



Laboratorio Nacional de Materiales
y Modelos Estructurales



PROGRAMA DE
INFRAESTRUCTURA DEL
TRANSPORTE

Programa de Infraestructura del Transporte PITRA

Informe: INF – PI – UGERVN – 05 – 2014

Informe de Evaluación del Proyecto San José – Caldera Ruta Nacional 27 Año 2013 - 2014

Informe Final

Preparado por:

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

San José, Costa Rica

Marzo, 2014


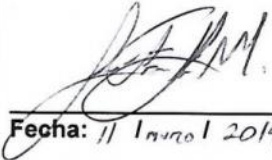



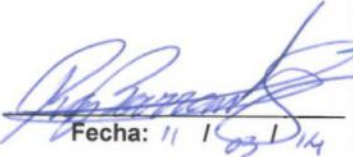

1. Informe INF-PI-UGERVN-05-2014		2. Copia No.1	
3. Título Informe de Evaluación del Proyecto San José – Caldera Ruta Nacional 27, Año 2013 - 2014		4. Fecha del Informe Marzo 2014	
5. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440			
6. Notas complementarias 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 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 2011, 2012 y 2013, 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, terraplenes, deslizamientos		9. Nivel de seguridad: Alto	10. Núm. de páginas 167
11. Preparado por:			
Ing. Cristian Valverde C. UGERVN  <hr/> Fecha: 11/03/14	Ing. José Francisco Garro M., M.Sc UGERVN  <hr/> Fecha: 11/03/2014	Ing. Ronald Naranjo U. UGERVN  <hr/> Fecha: 13/3/2014	Geólogo Paulo Ruiz C., Ph.D. UGERVN  <hr/> Fecha: 11/3/2014
12. Revisado por:		13. Aprobado por:	
Lic. Miguel Chacón A. Asesor Legal  <hr/> Fecha: 11/03/14	Ing. Roy Barrantes Jiménez Coordinador UGERVN  <hr/> Fecha: 11/03/14	Ing. Guillermo Loría S., Ph.D. Coordinador General PITRA  <hr/> Fecha: 11/03/14	

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	14
1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....	15
2. OBJETIVOS DE LA EVALUACIÓN DEL PROYECTO EN CONCESIÓN SAN JOSÉ – CALDERA, AÑO 2013	17
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA EVALUACIÓN, AÑO 2013	18
3.1 CAPACIDAD ESTRUCTURAL, DEFLEXIONES OBTENIDAS MEDIANTE EL FWD.....	18
3.1a. <i>Equipo utilizado y criterios de clasificación</i>	<i>18</i>
3.1b. <i>Resultados obtenidos, mes de octubre del 2013</i>	<i>18</i>
TABLA 2 DEFLEXIONES FWD OBTENIDAS PARA EL SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA, CAMPAÑA 2013.....	19
TABLA 3 DEFLEXIONES FWD OBTENIDAS PARA EL SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ, CAMPAÑA 2013	19
3.1c. <i>Análisis general de resultados de la evaluación de la capacidad estructural con el ensayo de deflectometría FWD. Mes de octubre del 2013</i>	<i>20</i>
3.2 CAPACIDAD FUNCIONAL, CONDICIÓN DEL PROYECTO SEGÚN REGULARIDAD SUPERFICIAL (IRI).....	20
3.2a. <i>Equipo utilizado y criterios de clasificación</i>	<i>20</i>
TABLA 4 RANGOS DE CLASIFICACIÓN DE REGULARIDAD SUPERFICIAL (IRI)	21
“CUALQUIER ALTERACIÓN DEL PERFIL LONGITUDINAL DEL CAMINO QUE NO PROVENGA DE FALLAS.....	21
3.2b. <i>Resultados de regularidad superficial (IRI)</i>	<i>22</i>
TABLA 5 RESULTADOS OBTENIDOS EN REGULARIDAD SUPERFICIAL, RUTA 27	22
3.2c. <i>Análisis general de resultados de la evaluación de la capacidad funcional con el Perfilómetro Láser (IRI), mes de agosto del 2013.</i>	<i>23</i>
3.3 RESULTADOS OBTENIDOS DEL COEFICIENTE DE ROZAMIENTO DE PAVIMENTOS, AGOSTO DEL 2013	23
3.3a. <i>Equipo utilizado y criterios de clasificación</i>	<i>23</i>
TABLA 6 CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL DEL PAVIMENTO SEGÚN EL GN.....	24
3.3b. <i>Resultados de coeficiente de rozamiento con el ensayo de GRIP</i>	<i>24</i>
TABLA 7 RESULTADOS OBTENIDOS, COEFICIENTE ROZAMIENTO SUPERFICIAL DEL PROYECTO	25
3.3.b.1 <i>Análisis general de resultados de la evaluación de la resistencia al deslizamiento. Mes de agosto del 2013</i>	<i>25</i>
3.4 COMPARACIÓN DE LA CONDICIÓN DE LA RUTA 27, CAMPAÑAS DE EVALUACIÓN 2012 Y 2013	26
3.4a. <i>Evaluación con el deflectómetro de impacto.....</i>	<i>26</i>
3.4b. <i>Evaluación con el perfilómetro láser superficial</i>	<i>27</i>
3.4c. <i>Evaluación con el medidor del coeficiente de rozamiento superficial</i>	<i>29</i>
3.5 ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PROYECTO. PRESENCIA, SEVERIDAD Y EXTENSIÓN DE DETERIOROS SEGÚN ANÁLISIS VISUAