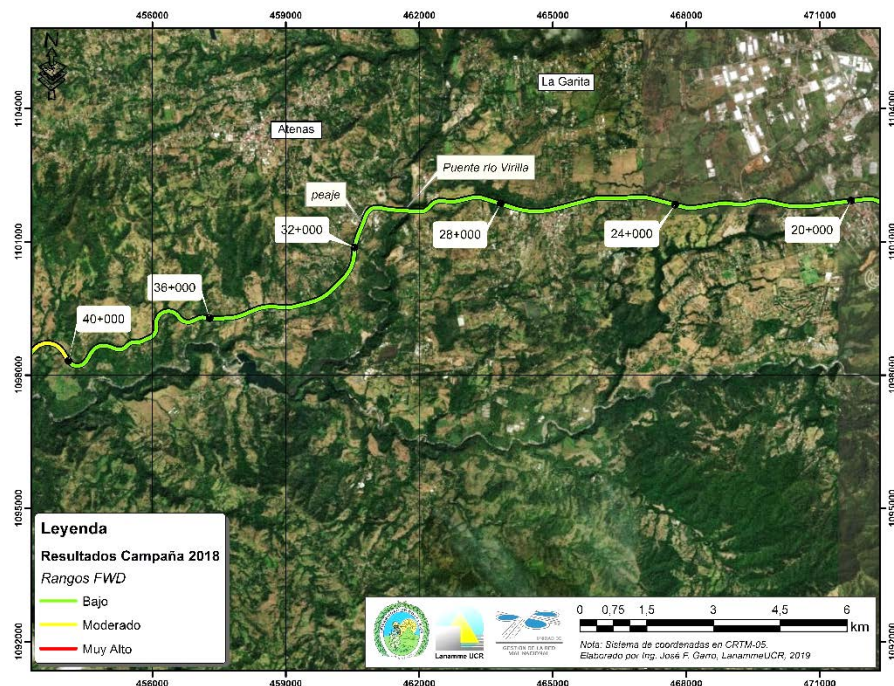


Figura A1 6 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 20+000 - 40+000

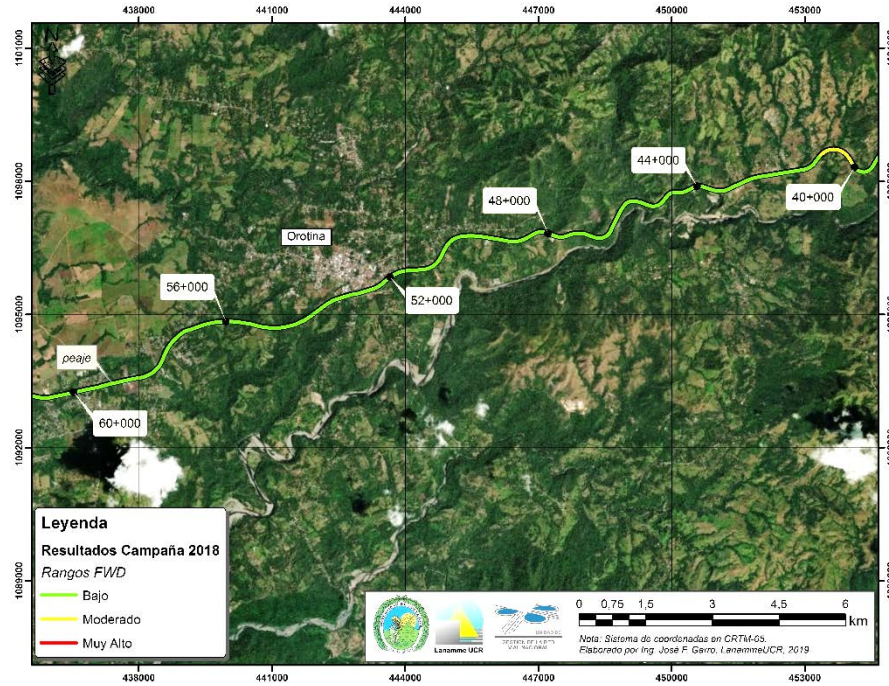


Figura A1 7 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 40+000 - 60+000

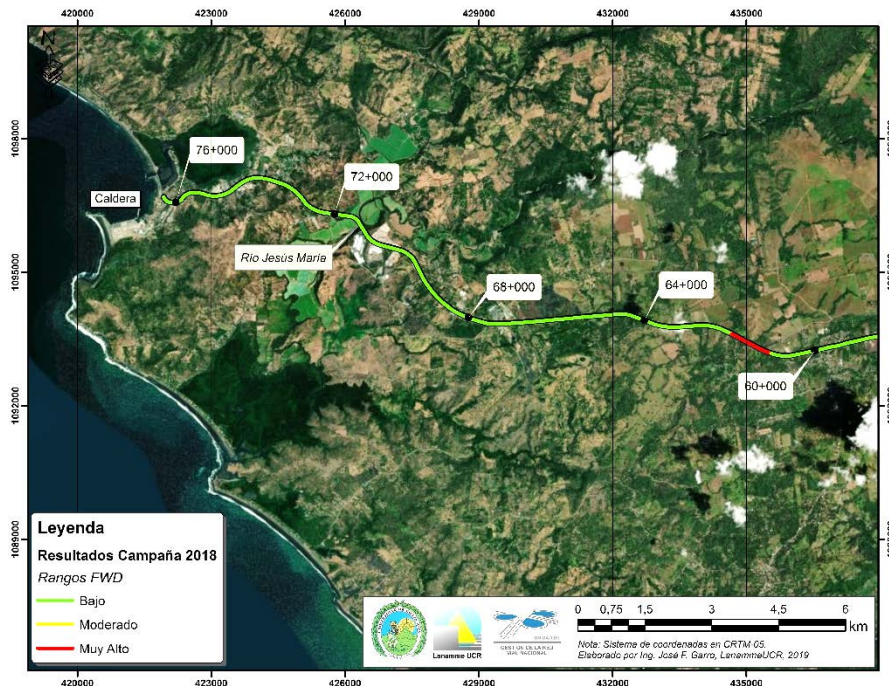


Figura A1 8 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 60+000 - 76+000



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Anexo II: Resultados obtenidos Perfilómetro Láser

Informe: INF-PI-UGERVN-01-2019	Agosto, 2019	Página 105 de 176
--------------------------------	--------------	----------------------



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.

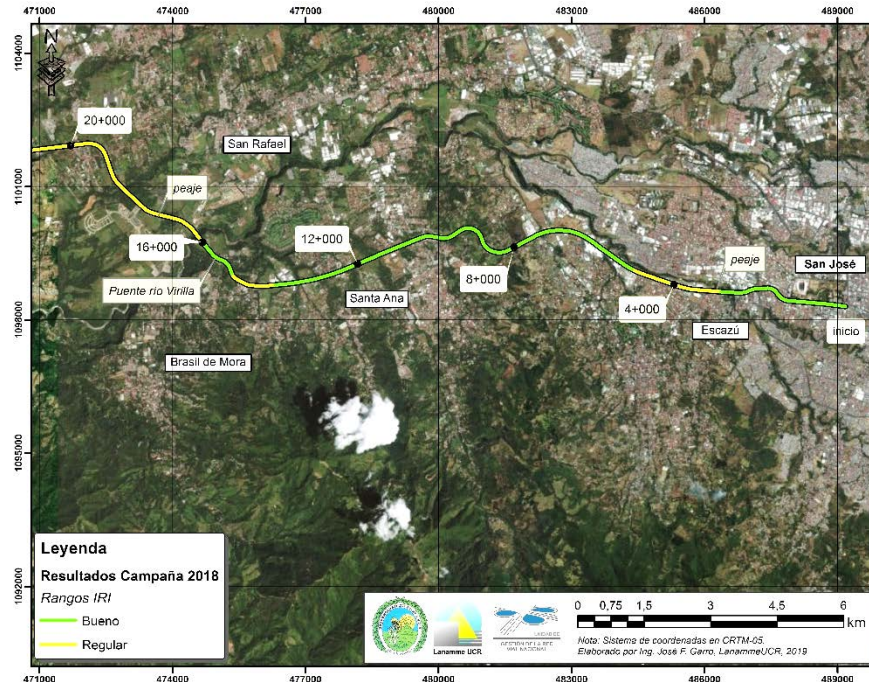


Figura A2 1 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 0+000 - 20+000

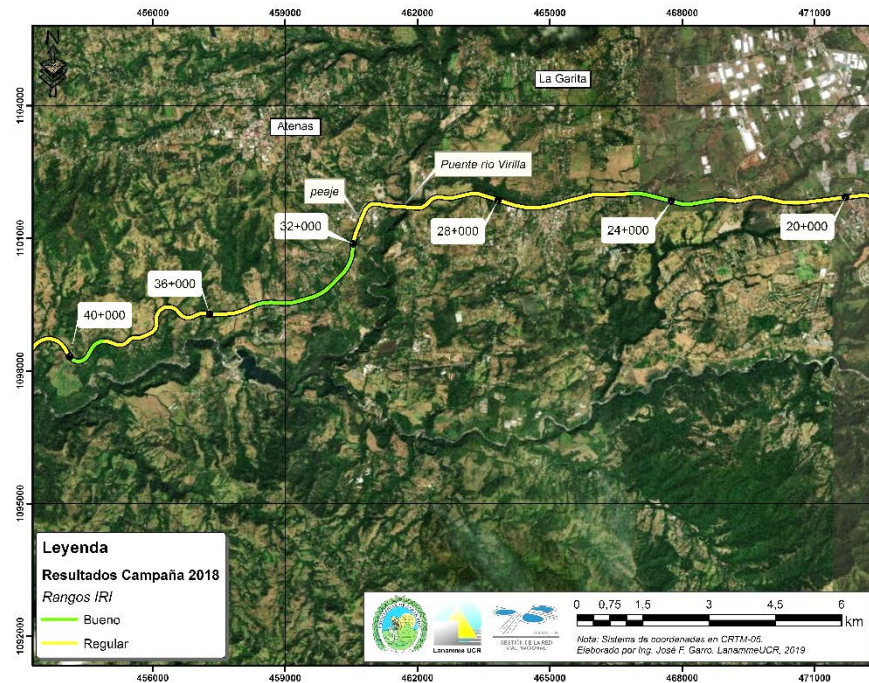


Figura A2 2 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 20+000 - 40+000

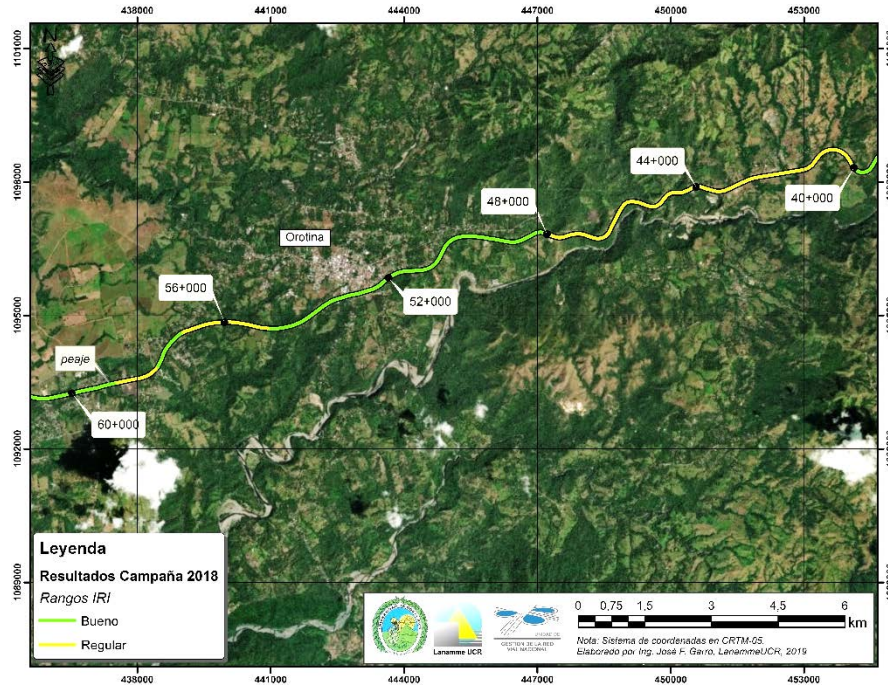


Figura A2 3 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 40+000 - 60+000

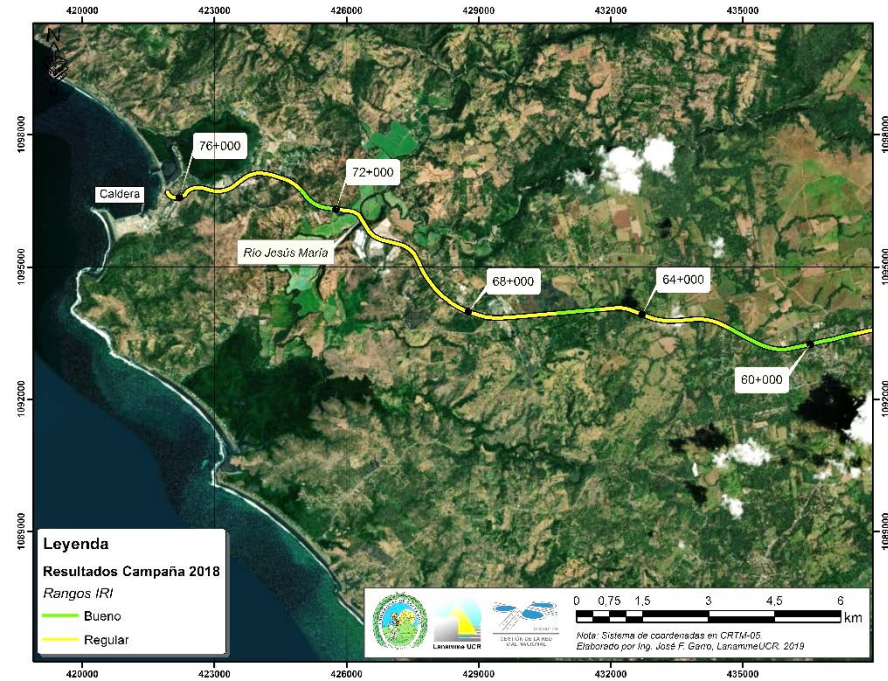


Figura A2 4 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 60+000 - 76+000

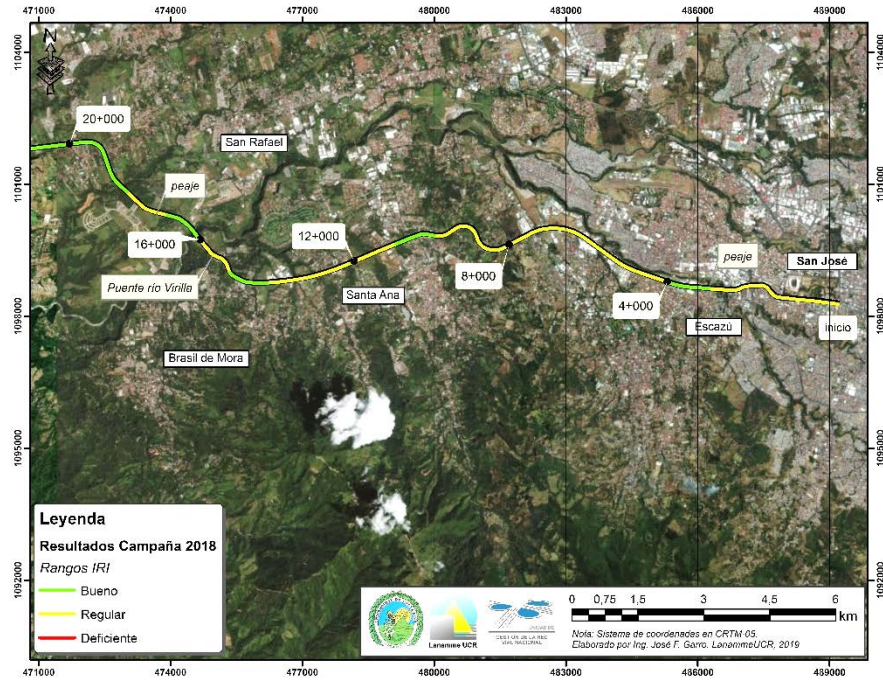


Figura A2 5 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 0+000 - 20+000

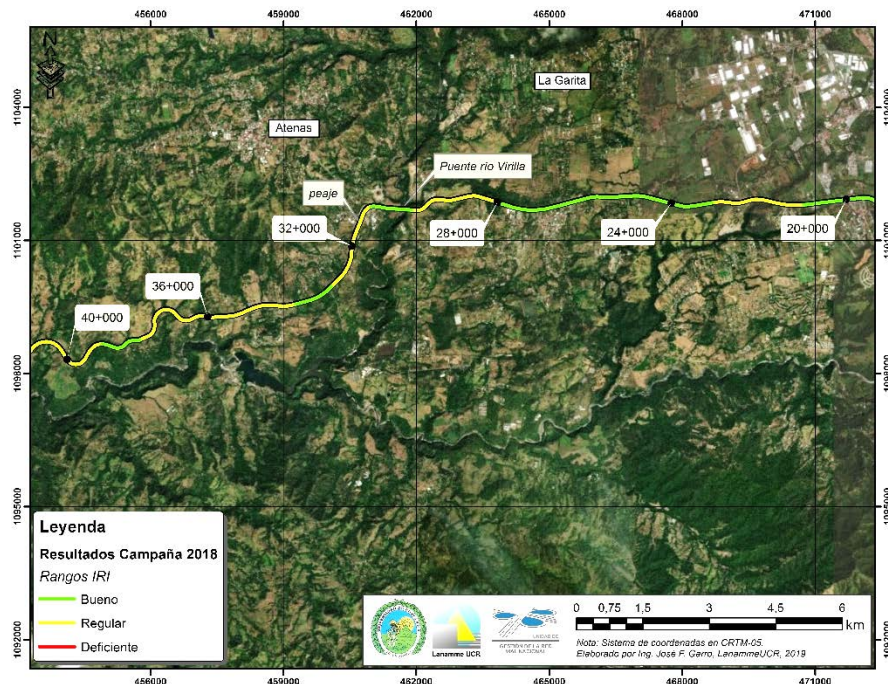


Figura A2 6 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 20+000 - 40+000

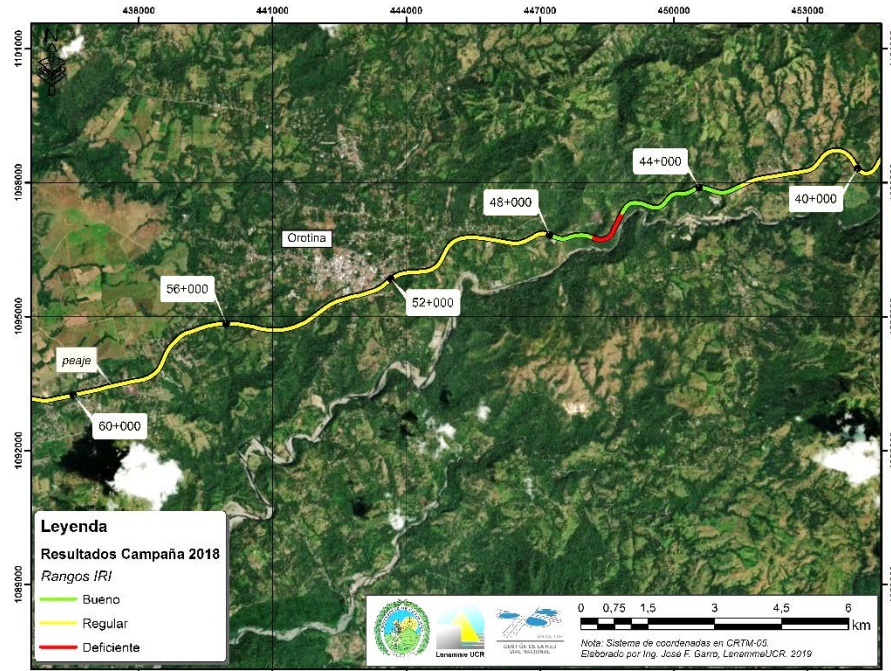


Figura A2 7 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 40+000 - 60+000

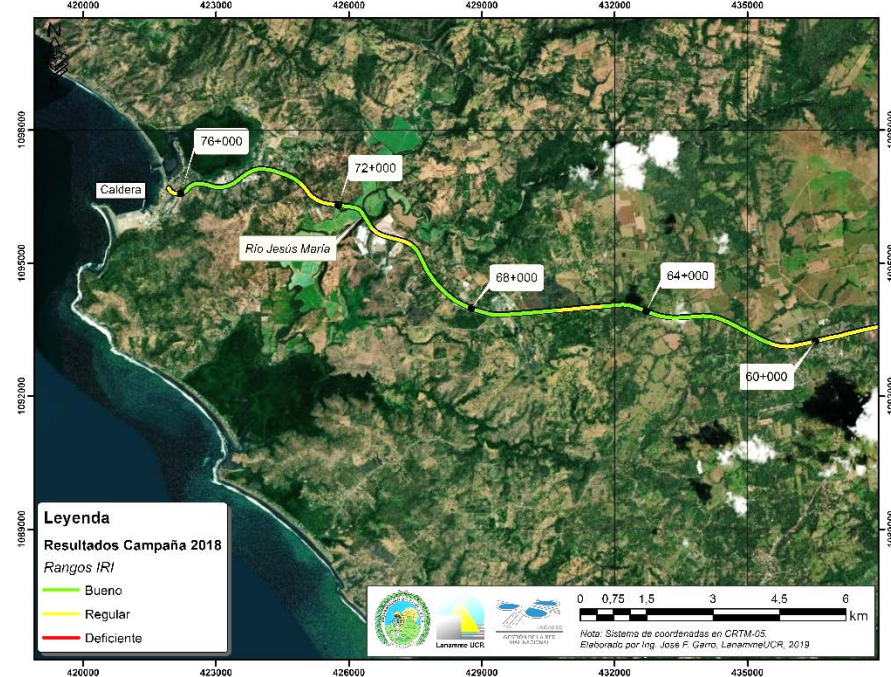


Figura A2 8 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 60+000 - 76+000



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Anexo III: Resultados obtenidos Medidor de Agarre Superficial

Informe: INF-PI-UGERVN-01-2019	Agosto, 2019	Página 110 de 176
--------------------------------	--------------	----------------------

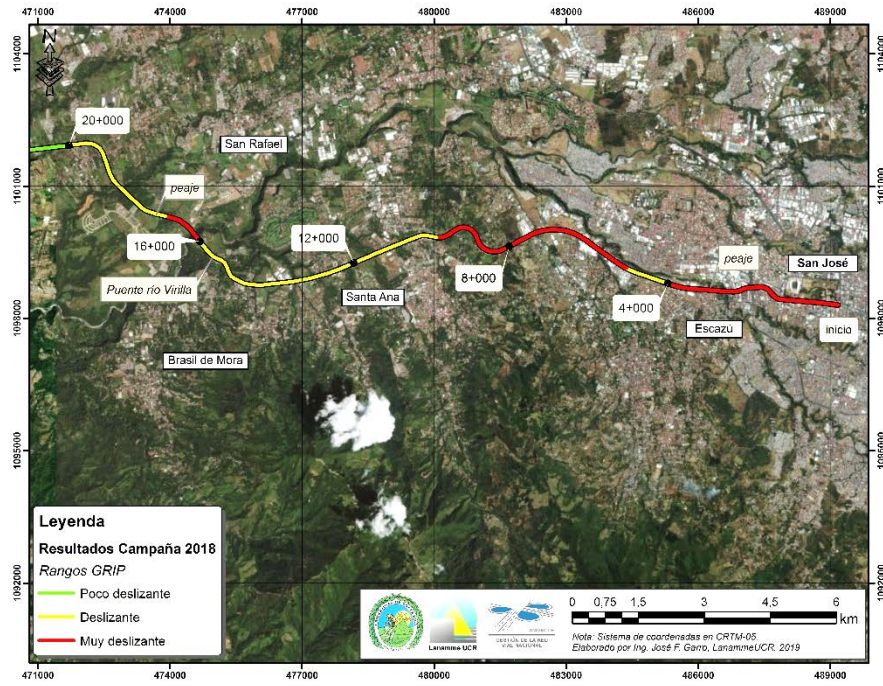


Figura A3 1 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 0+000 -20+000

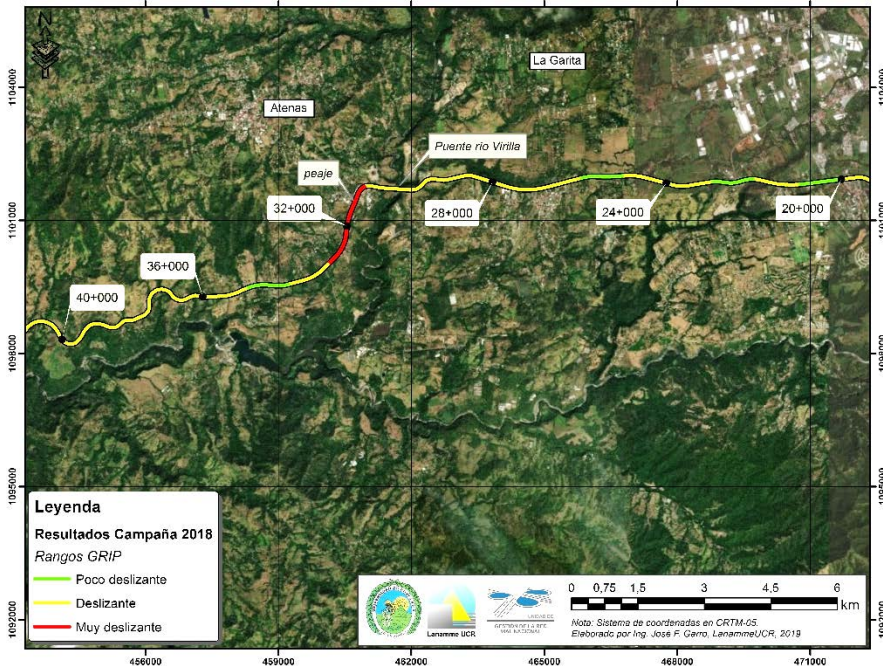


Figura A3 2 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 20+000 - 40+000

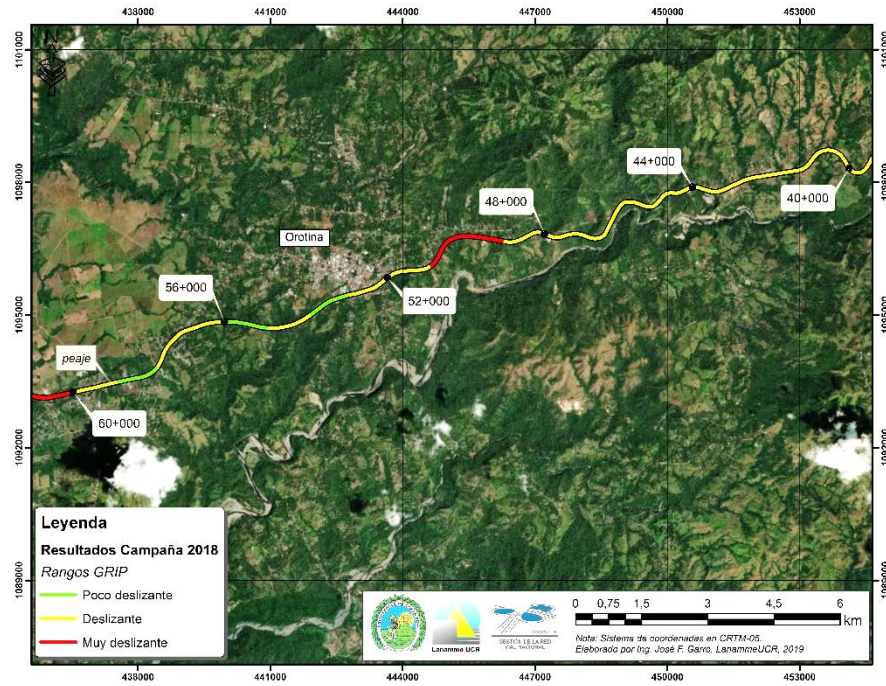


Figura A3 3 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 40+000 - 60+000

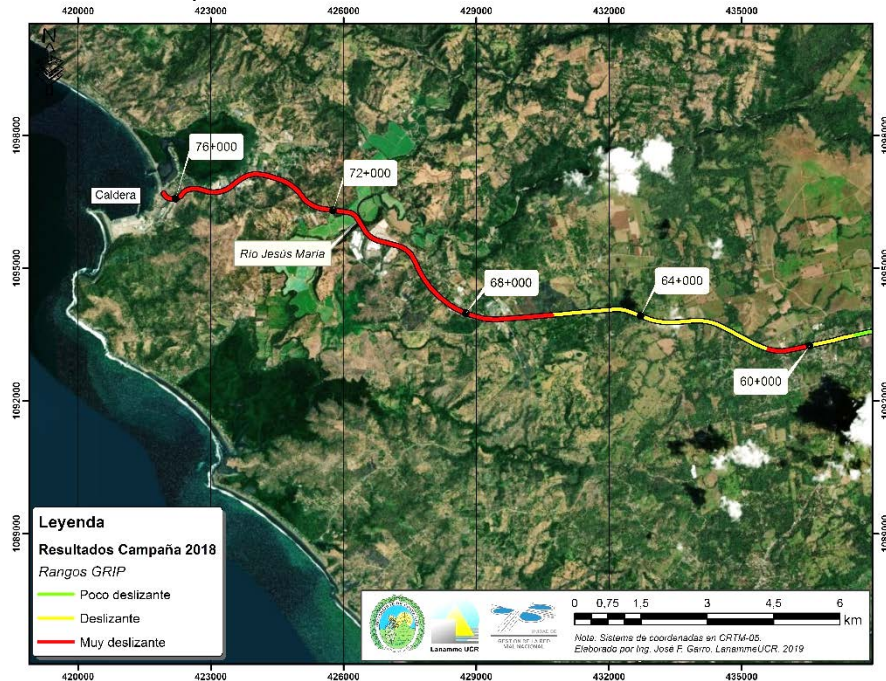


Figura A3 4 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 60+000 - 76+000

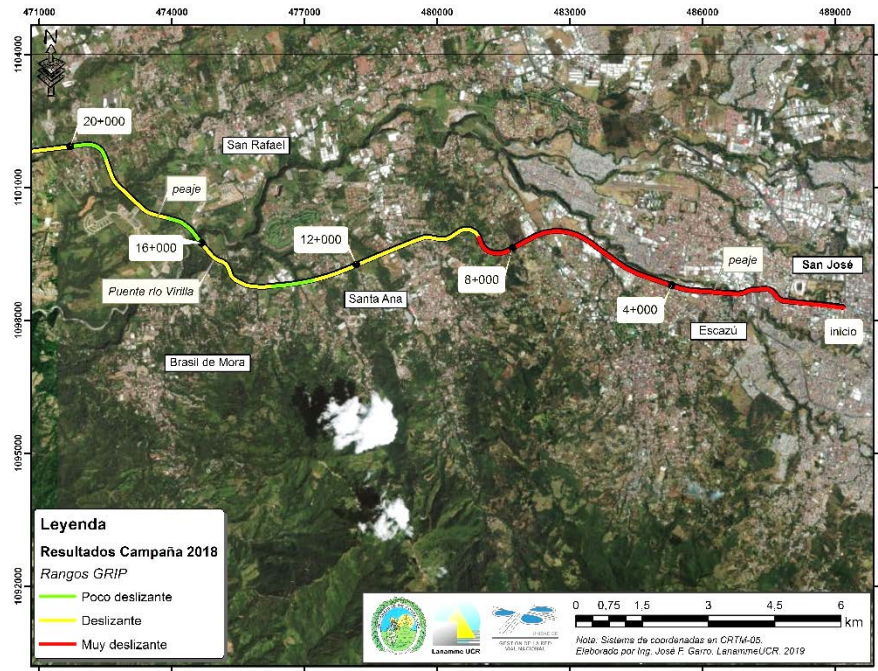


Figura A3 5 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 0+000 - 20+000

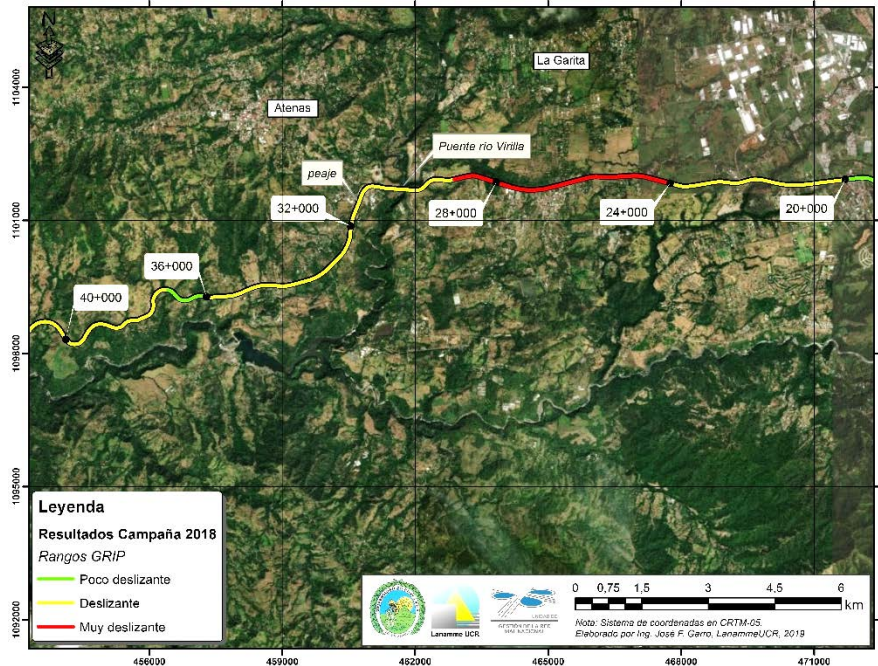


Figura A3 6 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 20+000 - 40+000

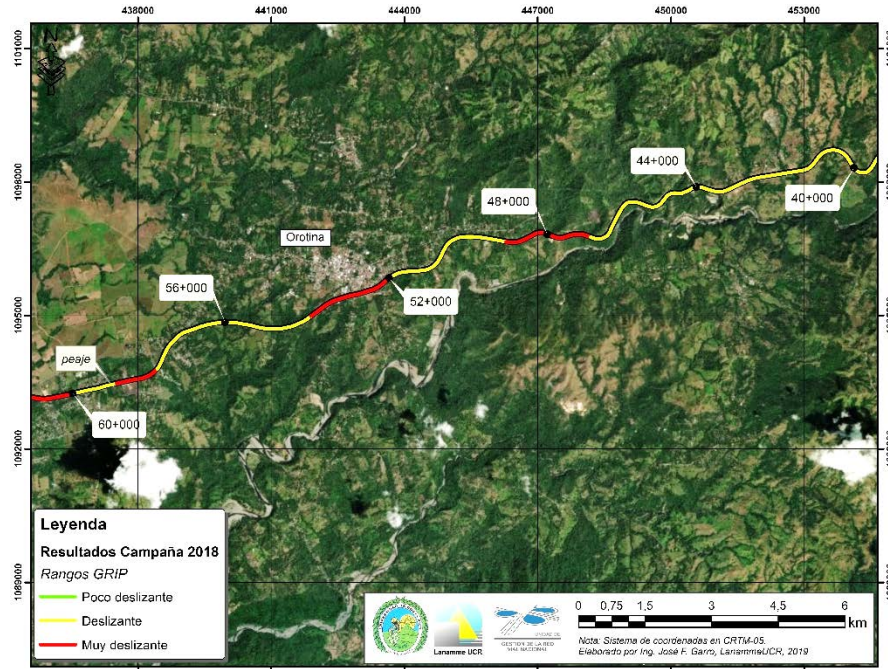


Figura A3 7 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 40+000 - 60+000

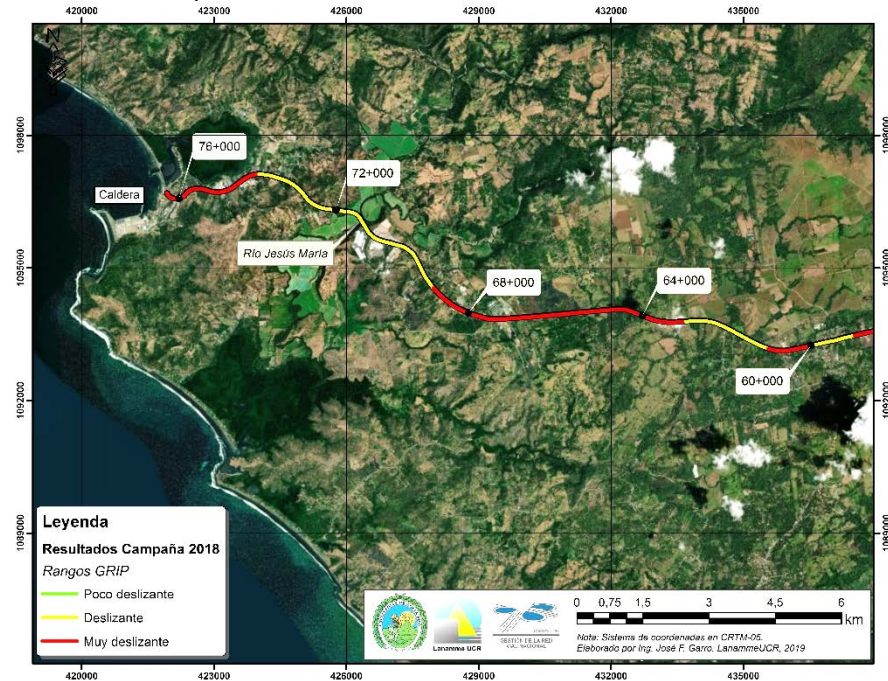


Figura A3 8 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 60+000 - 76+000

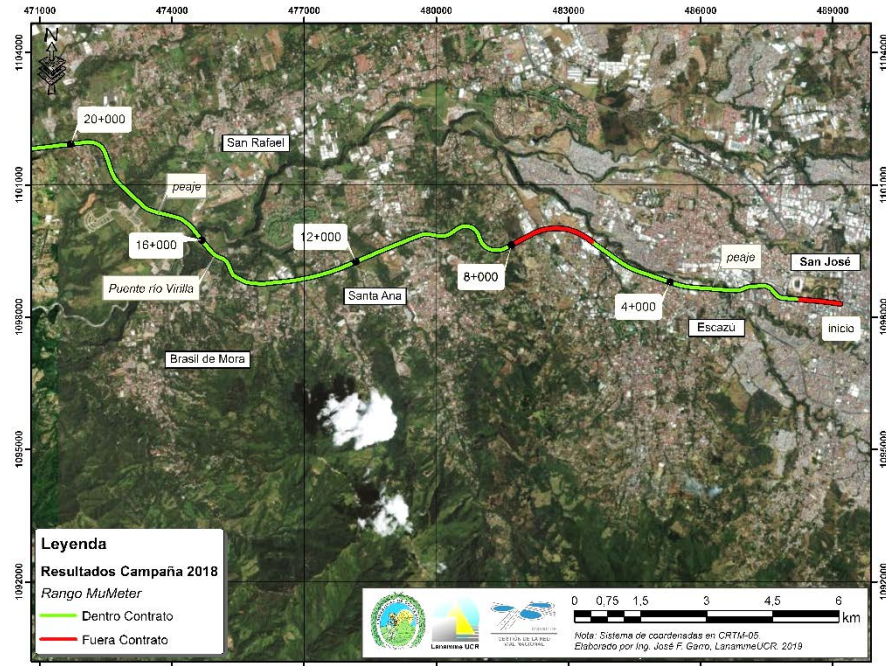


Figura A3 9 Resultados MuMeter, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 0+000 - 20+000

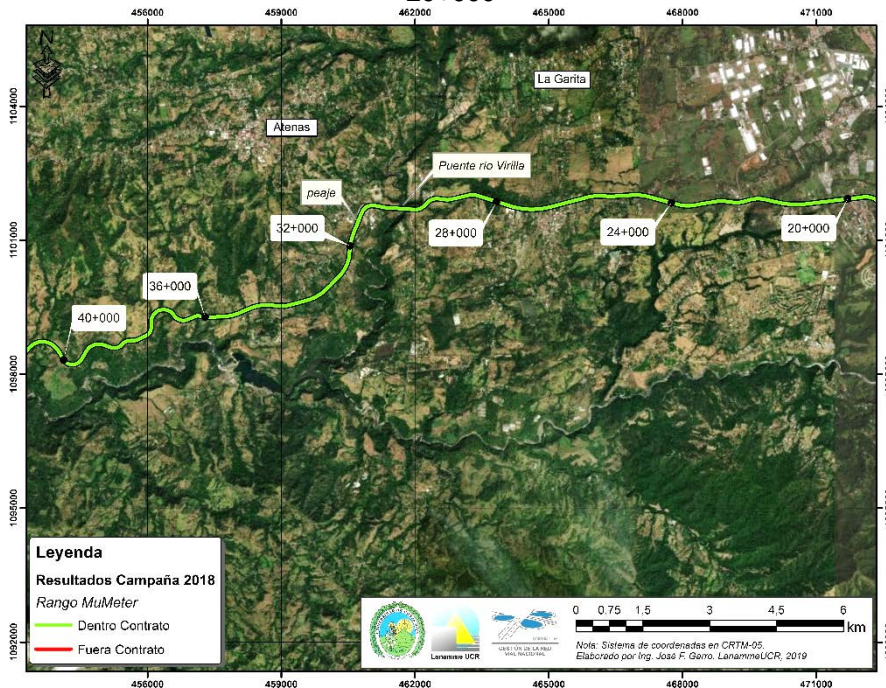


Figura A3 10 Resultados MuMeter, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 20+000 - 40+000

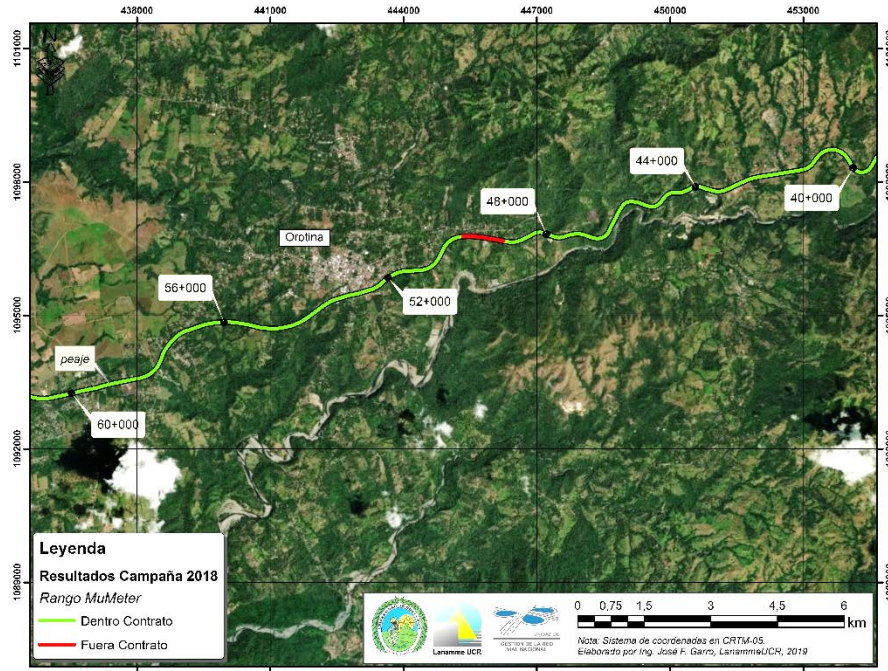


Figura A3 11 Resultados MuMeter, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 40+000 - 60+000

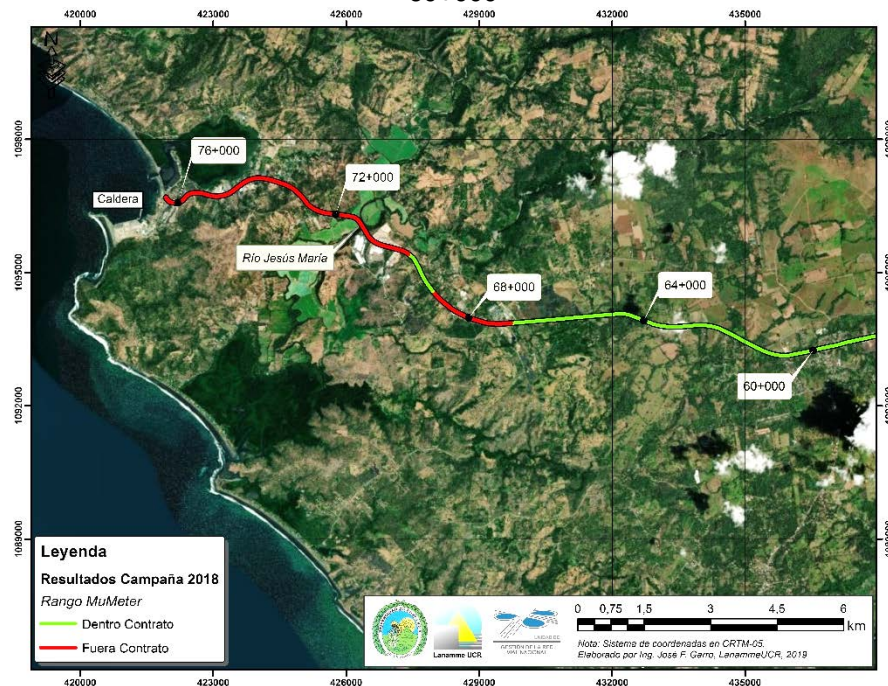


Figura A3 12 Resultados MuMeter, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 60+000 - 76+000

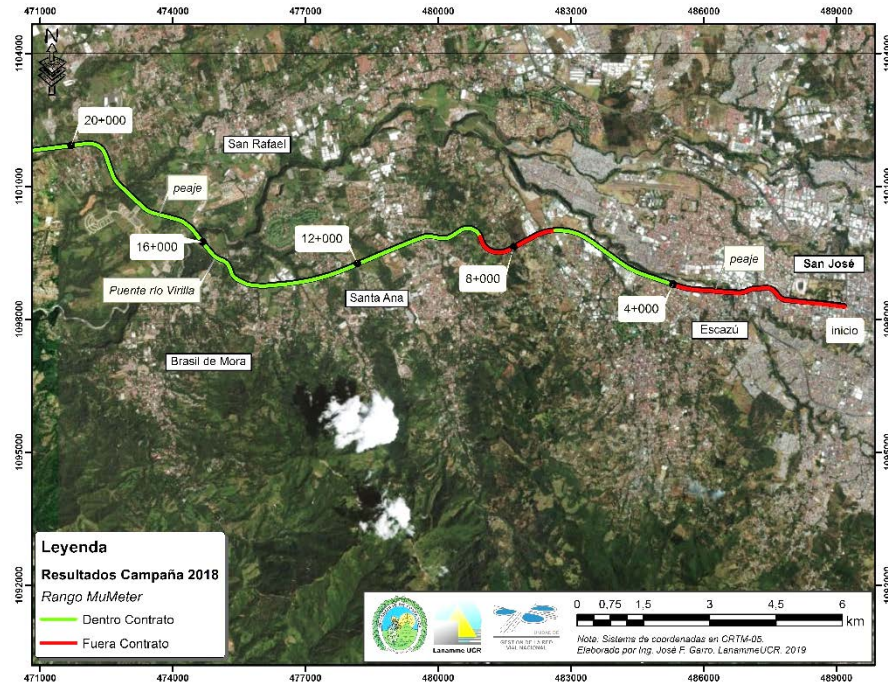


Figura A3 13 Resultados MuMeter, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 0+000 - 20+000

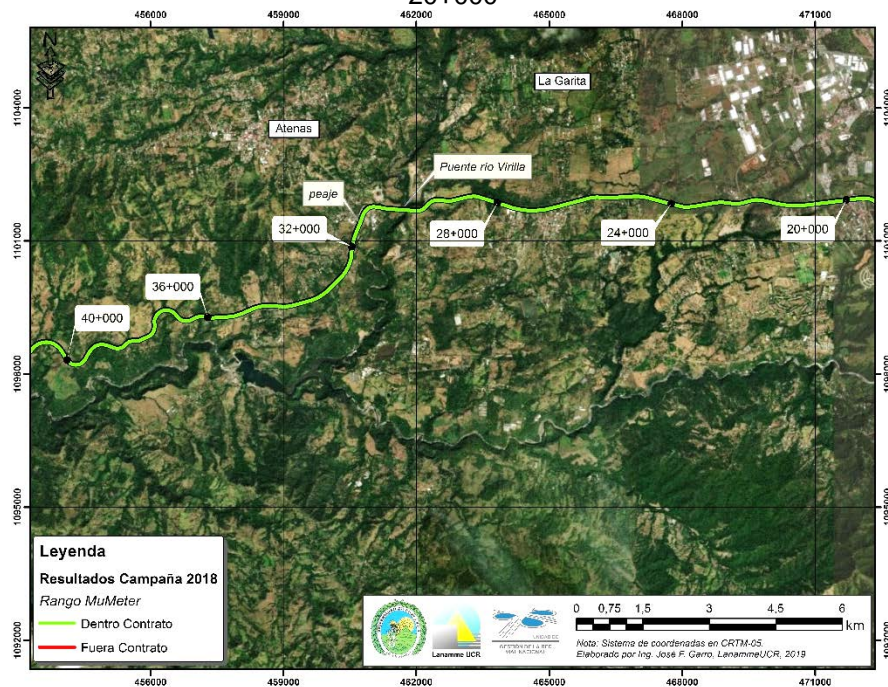


Figura A3 14 Resultados MuMeter, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 20+000 - 40+000

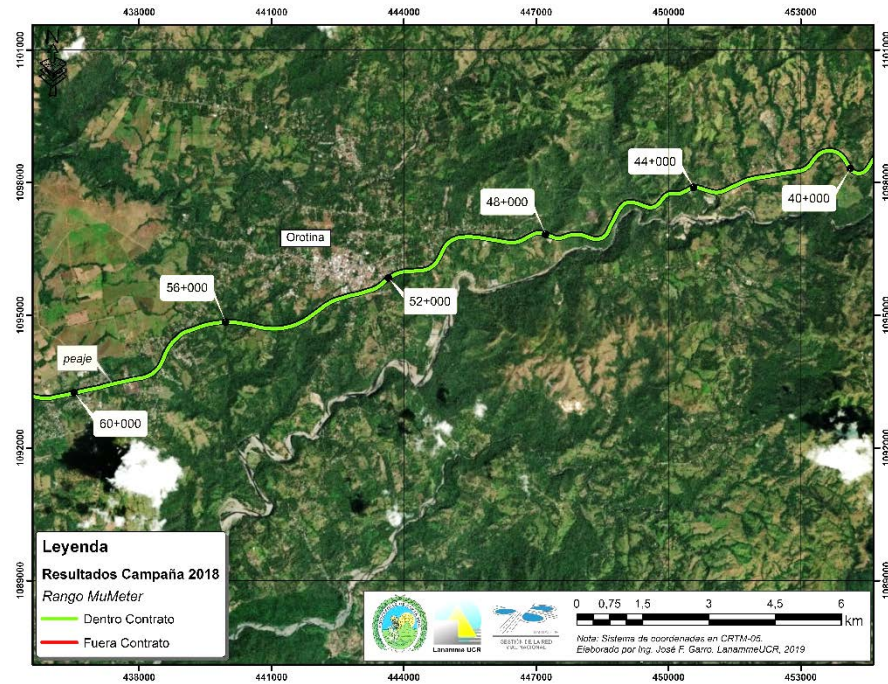


Figura A3 15 Resultados MuMeter, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 40+000 - 60+000

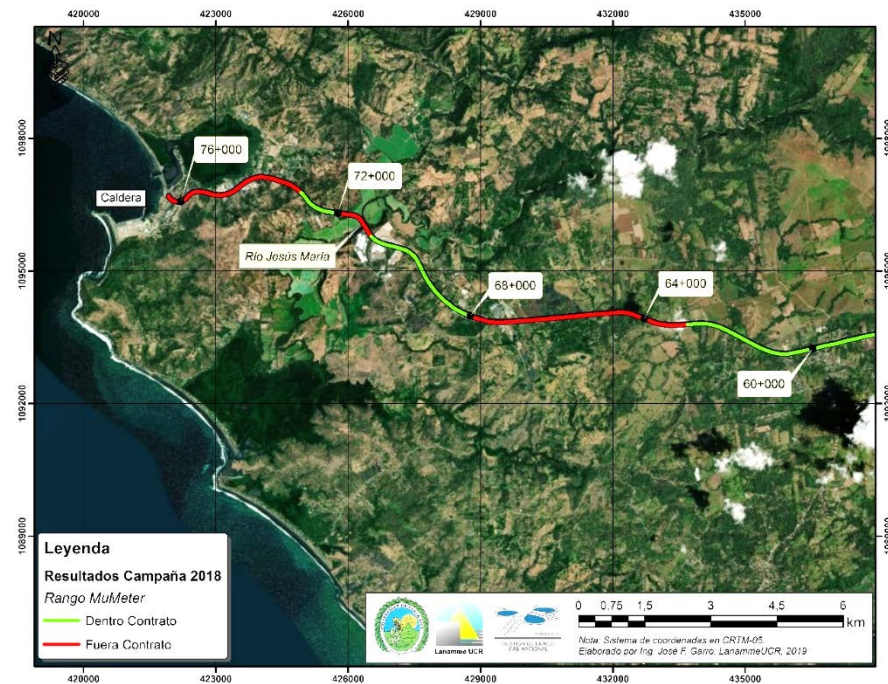


Figura A3 16 Resultados MuMeter, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 60+000 - 76+000



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Anexo IV: Resultados Obtenidos Notas de Calidad Q

Informe: INF-PI-UGERVN-01-2019	Agosto, 2019	Página 119 de 176
--------------------------------	--------------	----------------------

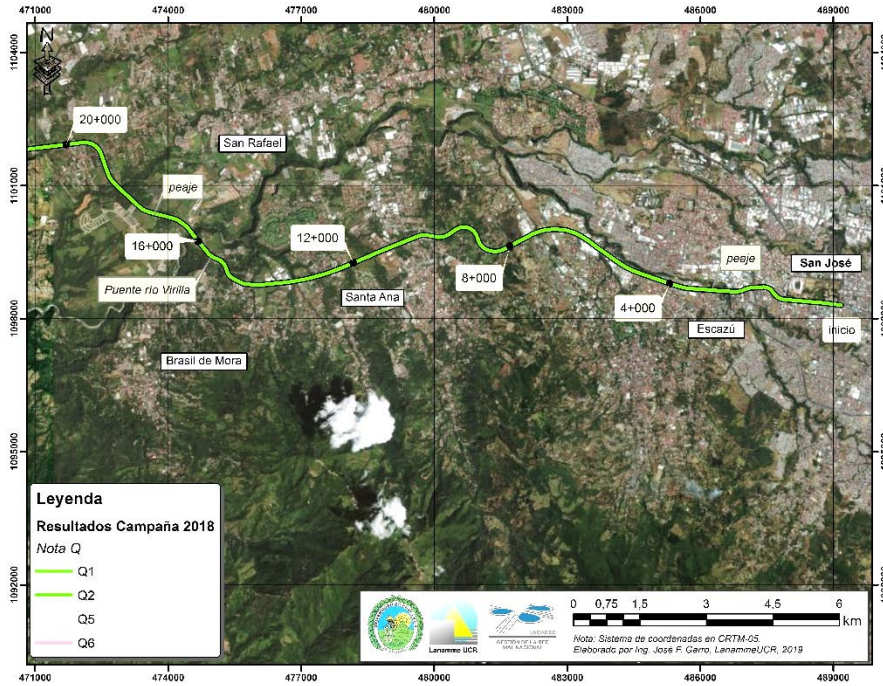


Figura A4 1 Resultados Notas Q, Ruta Nacional 27, sentido San José - Caldera Est. 0+000 - 20+000

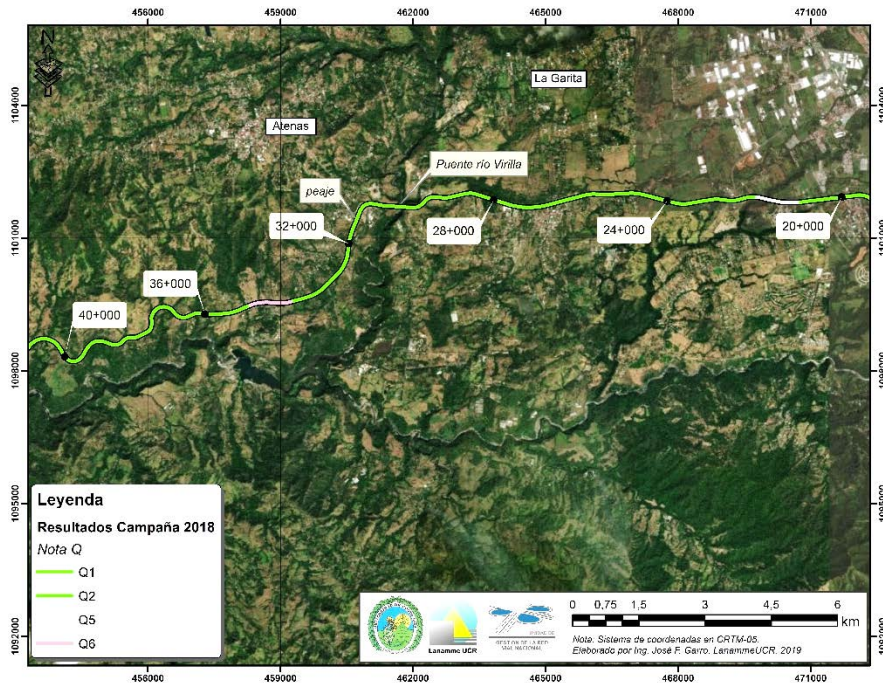


Figura A4 2 Resultados Notas Q, Ruta Nacional 27, sentido San José - Caldera Est. 20+000 - 40+000

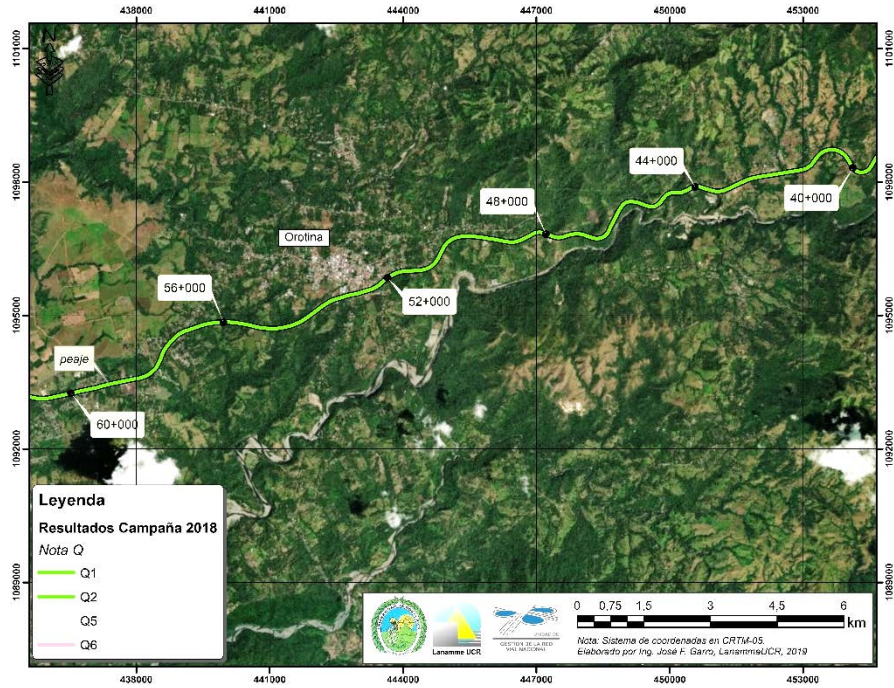


Figura A4 3 Resultados Notas Q, Ruta Nacional 27, sentido San José - Caldera Est. 40+000 - 60+000

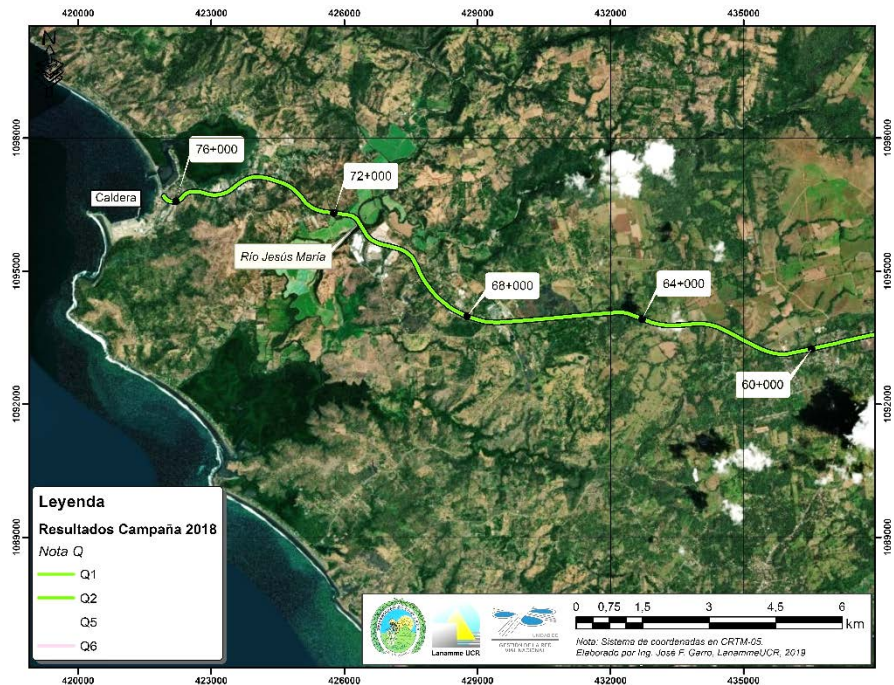


Figura A4 4 Resultados Notas Q, Ruta Nacional 27, sentido San José - Caldera Est. 60+000 - 76+000

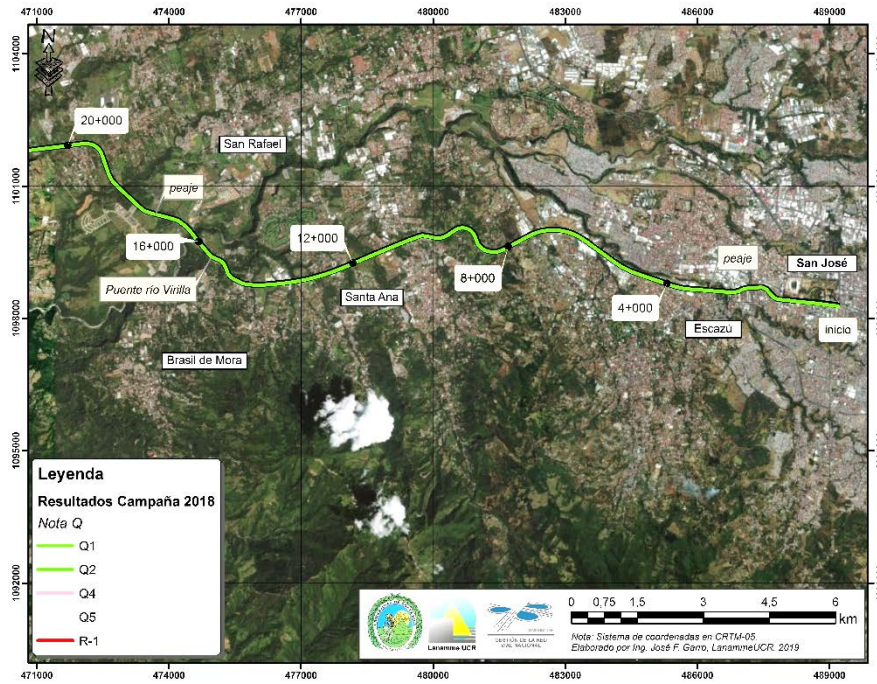


Figura A4 5 Resultados Notas Q, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 0+000 - 20+000

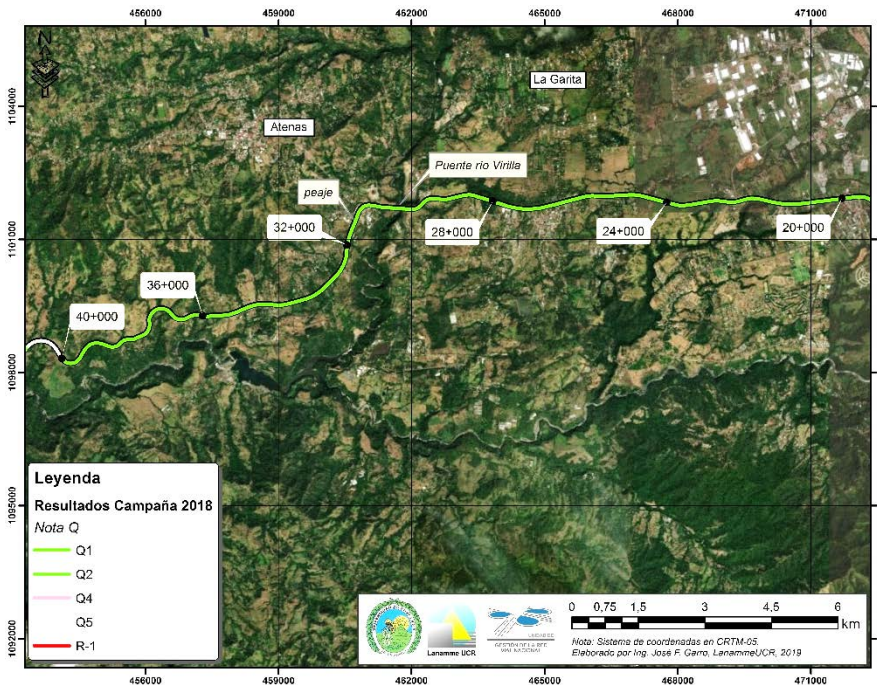


Figura A4 6 Resultados Notas Q, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 20+000 - 40+000

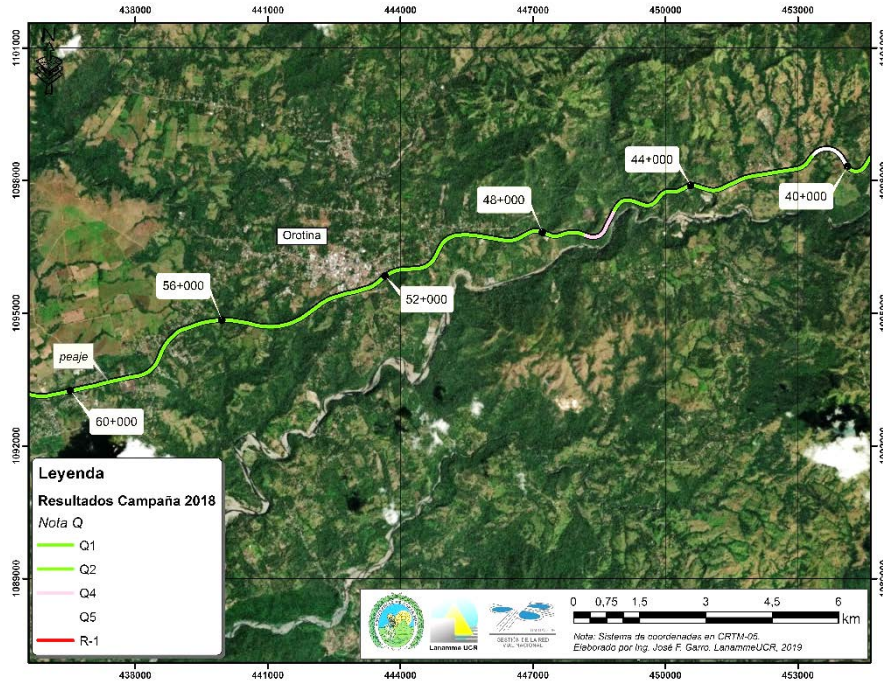


Figura A4 7 Resultados Notas Q, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 40+000 - 60+000

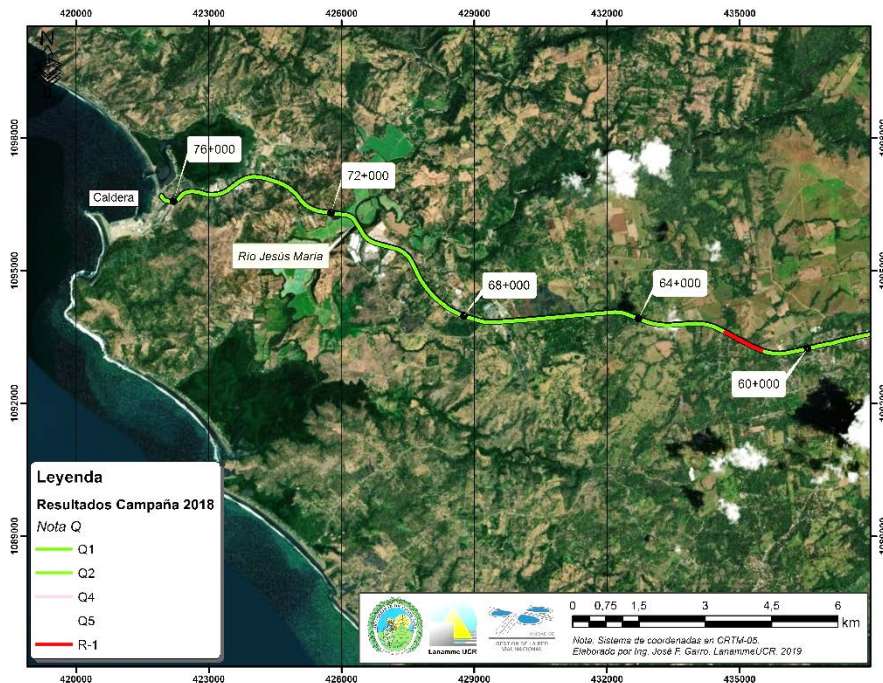


Figura A4 8 Resultados Notas Q, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 60+000 - 76+000



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Informe: INF-PI-UGERVN-01-2019	Agosto, 2019	Página 124 de 176
--------------------------------	--------------	----------------------



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Anexo V: Resultado evaluación visual. Principales deterioros en pavimento

Informe: INF-PI-UGERVN-01-2019	Agosto, 2019	Página 125 de 176
--------------------------------	--------------	----------------------

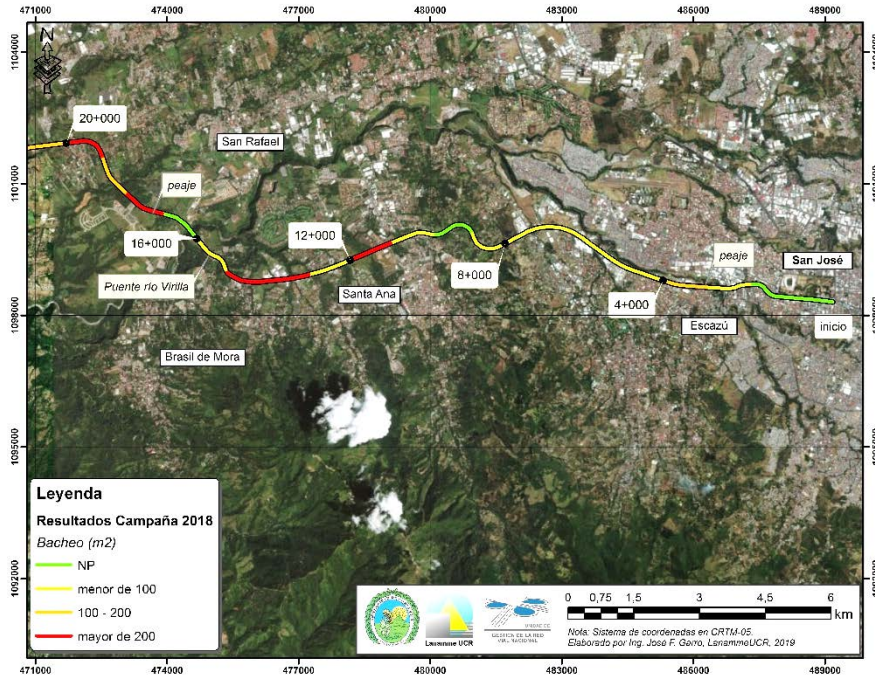


Figura A5 1 Presencia de Bacheo, Ruta Nacional 27, sentido San José - Caldera Est. 0+000 - 20+000

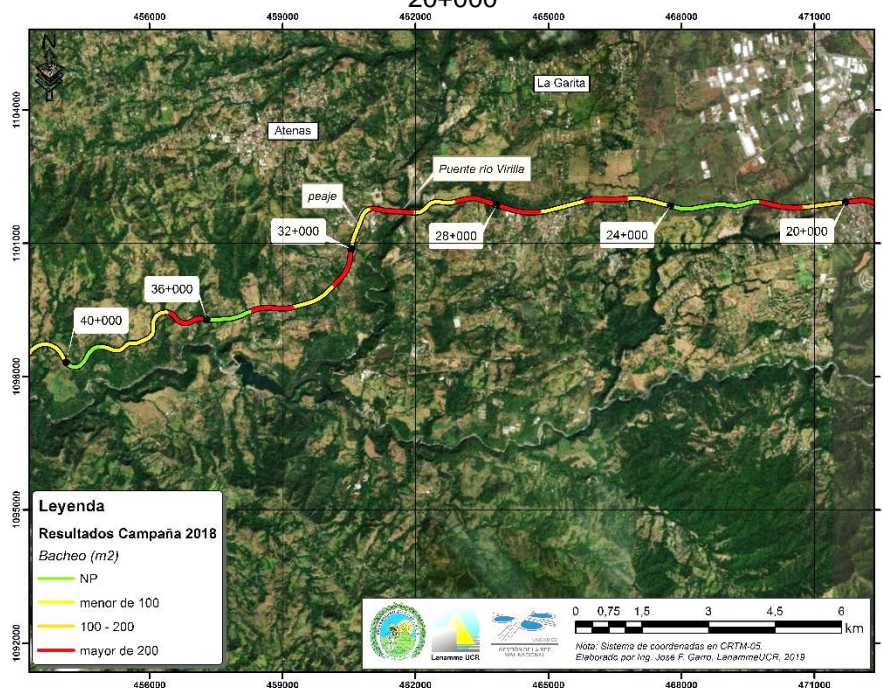


Figura A5 2 Presencia de Bacheo, Ruta Nacional 27, sentido San José - Caldera Est. 20+000 - 40+000

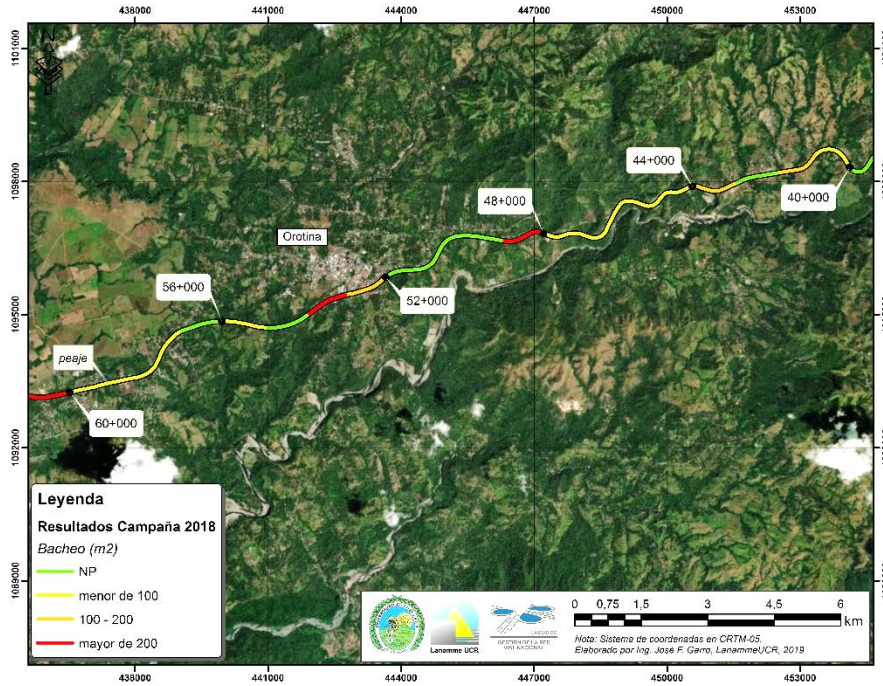


Figura A5 3 Presencia de Bacheo, Ruta Nacional 27, sentido San José - Caldera Est. 40+000 - 60+000

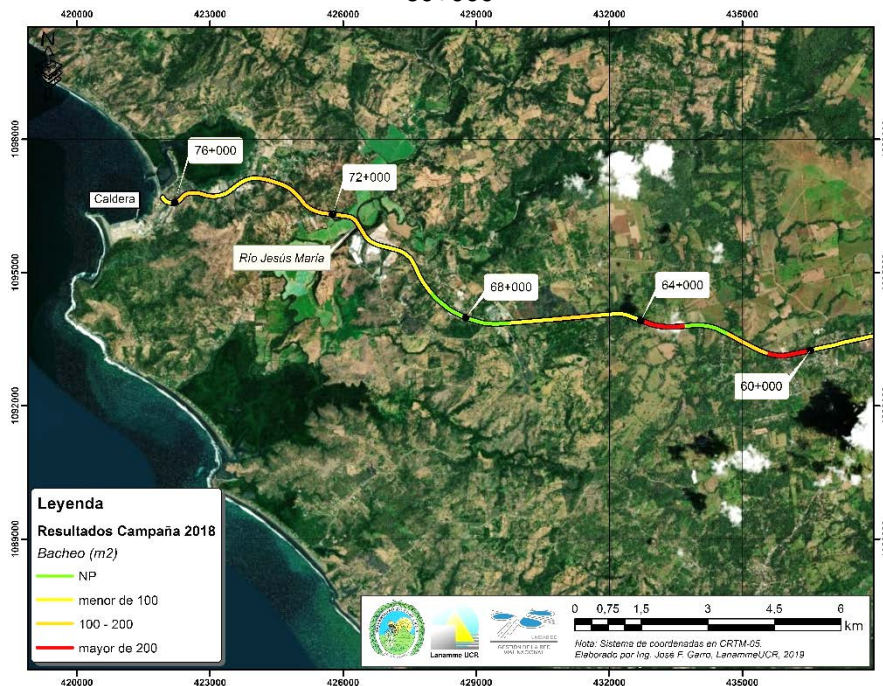


Figura A5 4 Presencia de Bacheo, Ruta Nacional 27, sentido San José - Caldera Est. 60+000 - 76+000

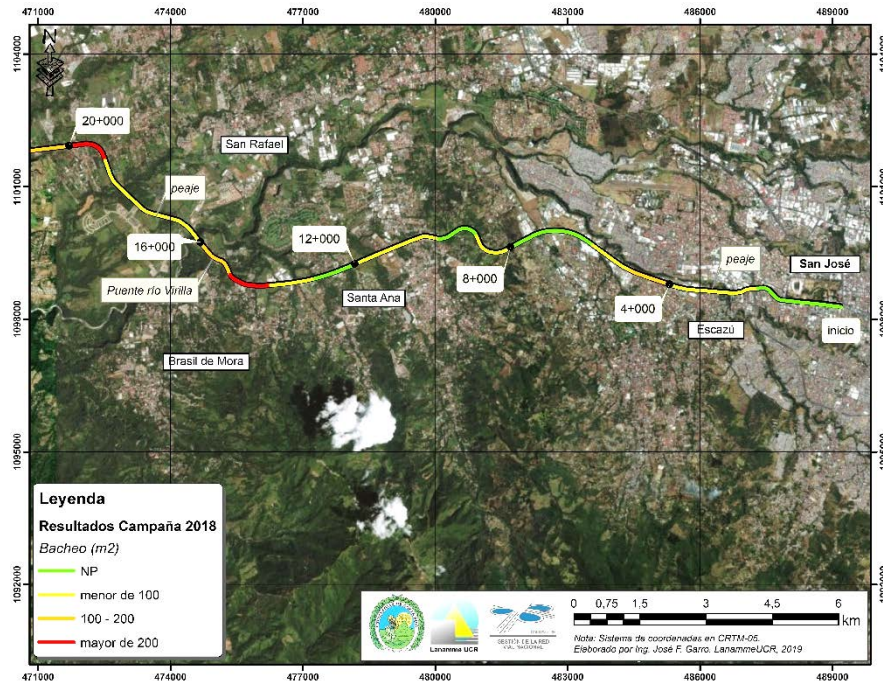


Figura A5 5 Presencia de Bacheo, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 0+000 - 20+000

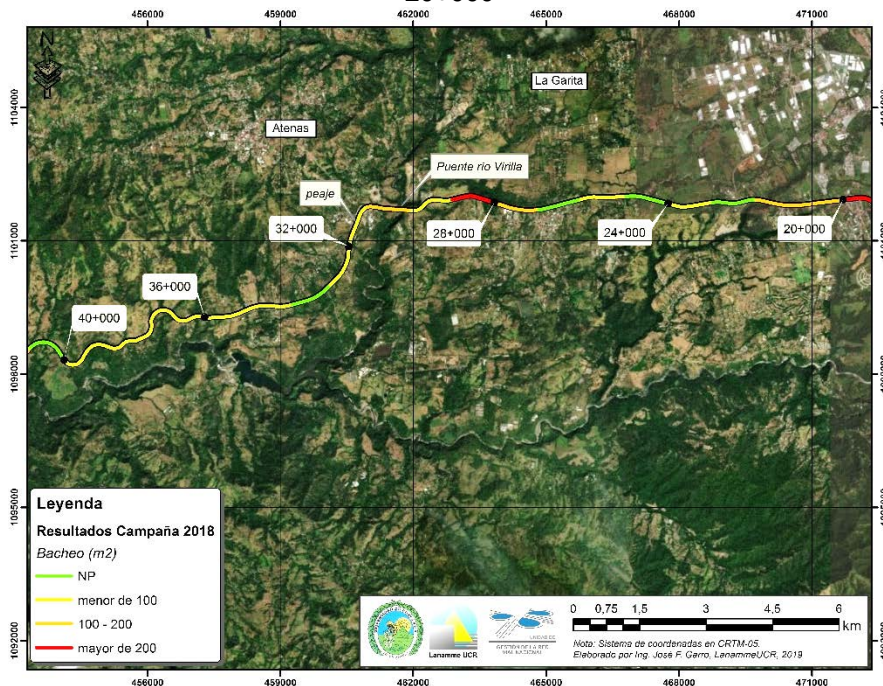


Figura A5 6 Presencia de Bacheo, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est.20+000 - 40+000

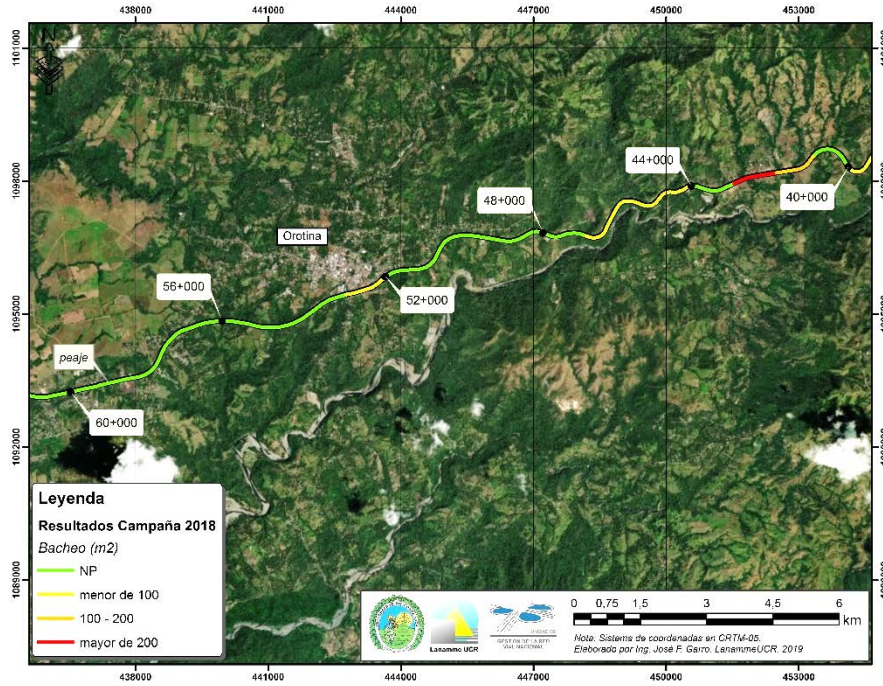


Figura A5 7 Presencia de Bacheo, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 40+000 - 60+000

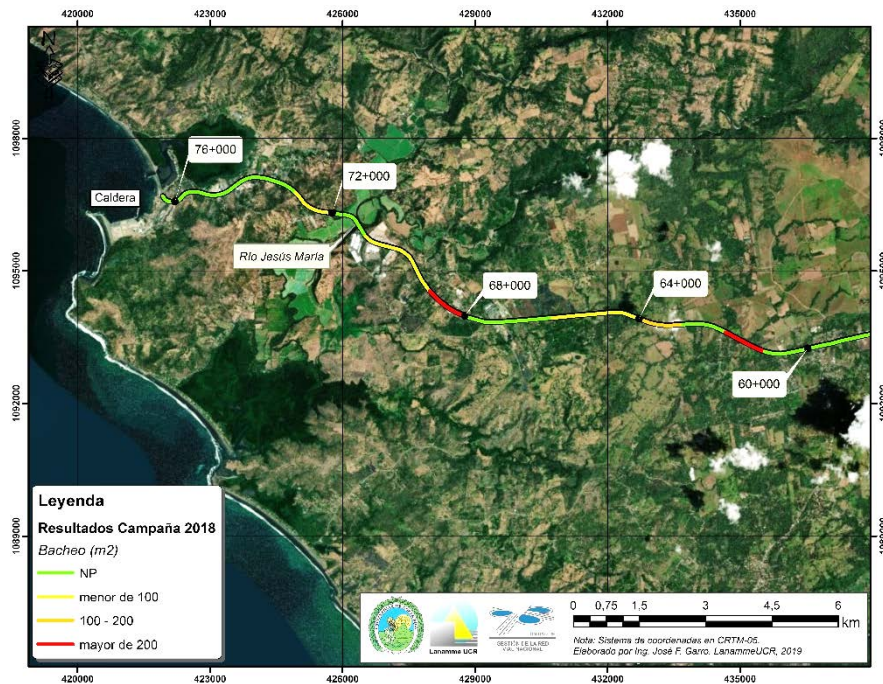


Figura A5 8 Presencia de Bacheo, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 60+000 - 76+000

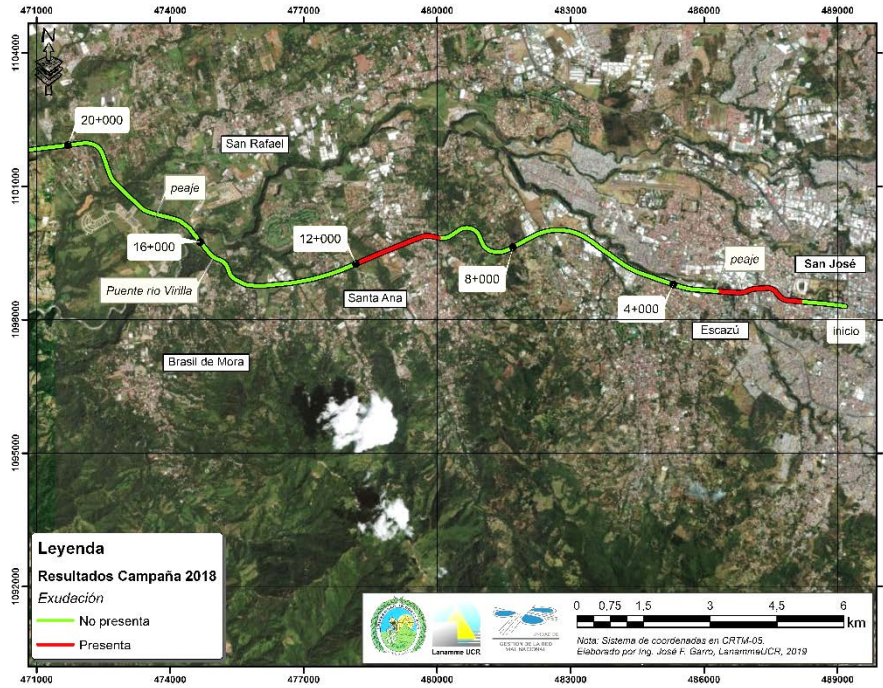


Figura A5 9 Presencia de Exudación, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 0+000 - 20+000

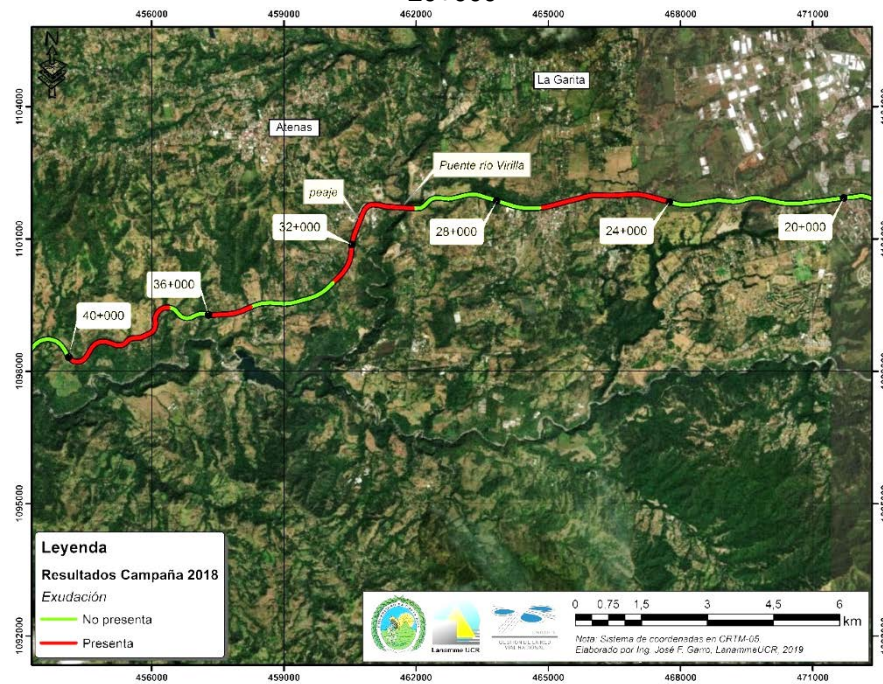


Figura A5 10 Presencia de Exudación, Ruta Nacional 27, sentido San José - Caldera Est. 20+000 - 40+000

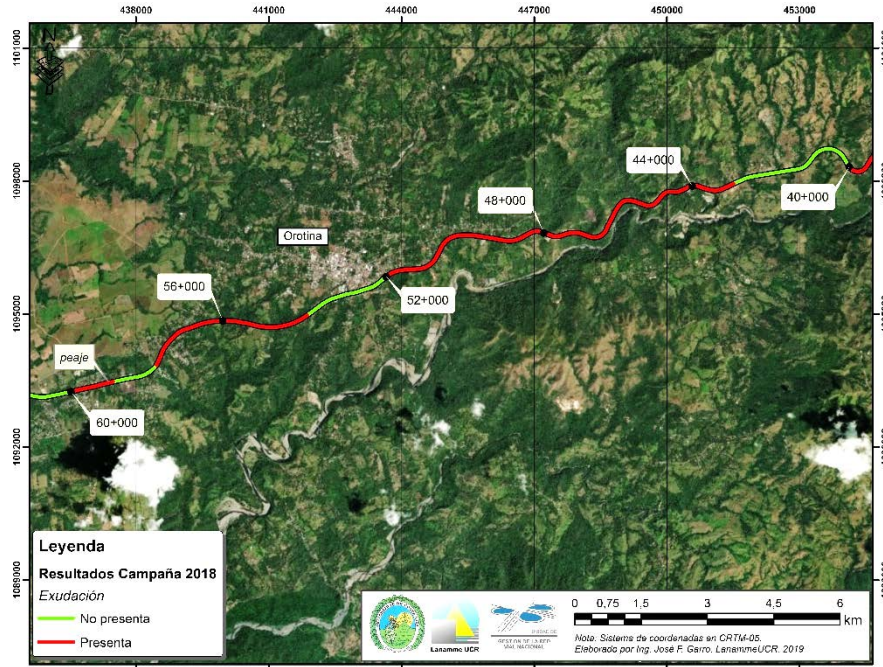


Figura A5 11 Presencia de Exudación, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est.
40+000 - 60+000

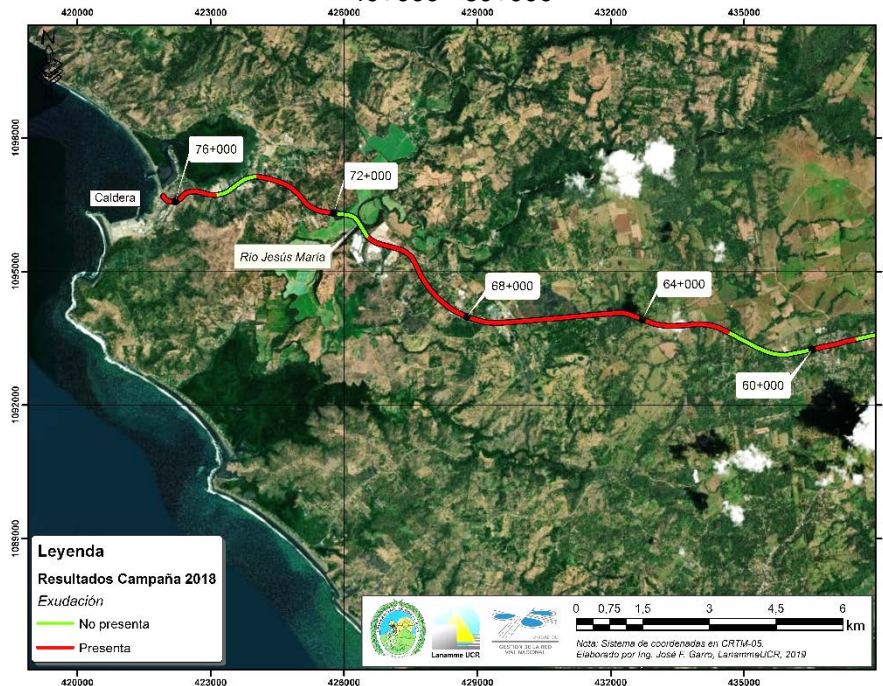


Figura A5 12 Presencia de Exudación, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est.
60+000 - 76+000

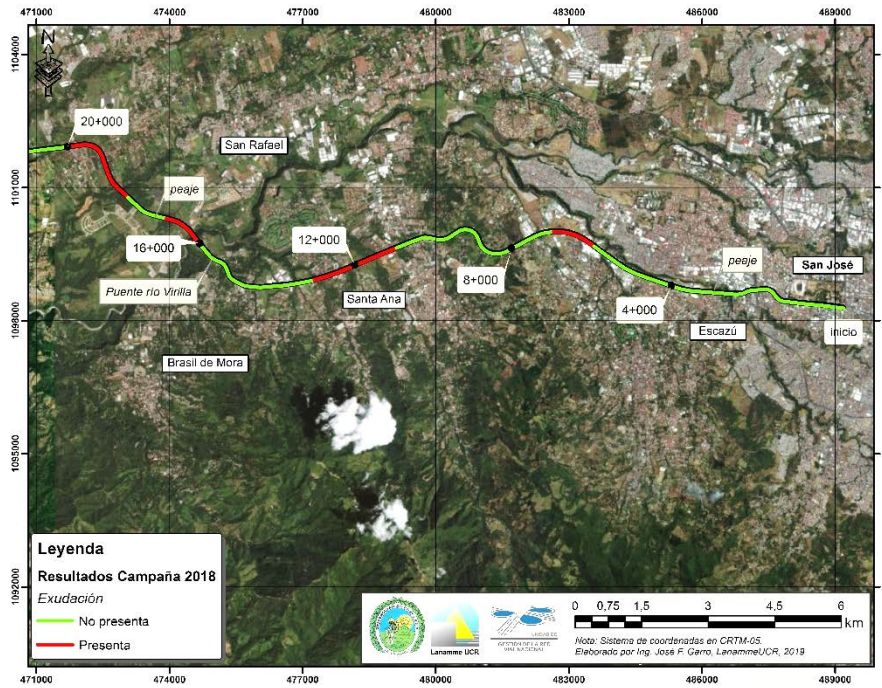


Figura A5 13 Presencia de Exudación, Ruta Nacional 27, sentido Caldera - San José Est. 0+000 - 20+000

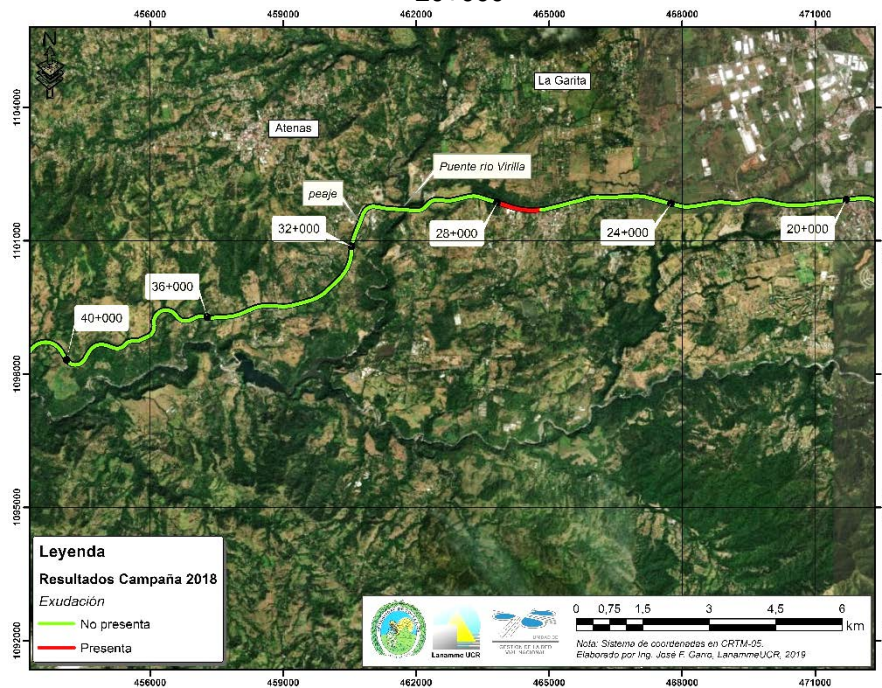


Figura A5 14 Presencia de Exudación, Ruta Nacional 27, sentido Caldera - San José Est. 20+000 - 40+000



Figura A5 15 Presencia de Exudación, Ruta Nacional 27, sentido Caldera - San José Est. 40+000 - 60+000



Figura A5 16 Presencia de Exudación, Ruta Nacional 27, sentido Caldera - San José Est. 60+000 - 76+000

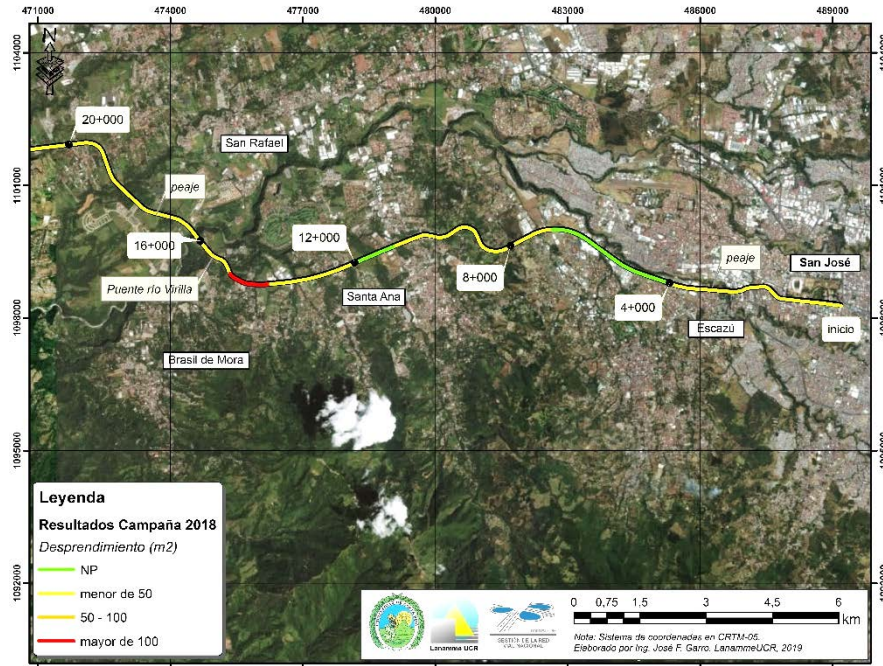


Figura A5 17 Presencia de Desprendimiento agregados, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 0+000 - 20+000

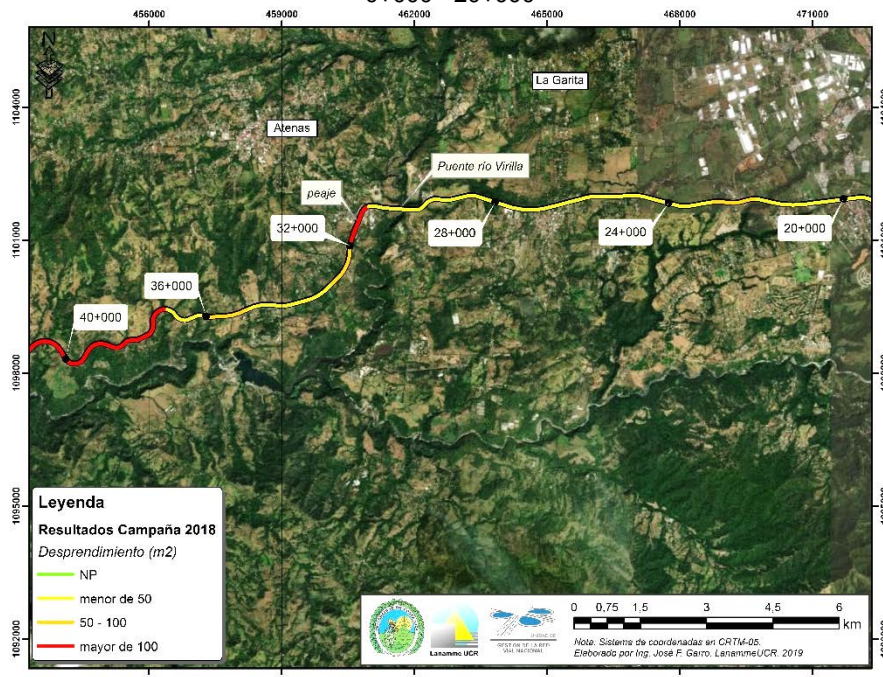


Figura A5 18 Presencia de Desprendimiento de agregados, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José. Est. 20+000 - 40+000



Figura A5 19 Presencia de Desprendimiento de agregado, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José, Est. 40+000 - 60+000

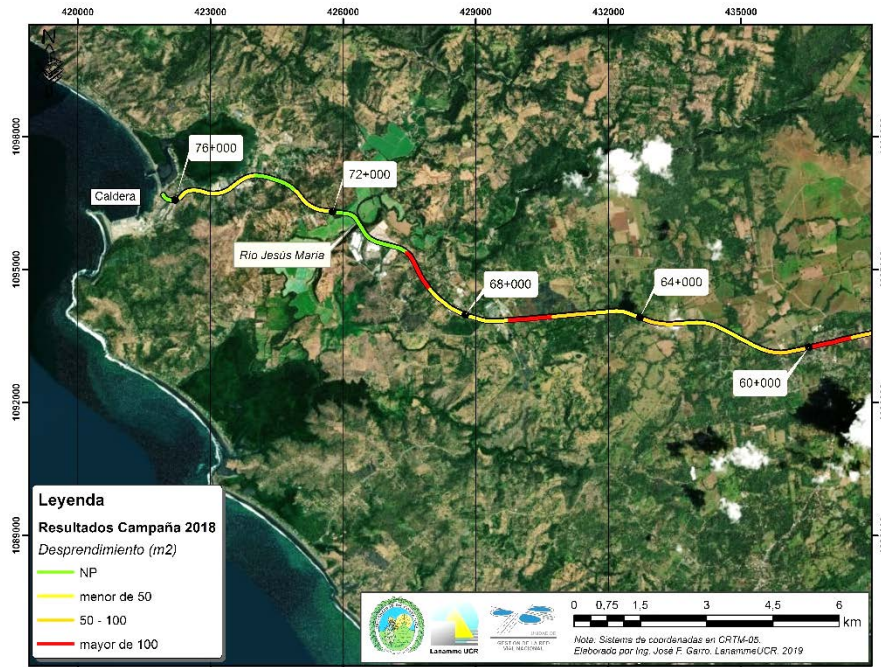


Figura A5 20 Presencia de Desprendimiento de agregado, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José, Est. 60+000 - 76+000

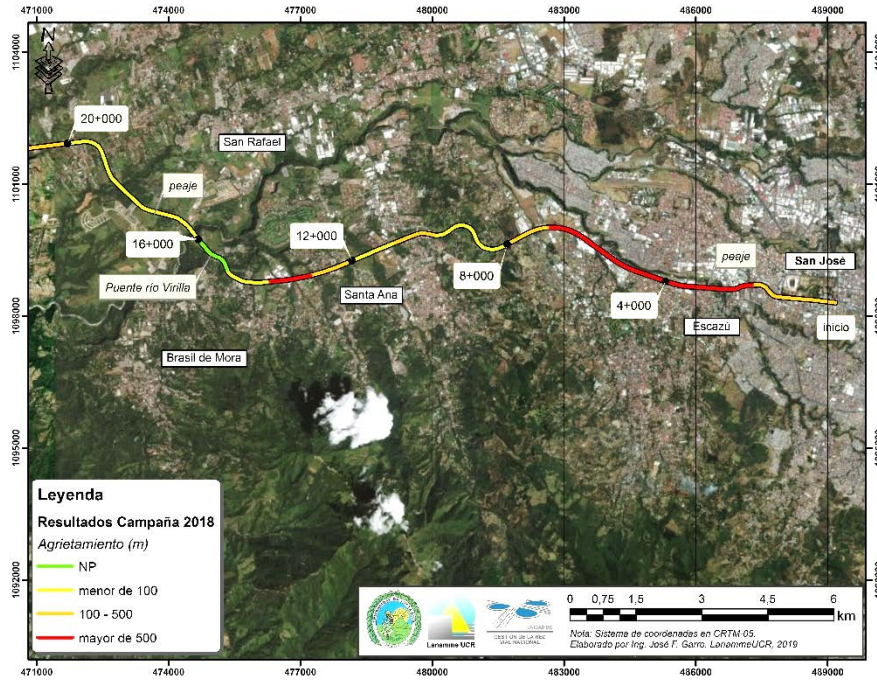


Figura A5 21 Presencia de Agrietamiento, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera, Est. 0+000 - 20+000

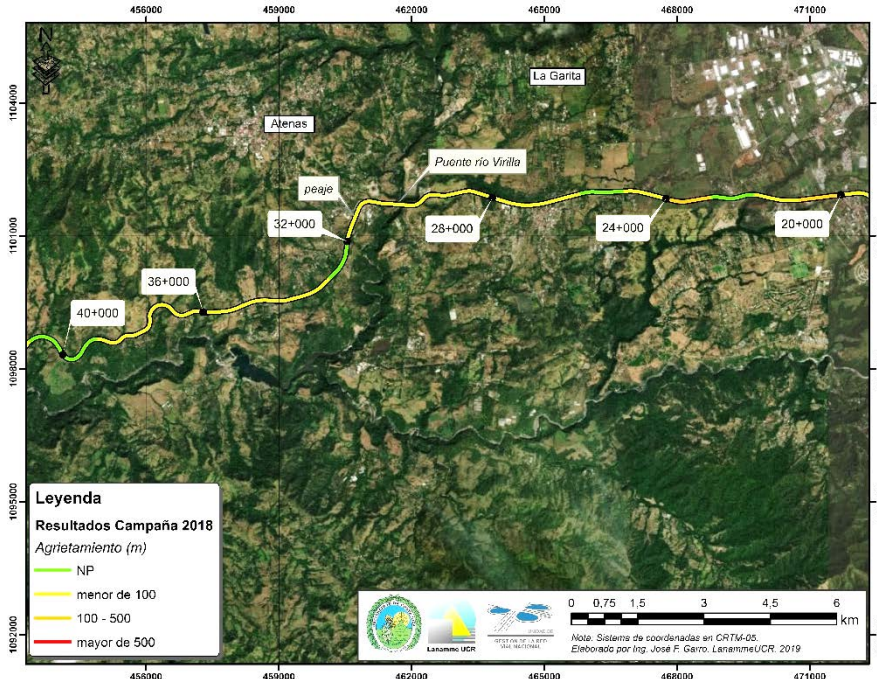


Figura A5 22 Presencia de Agrietamiento, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera, Est. 20+000 - 40+000



Figura A5 23 Presencia de Agrietamiento, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera, Est. 40+000 - 60+000

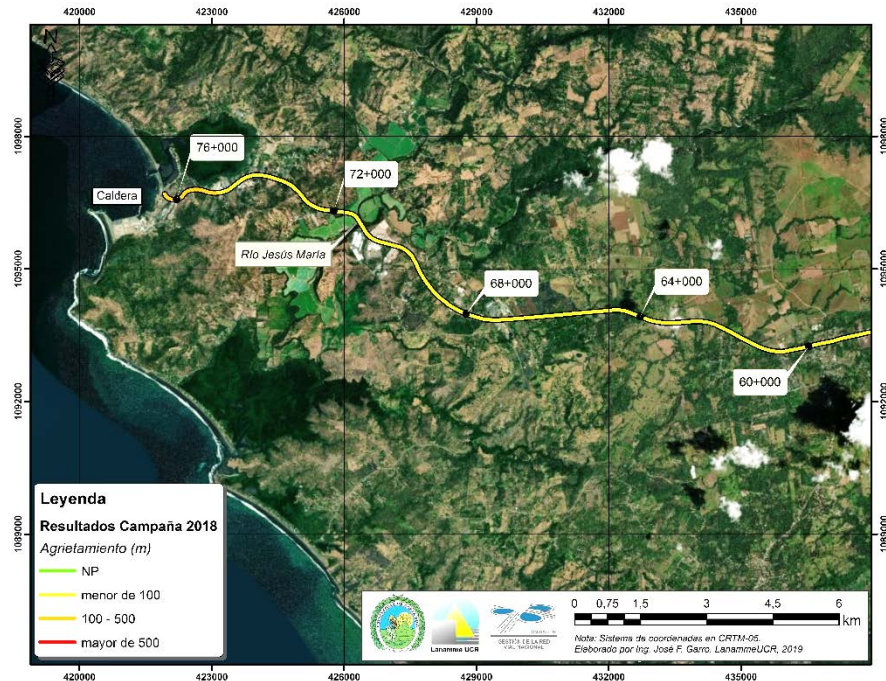


Figura A5 24 Presencia de Agrietamiento, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera, Est. 60+000 - 76+000

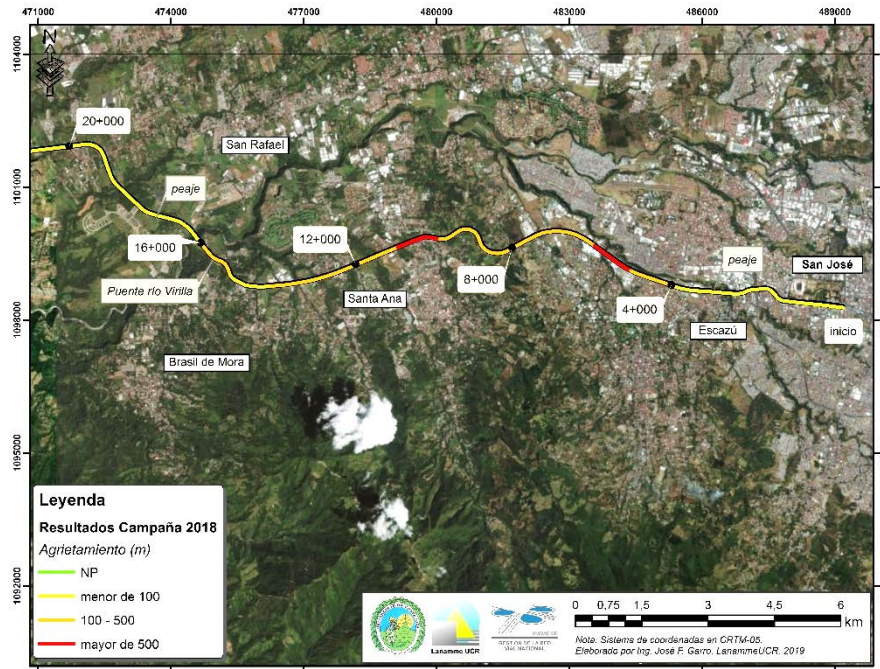


Figura A5 25 Presencia de Agrietamiento, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José, Est. 0+000 - 20+000

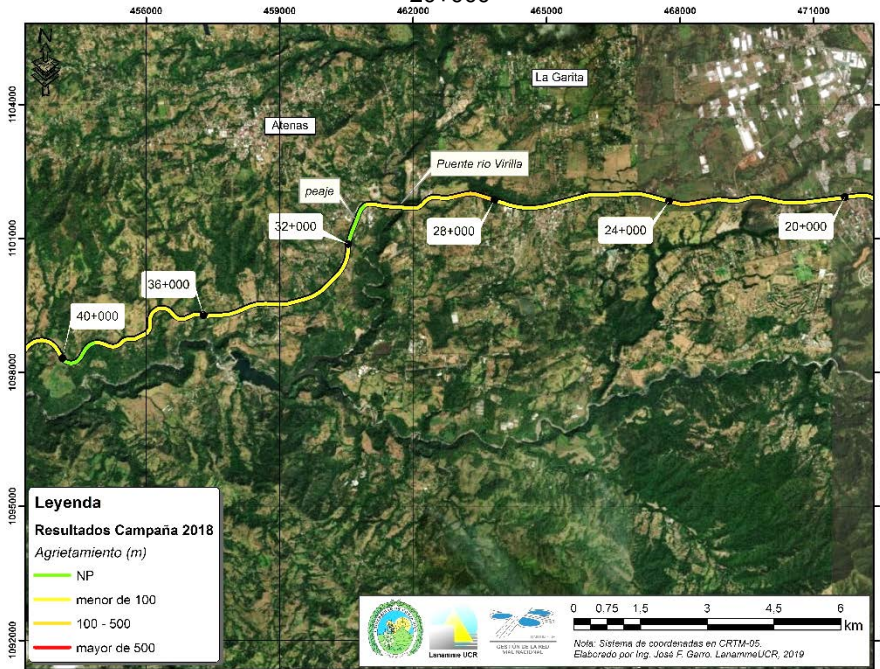


Figura A5 26 Presencia de Agrietamiento, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José, Est. 20+000 - 40+000

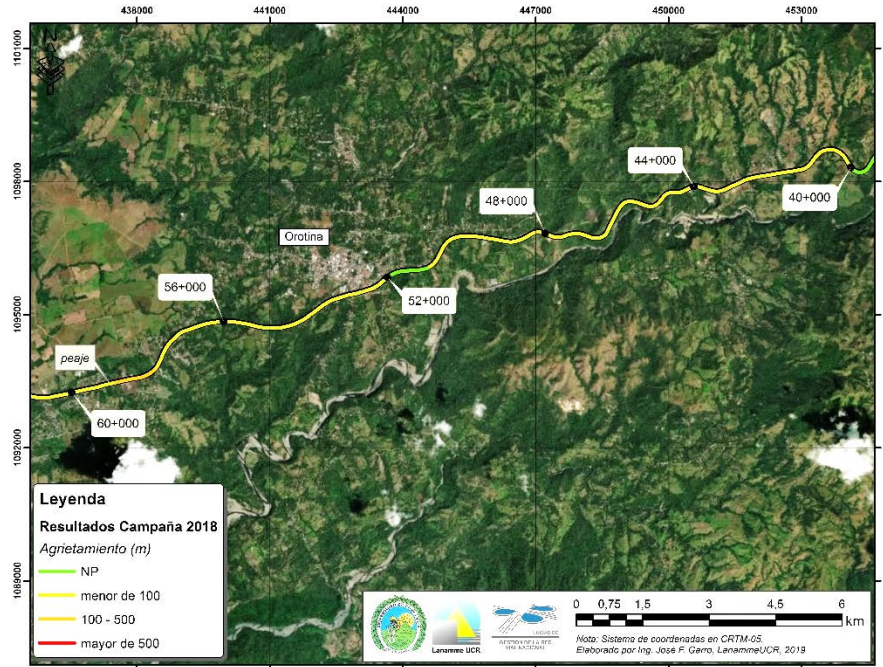


Figura A5 27 Presencia de Agrietamiento, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José, Est. 40+000 - 60+000

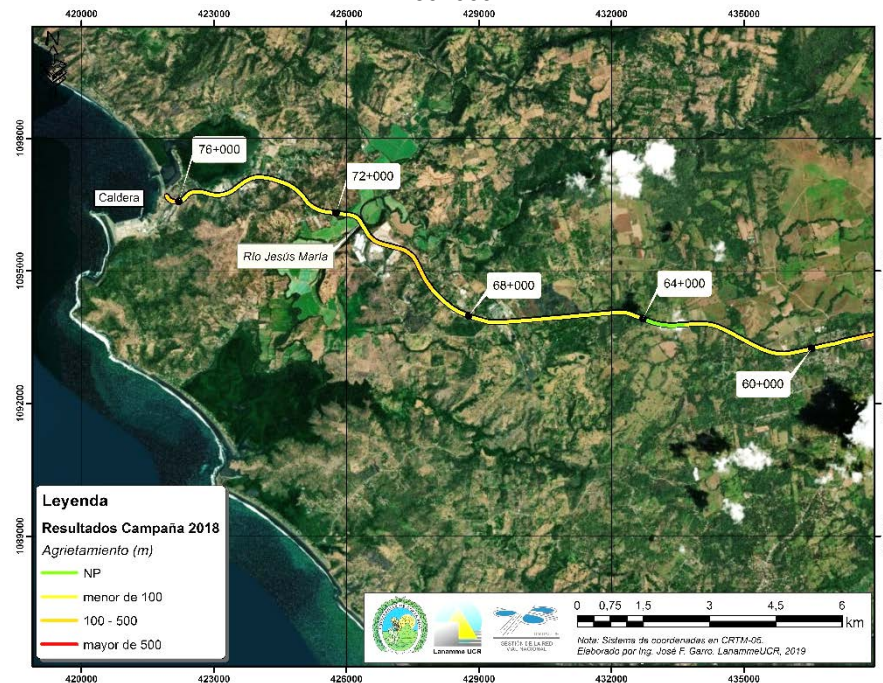


Figura A5 28 Presencia de Agrietamiento, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José, Est. 60+000 - 76+000

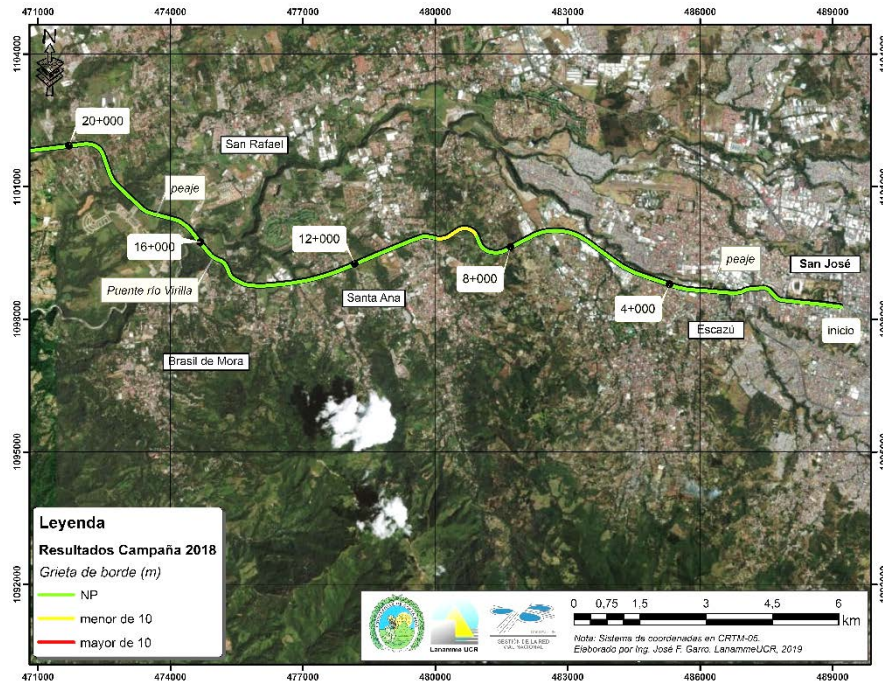


Figura A5 29 Presencia de Grietas de borde, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José, Est. 0+000 - 20+000

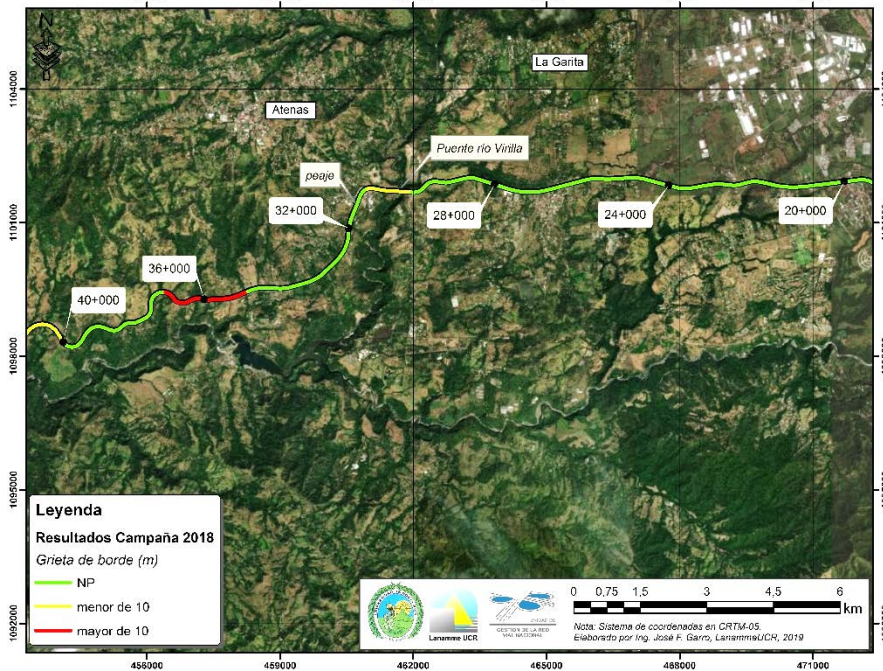


Figura A5 30 Presencia de Grietas de borde, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José, Est. 20+000 - 40+000



Figura A5 31 Presencia de Grietas de borde, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José, Est. 40+000 - 60+000

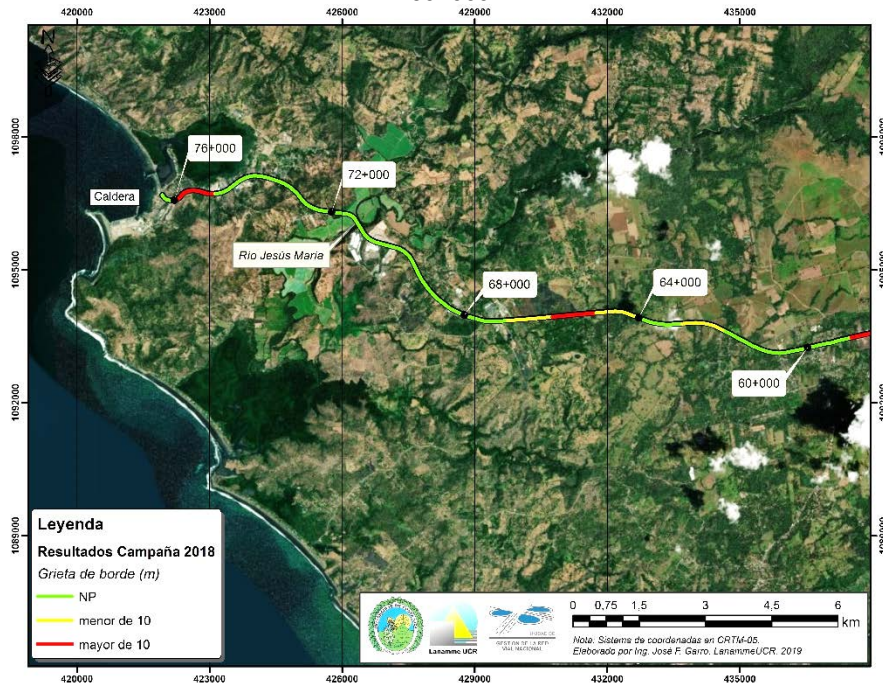


Figura A5 32 Presencia de Grietas de borde, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José, Est. 60+000 - 76+000

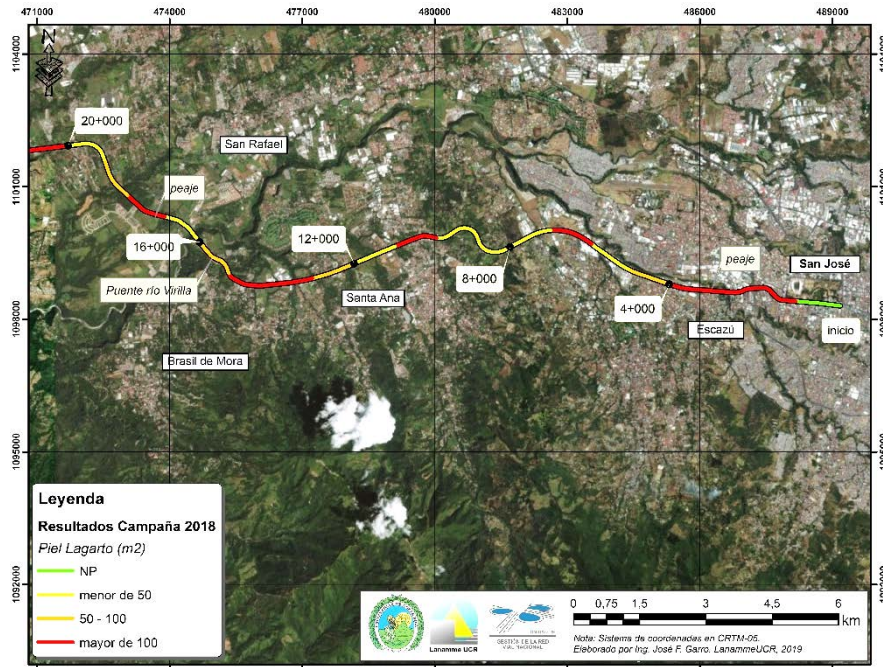


Figura A5 33 Presencia de Piel de Lagarto, Ruta Nacional 27, sentido San José - Caldera, Est. 0+000 - 20+000

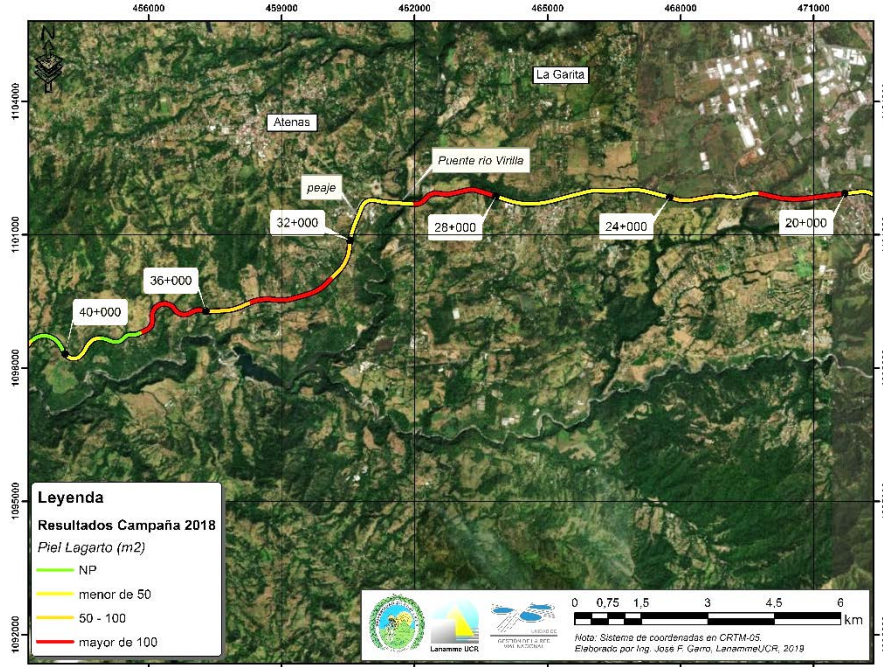


Figura A5 34 Presencia de Grietas de borde, Ruta Nacional 27, sentido San José - Caldera, Est. 20+000 - 40+000

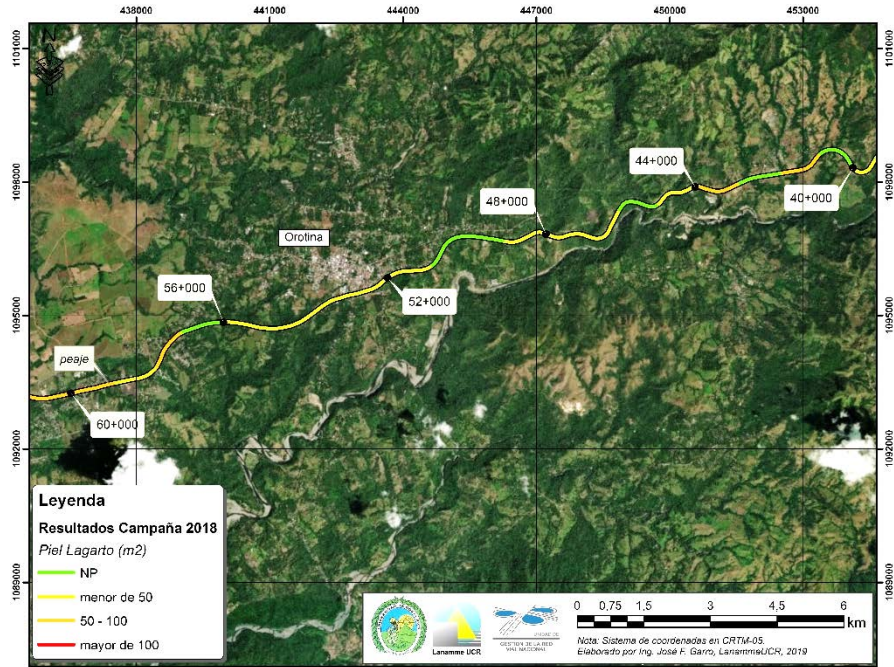


Figura A5 35 Presencia de Piel de Lagarto, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera, Est. 40+000 - 60+000

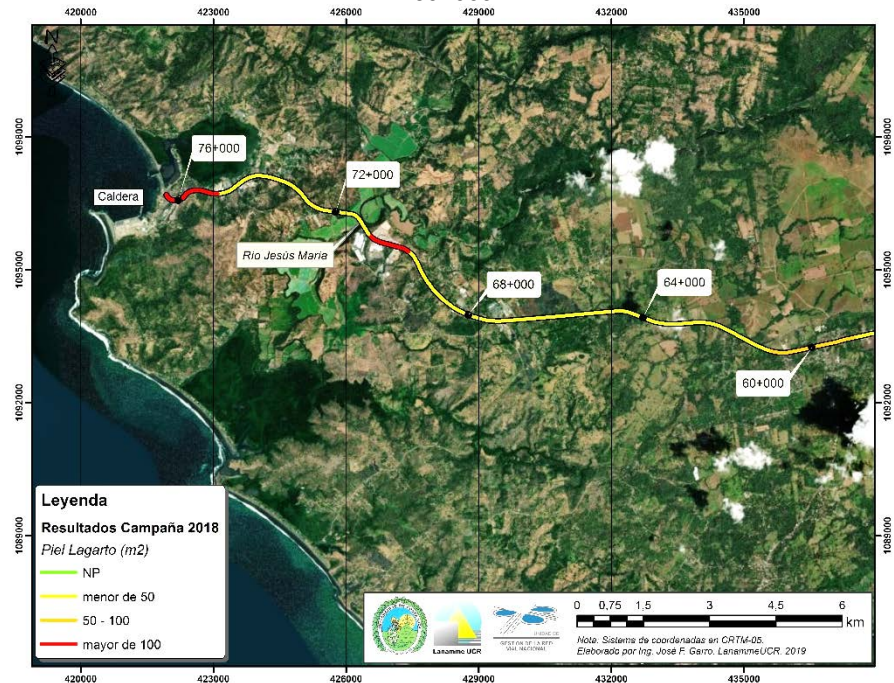


Figura A5 36 Presencia de Grietas de borde, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera, Est. 60+000 - 76+000

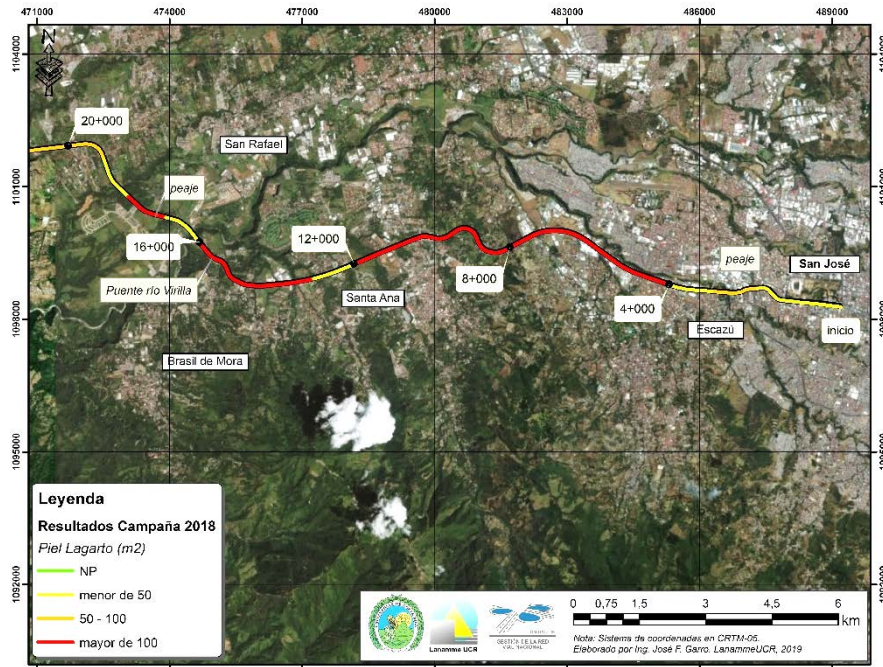


Figura A5 37 Presencia de Piel de Lagarto, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José, Est. 0+000 - 20+000

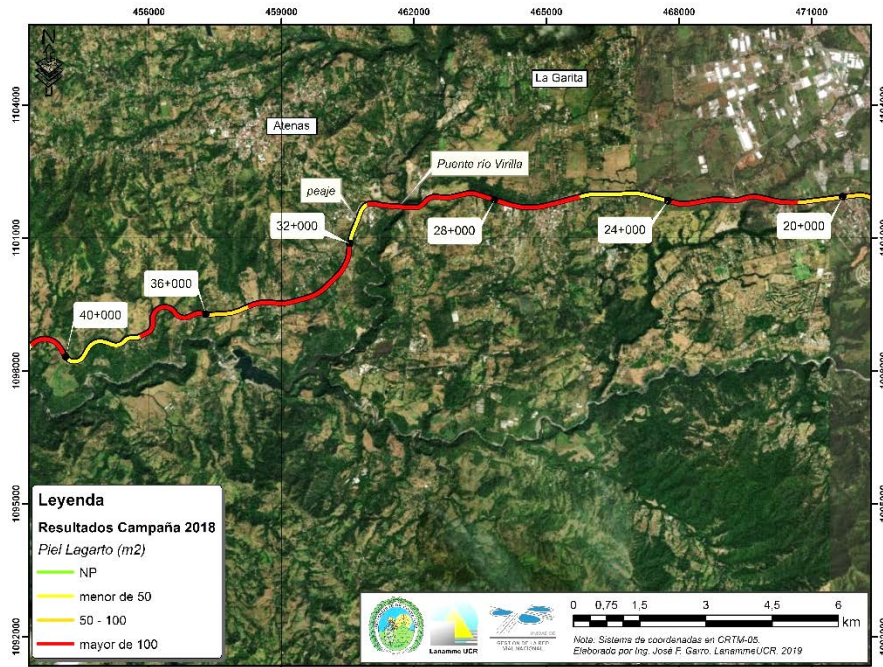


Figura A5 38 Presencia de Grietas de borde, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José, Est. 20+000 - 40+000

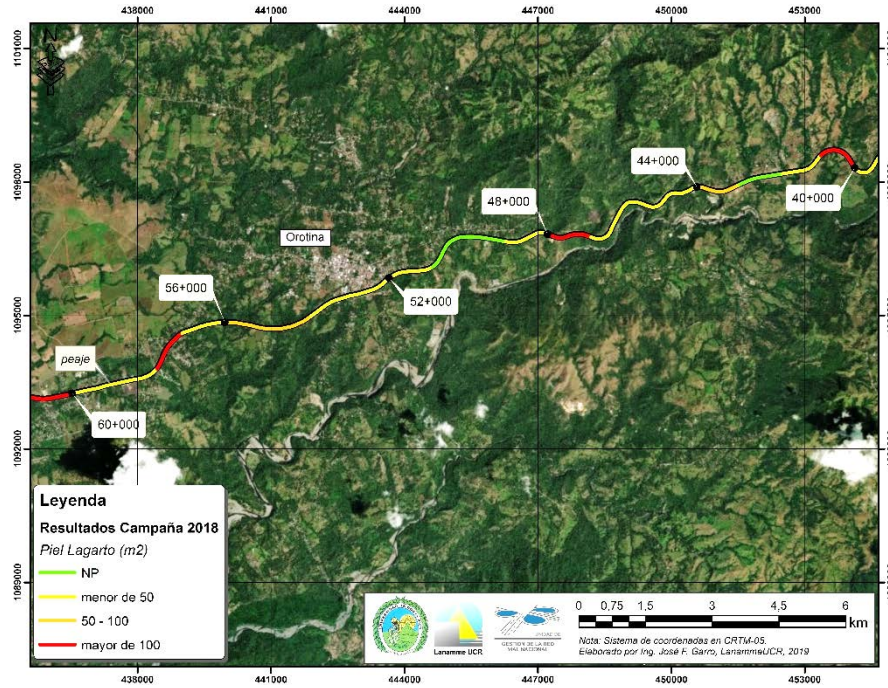


Figura A5 39 Presencia de Piel de Lagarto, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José, Est. 40+000 - 60+000

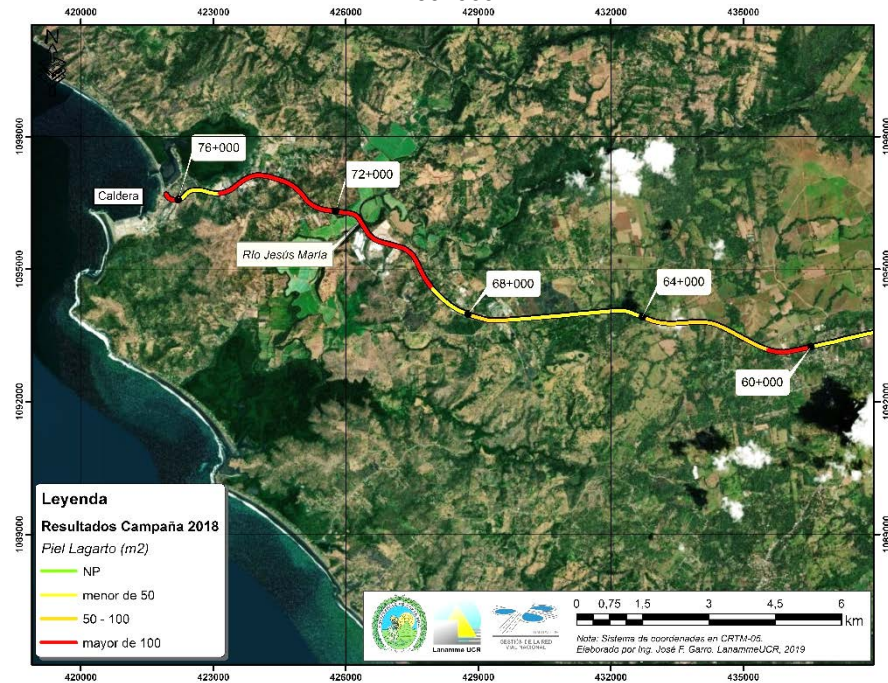


Figura A5 40 Presencia de Grietas de borde, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José, Est. 60+000 - 76+000



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

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

Informe: INF-PI-UGERVN-01-2019	Agosto, 2019	Página 146 de 176
--------------------------------	--------------	-------------------

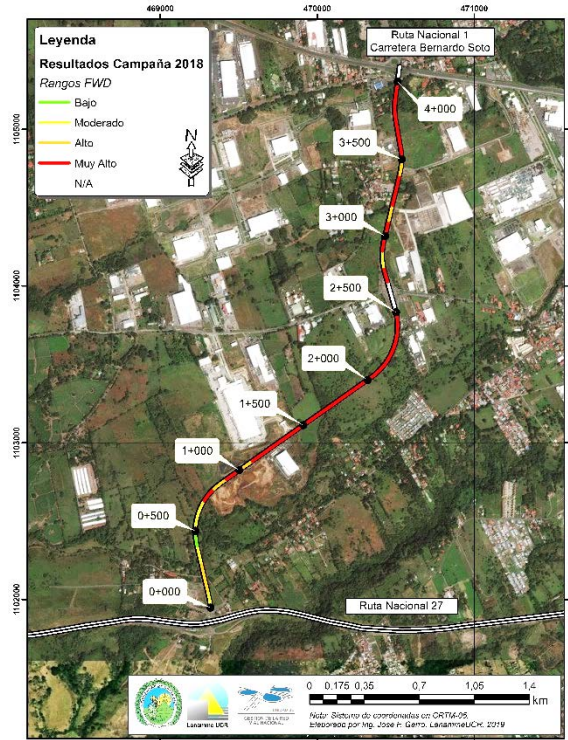


Figura A6 1 Resultados FWD, Radial El Coyal, sentido Ruta Nacional 27 - El Coyal

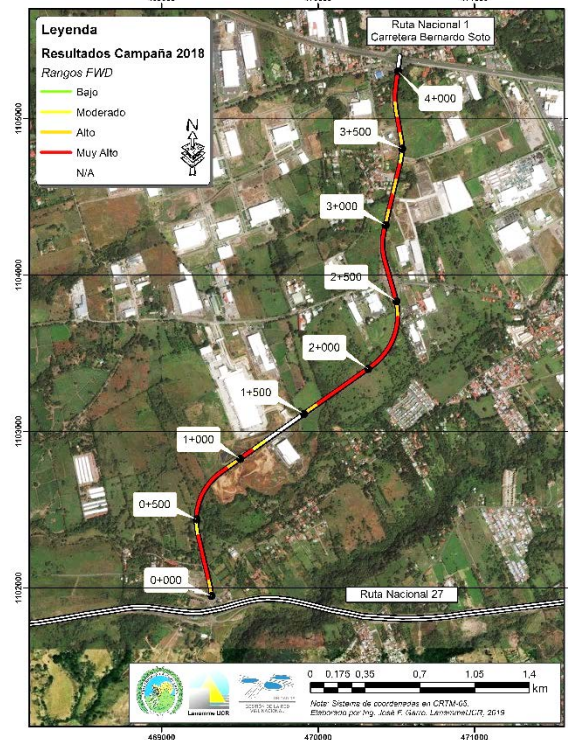




Figura A6 2 Resultados FWD, Radial El Coyo, sentido El Coyo - Ruta Nacional 27

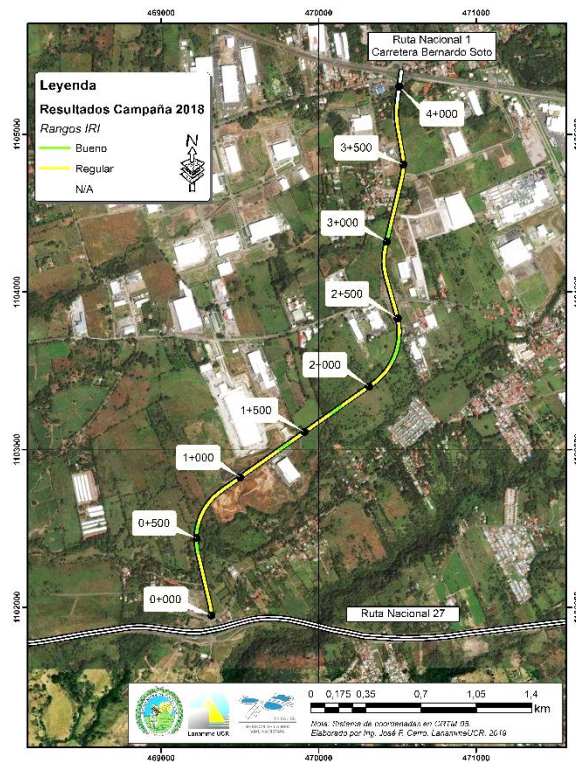


Figura A6 3 Resultados IRI, Radial El Coyo, sentido Ruta Nacional 27 - El Coyo

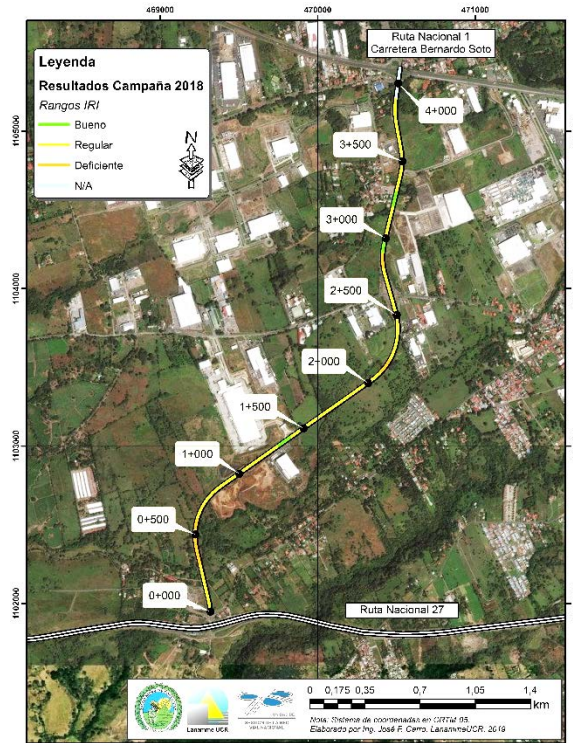


Figura A6 4 Resultados IRI, Radial El Coyol, sentido El Coyol - Ruta Nacional 27

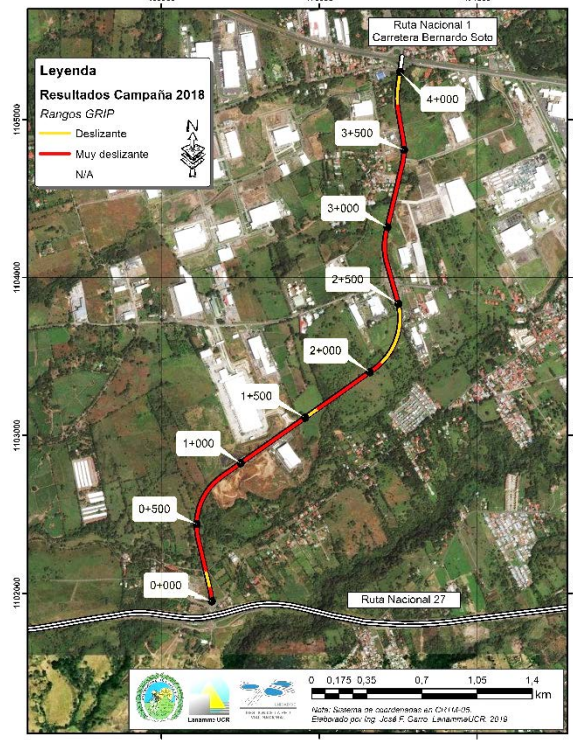


Figura A6 5 Resultados GRIP, Radial El Coyol, sentido Ruta Nacional 27 - El Coyol

Informe: INF-PI-UGERVN-01-2019	Agosto, 2019	Página 149 de 176
--------------------------------	--------------	-------------------

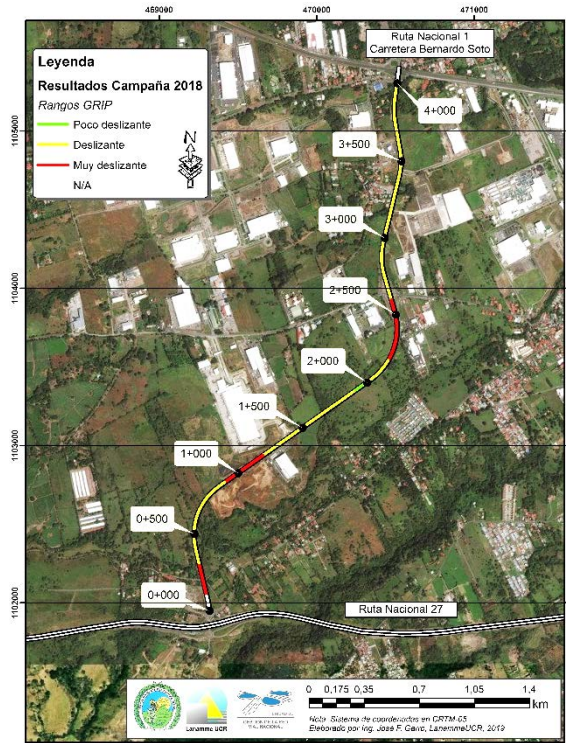


Figura A6 6 Resultados GIRIP, Radial El Coyal, sentido El Coyal - Ruta Nacional 27

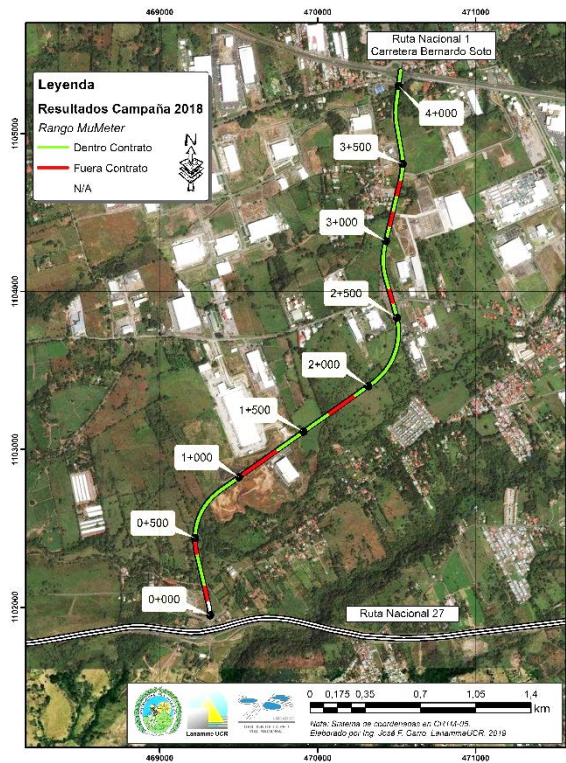


Figura A6 7 Resultados MuMeter, Radial El Coyal, sentido Ruta Nacional 27 – El Coyal

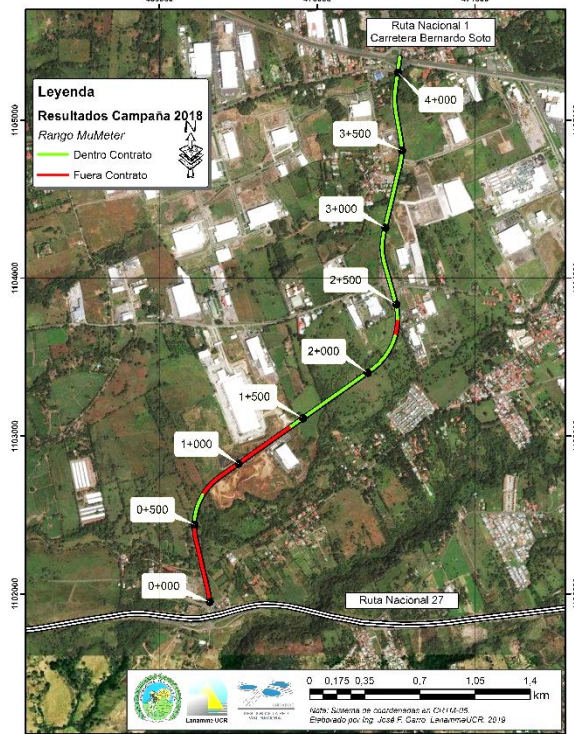


Figura A6 8 Resultados MuMeter, Radial El Coyal, sentido El Coyal - Ruta Nacional 27

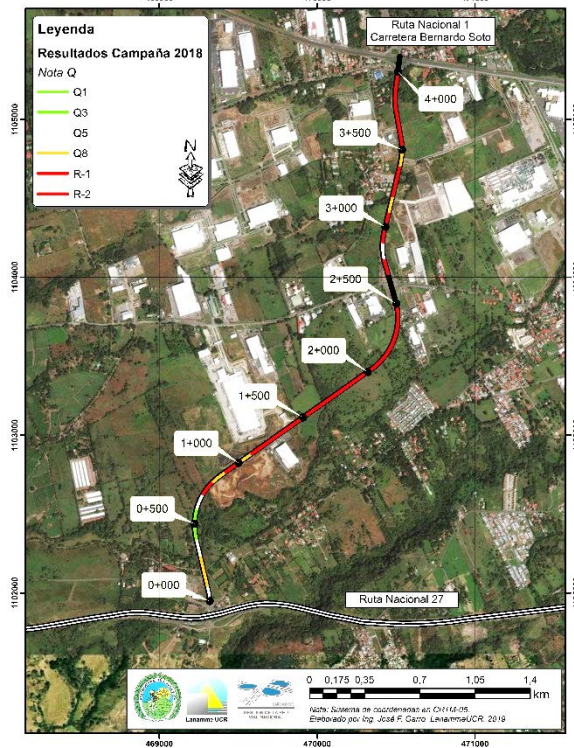




Figura A6 9 Resultados Notas Q, Radial El Coyal, sentido Ruta Nacional 27 - El Coyal

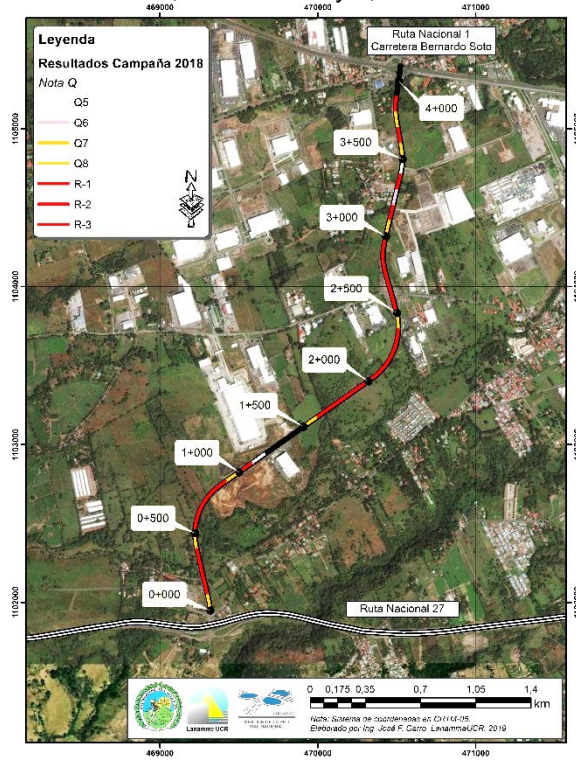


Figura A6 10 Resultados Notas Q, Radial El Coyal, sentido El Coyal - Ruta Nacional 27

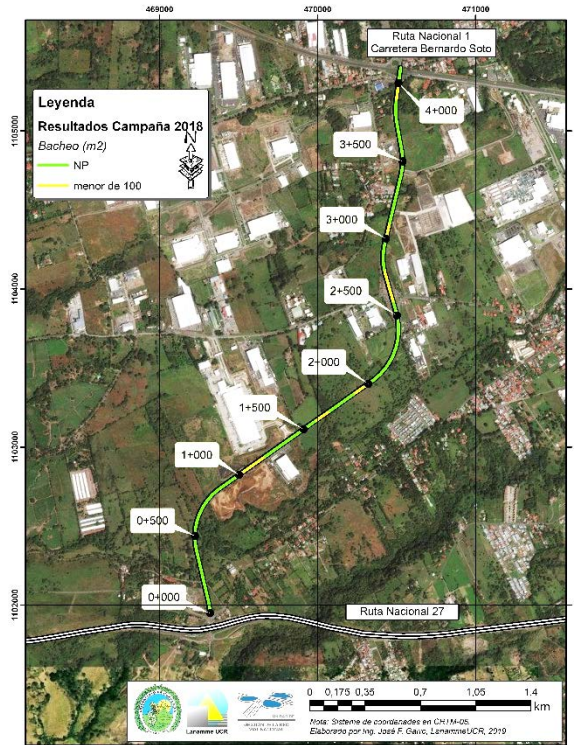


Figura A6 11 Resultados Bacheo, Radial El Coyal, sentido Ruta Nacional 27 - El Coyal

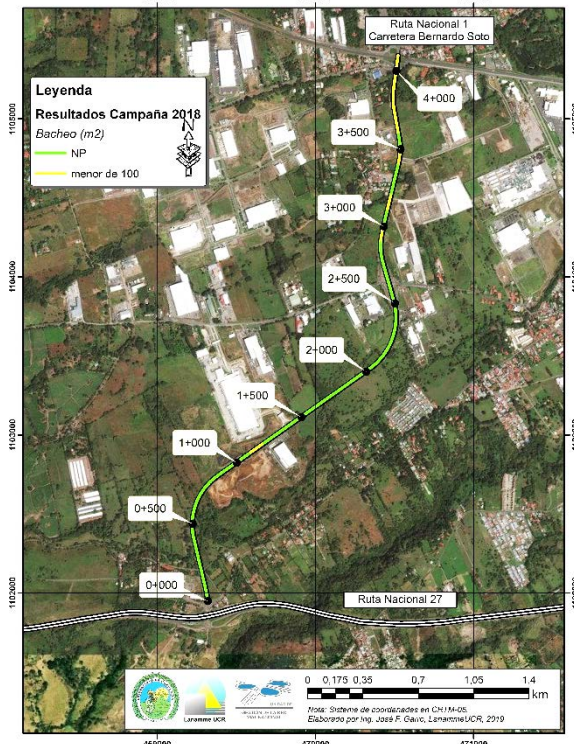


Figura A6 12 Resultados Bacheo, Radial El Coyal, sentido El Coyal - Ruta Nacional 27

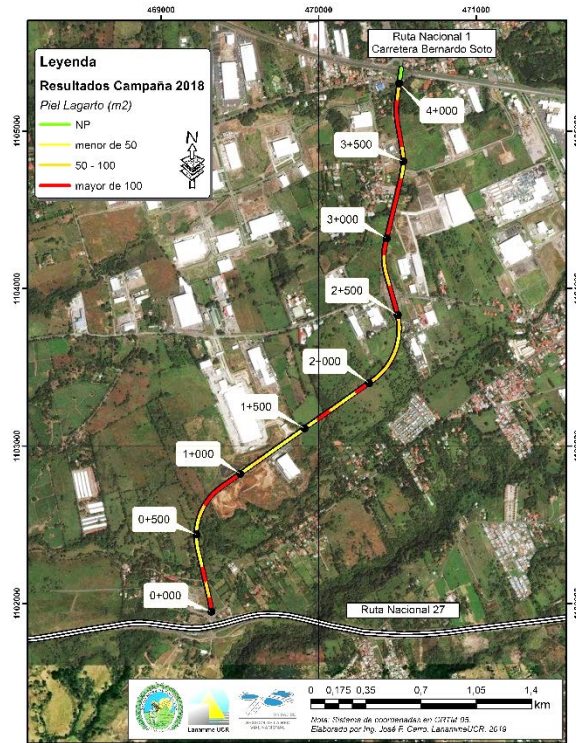


Figura A6 13 Resultados Piel de Lagarto, Radial El Coyol, sentido Ruta Nacional 27 - El Coyol

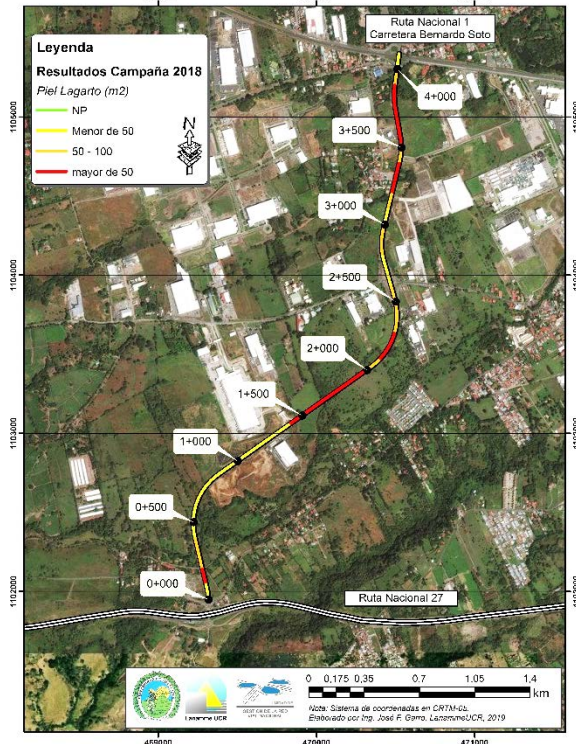


Figura A6 14 Resultados Piel de Lagarto, Radial El Coyol, sentido El Coyol – Ruta Nacional 27

Informe: INF-PI-UGERVN-01-2019	Agosto, 2019	Página 154 de 176
--------------------------------	--------------	-------------------

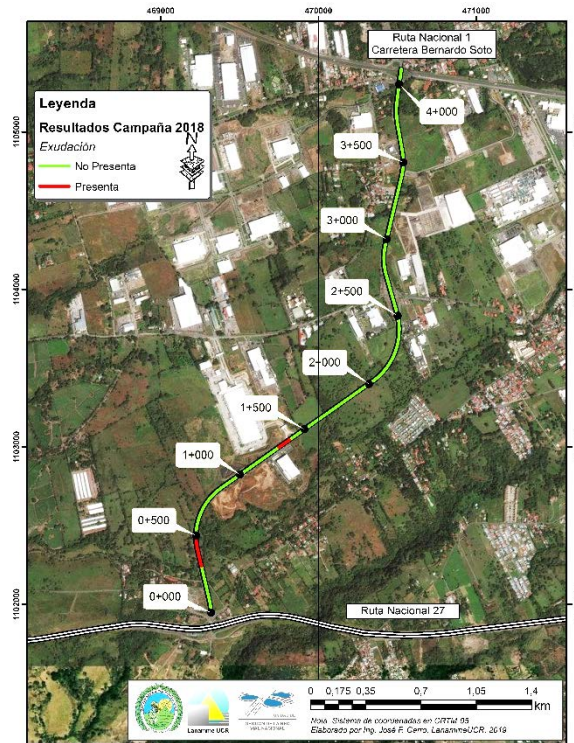


Figura A6 15 Resultados Exudación, Radial El Coyo, sentido Ruta Nacional 27 – El Coyo

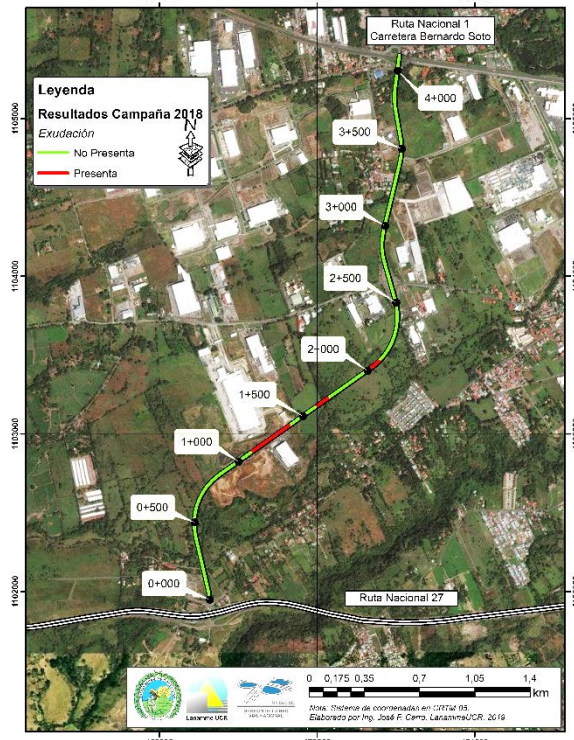


Figura A6 16 Resultados Exudación, Radial El Coyo, sentido El Coyo – Ruta Nacional 27

Informe: INF-PI-UGERVN-01-2019	Agosto, 2019	Página 155 de 176
--------------------------------	--------------	-------------------

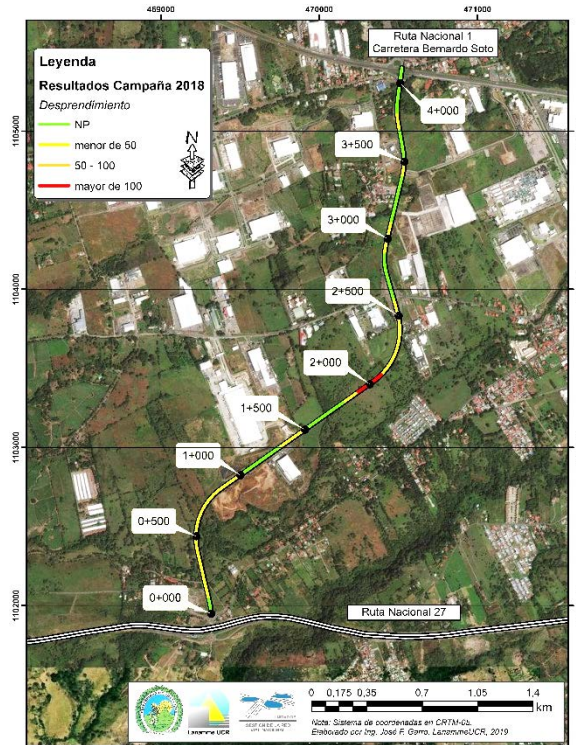


Figura A6 17 Resultados Desprendimiento, Radial El Coyol, sentido El Coyol – Ruta Nacional 27

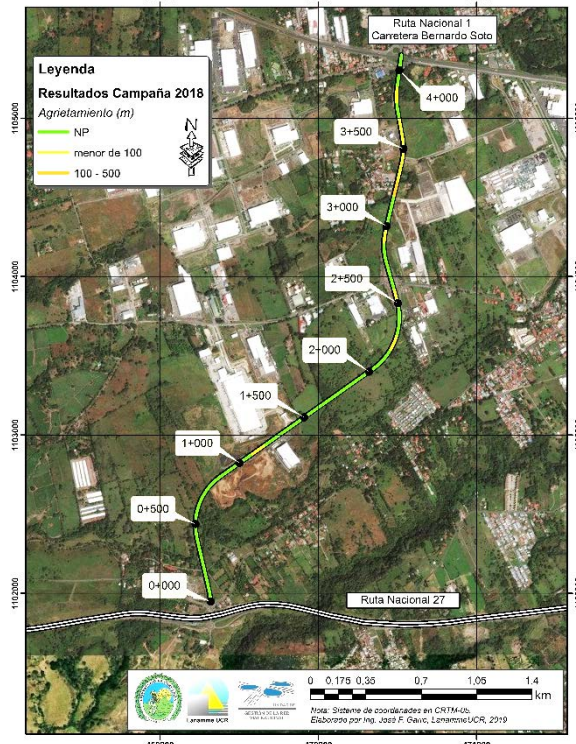


Figura A6 18 Resultados Grietas, Radial El Coyol, sentido Ruta Nacional 27 – El Coyol

Informe: INF-PI-UGERVN-01-2019	Agosto, 2019	Página 156 de 176
--------------------------------	--------------	-------------------

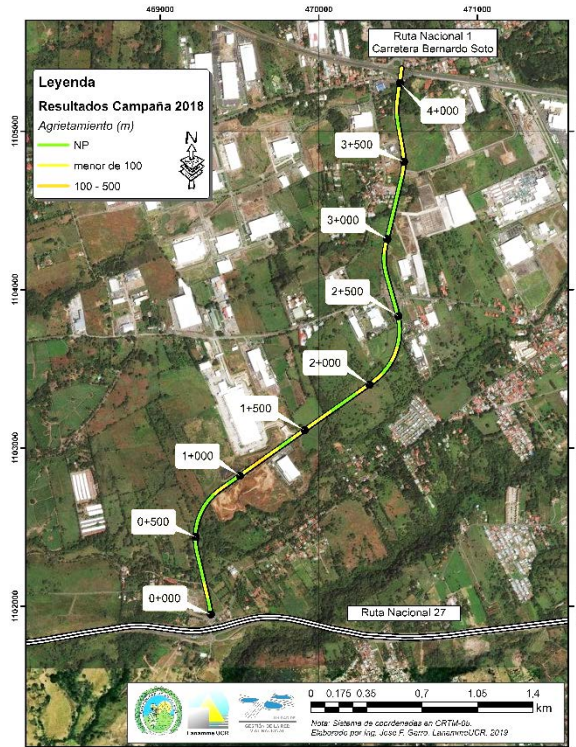


Figura A6 19 Resultados Grietas, Radial El Coyal, sentido El Coyal – Ruta Nacional 27

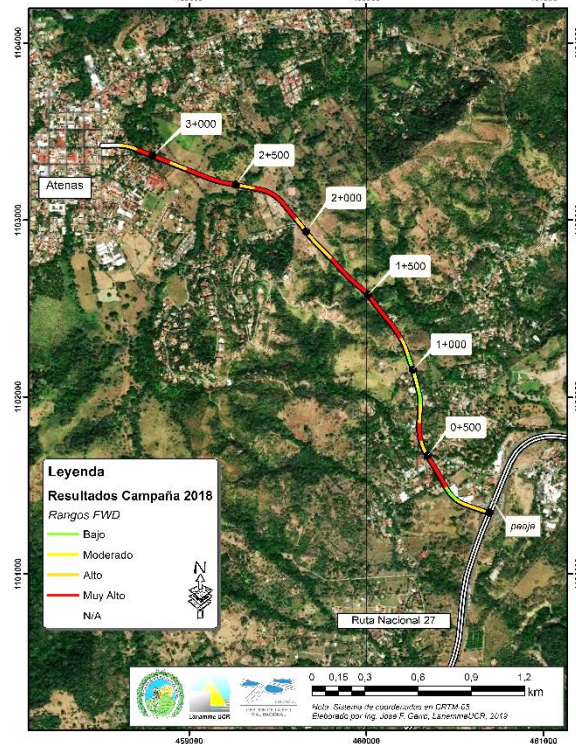


Figura A6 20 Resultados FWD, Radial Atenas, sentido Ruta Nacional 27 - Atenas

Informe: INF-PI-UGERVN-01-2019	Agosto, 2019	Página 157 de 176
--------------------------------	--------------	-------------------

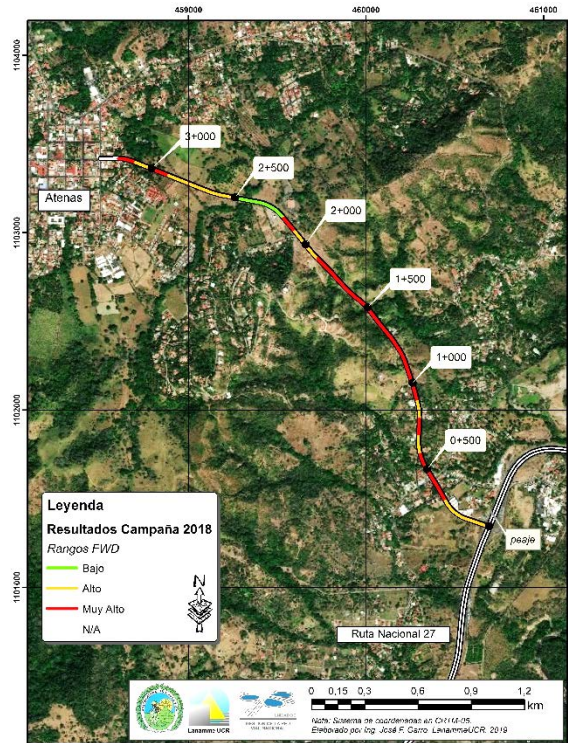


Figura A6 21 Resultados FWD, Radial Atenas, sentido Atenas - Ruta Nacional 27

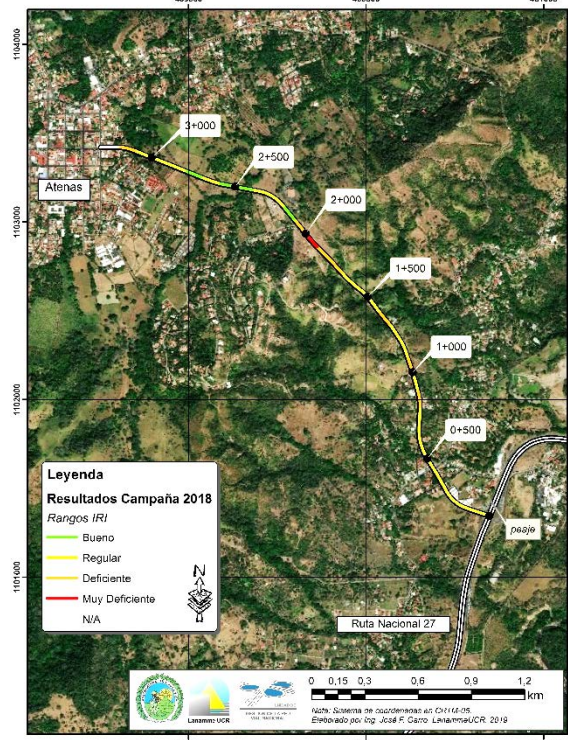


Figura A6 22 Resultados IRI, Radial Atenas, sentido Ruta Nacional 27 - Atenas

Informe: INF-PI-UGERVN-01-2019	Agosto, 2019	Página 158 de 176
--------------------------------	--------------	-------------------

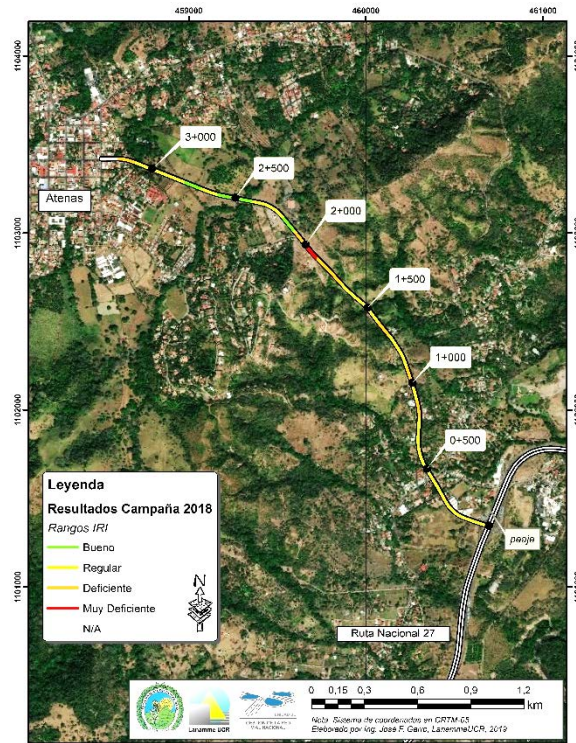


Figura A6 23 Resultados IRI, Radial Atenas, sentido Atenas - Ruta Nacional 27

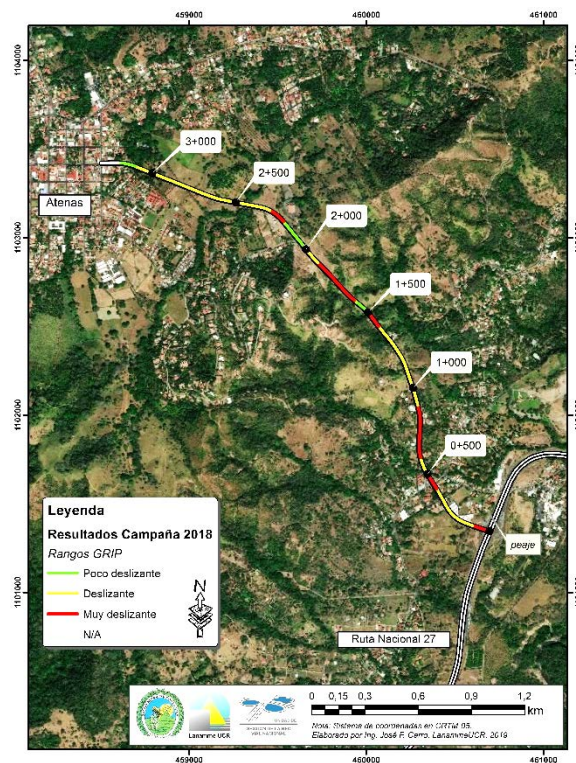


Figura A6 24 Resultados GIRIP, Radial Atenas, sentido Ruta Nacional 27 - Atenas

Informe: INF-PI-UGERVN-01-2019	Agosto, 2019	Página 159 de 176
--------------------------------	--------------	-------------------

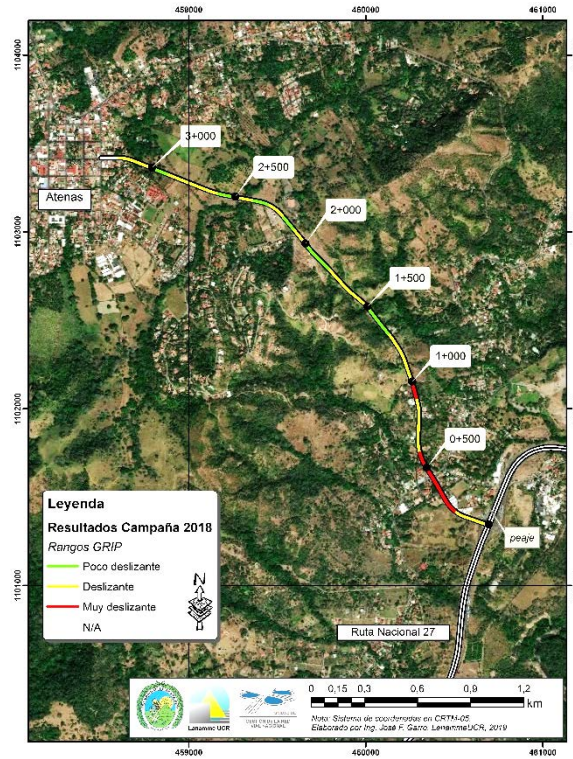


Figura A6 25 Resultados GIRIP, Radial Atenas, sentido Atenas - Ruta Nacional 27

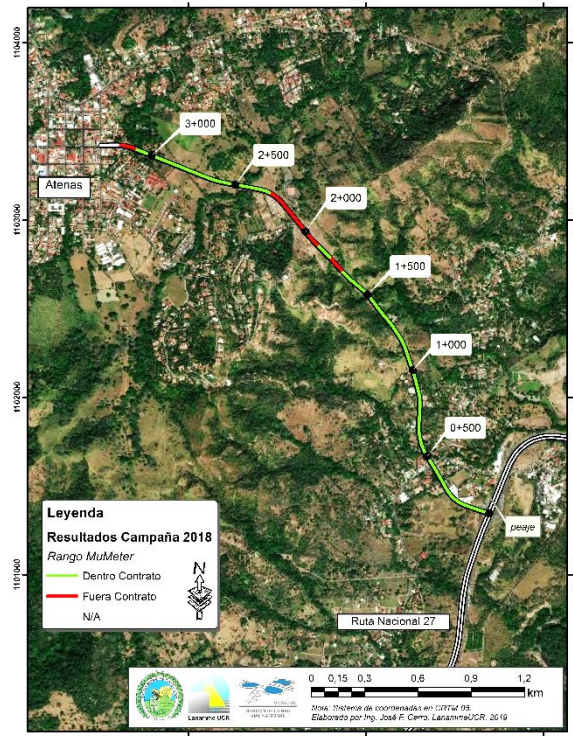


Figura A6 26 Resultados MuMeter, Radial Atenas, sentido Ruta Nacional 27 - Atenas

Informe: INF-PI-UGERVN-01-2019	Agosto, 2019	Página 160 de 176
--------------------------------	--------------	-------------------

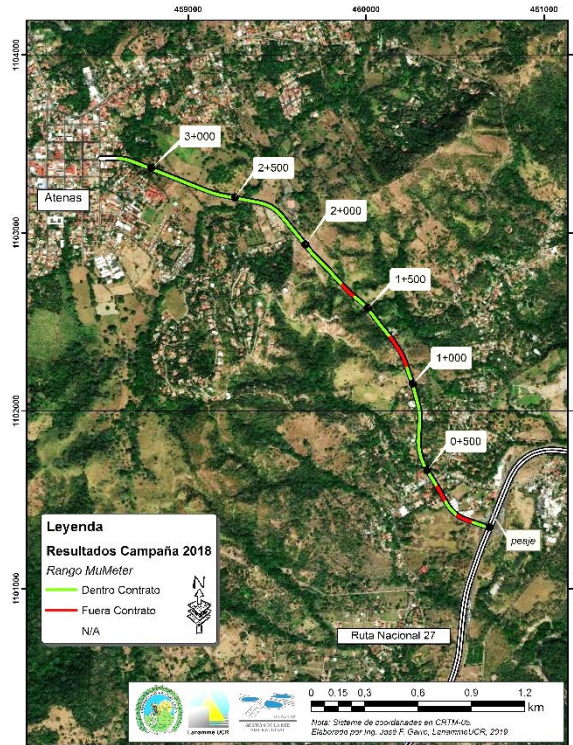


Figura A6 27 Resultados MuMeter, Radial Atenas, sentido Atenas - Ruta Nacional 27

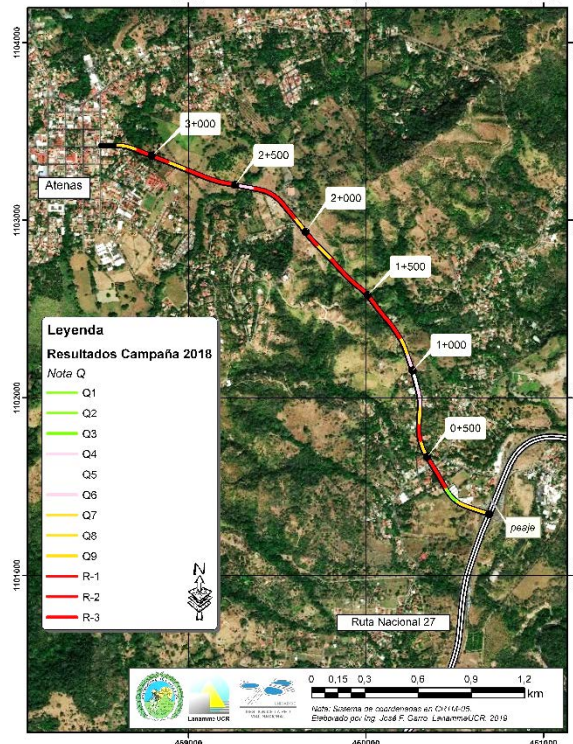


Figura A6 28 Resultados Notas Q, Radial Atenas, sentido Ruta Nacional 27 - Atenas

Informe: INF-PI-UGERVN-01-2019	Agosto, 2019	Página 161 de 176
--------------------------------	--------------	-------------------

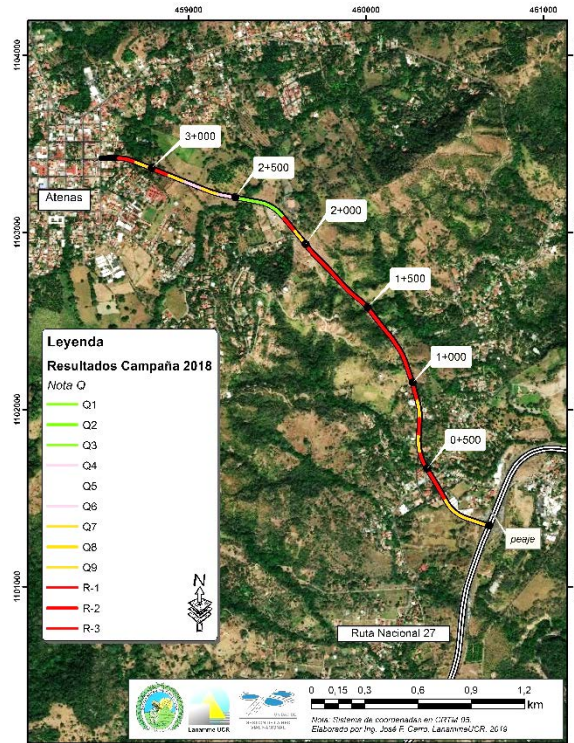


Figura A6 29 Resultados Notas Q, Radial Atenas, sentido Atenas - Ruta Nacional 27

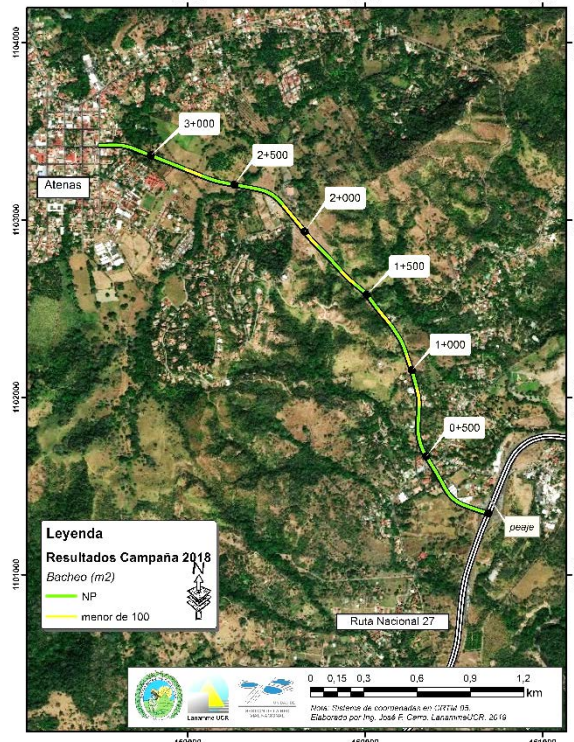


Figura A6 30 Resultados Bacheo, Radial Atenas, sentido Ruta Nacional 27 - Atenas

Informe: INF-PI-UGERVN-01-2019	Agosto, 2019	Página 162 de 176
--------------------------------	--------------	-------------------

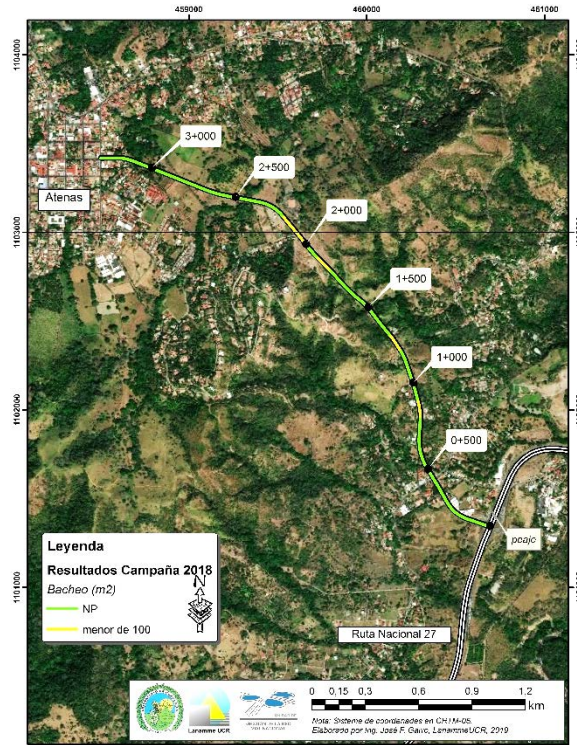


Figura A6 31 Resultados Bacheo, Radial Atenas, sentido Atenas - Ruta Nacional 27

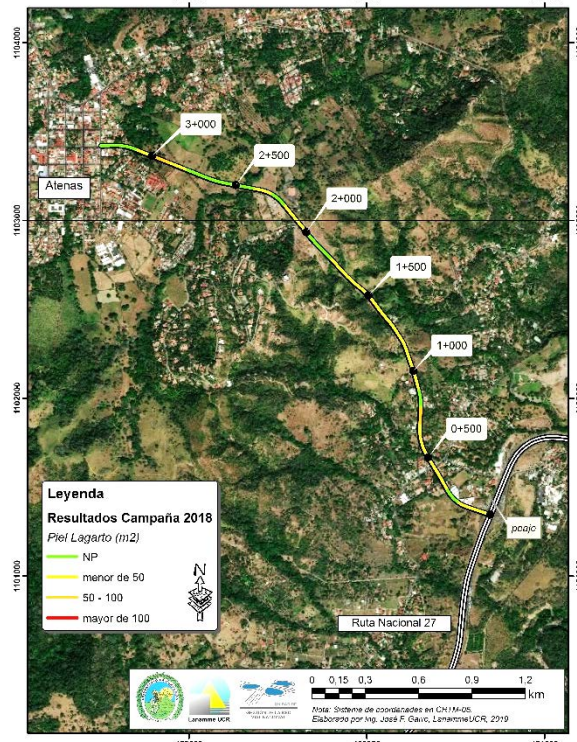


Figura A6 32 Resultados Piel de Lagarto, Radial Atenas, sentido Ruta Nacional 27 - Atenas

Informe: INF-PI-UGERVN-01-2019	Agosto, 2019	Página 163 de 176
--------------------------------	--------------	-------------------

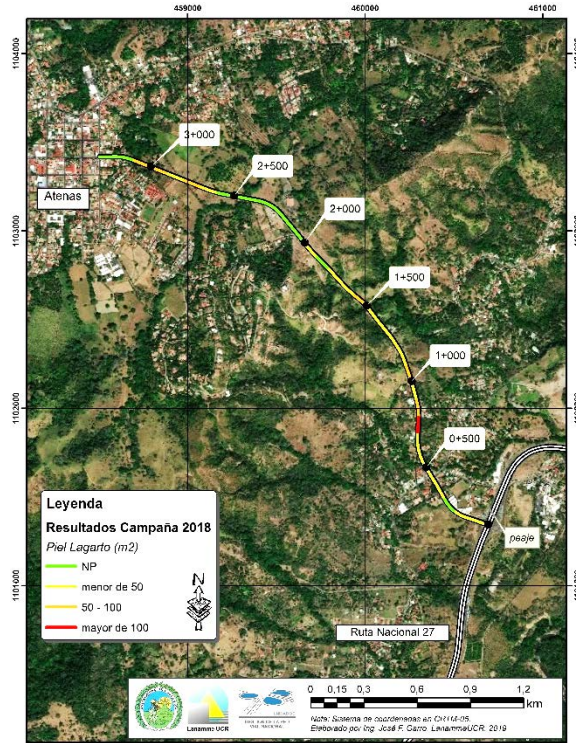


Figura A6 33 Resultados Piel de Lagarto, Radial Atenas, sentido Atenas - Ruta Nacional 27

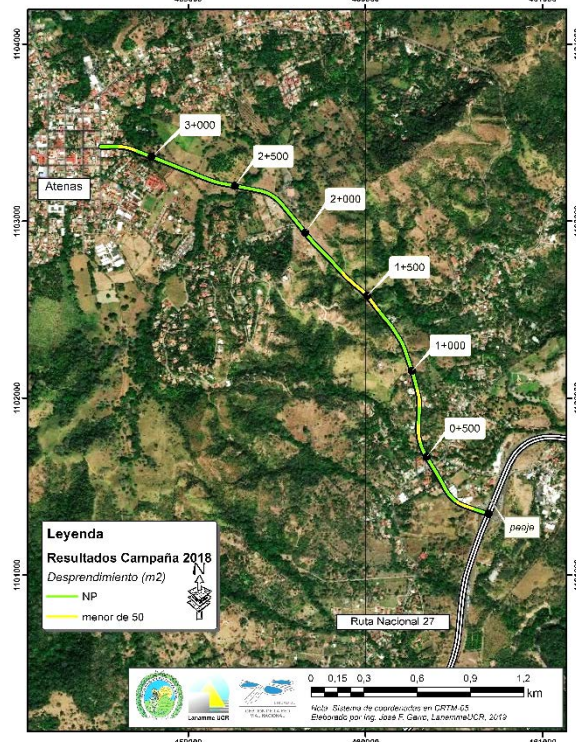


Figura A6 34 Resultados Desprendimiento, Radial Atenas, sentido Ruta Nacional 27 - Atenas

Informe: INF-PI-UGERVN-01-2019	Agosto, 2019	Página 164 de 176
--------------------------------	--------------	-------------------

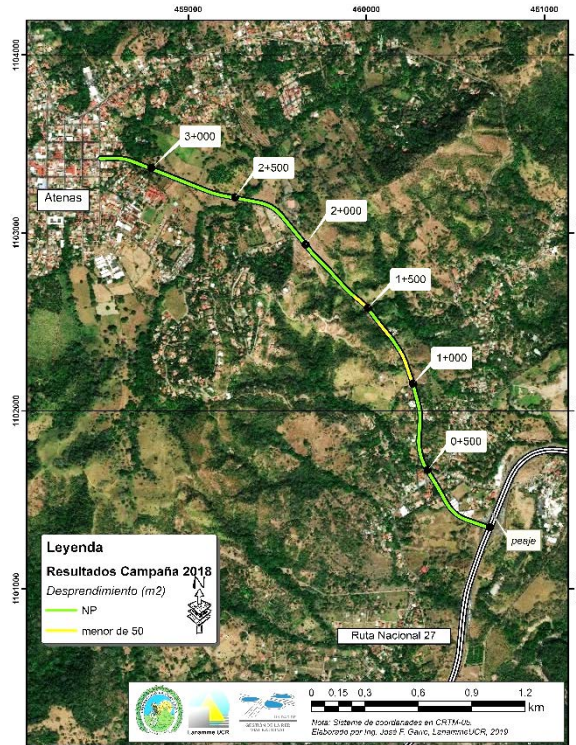


Figura A6 35 Resultados Desprendimiento, Radial Atenas, sentido Atenas – Ruta Nacional 27

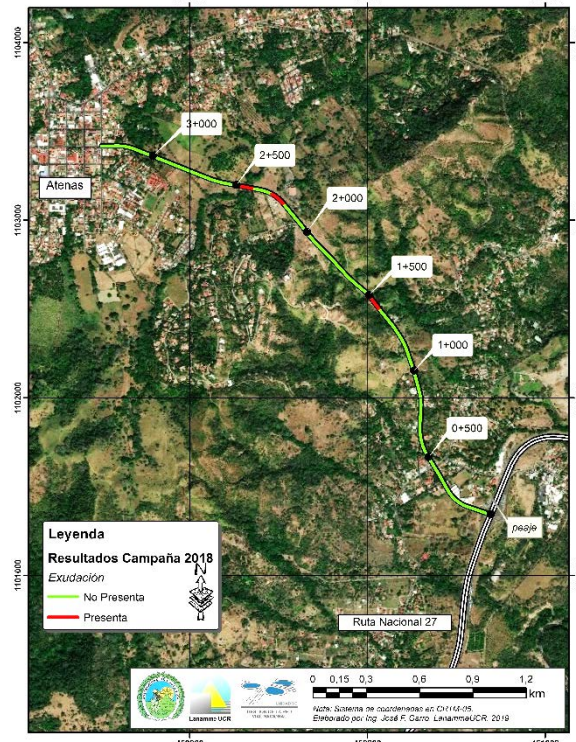


Figura A6 36 Resultados Exudación, Radial Atenas, sentido Atenas – Ruta Nacional 27

Informe: INF-PI-UGERVN-01-2019	Agosto, 2019	Página 165 de 176
--------------------------------	--------------	-------------------

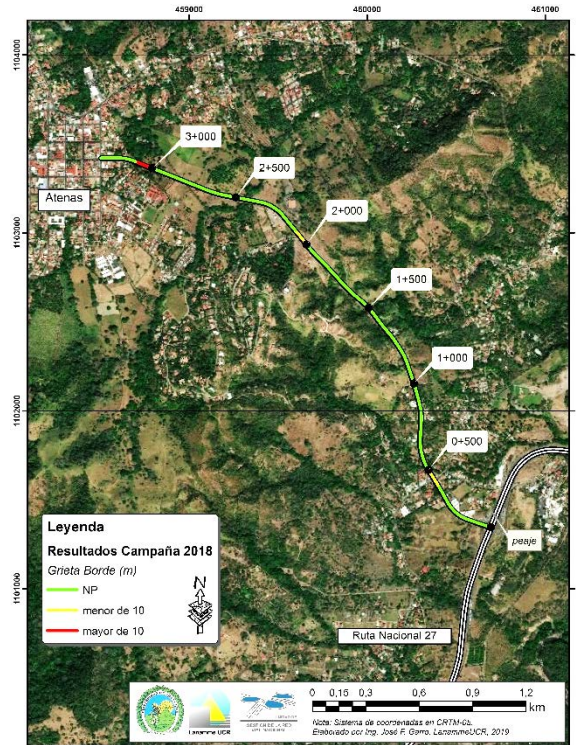


Figura A6 37 Resultados Grieta de borde, Radial Atenas, sentido Ruta Nacional 27 – Atenas

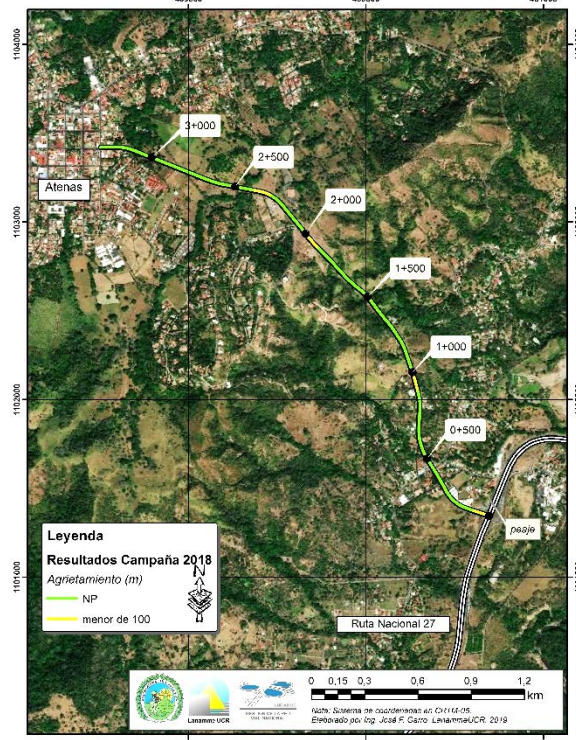


Figura A6 38 Resultados Agrietamiento, Radial Atenas, sentido Ruta Nacional 27 – Atenas

Informe: INF-PI-UGERVN-01-2019	Agosto, 2019	Página 166 de 176
--------------------------------	--------------	-------------------

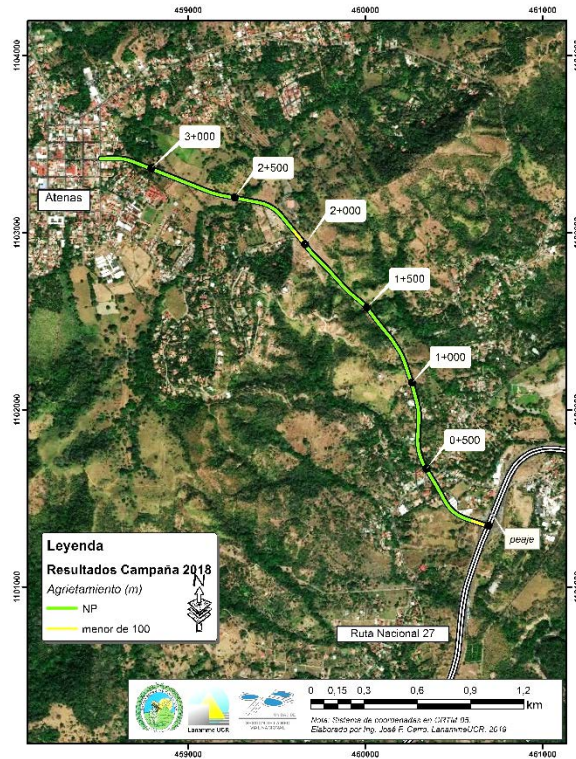


Figura A6 39 Resultados Agrietamiento, Radial Atenas, sentido Atenas – Ruta Nacional 27



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Anexo VII Modelo de Deterioro para la Ruta Nacional 27 San José - Caldera

Informe: INF-PI-UGERVN-01-2019	Agosto, 2019	Página 168 de 176
--------------------------------	--------------	----------------------

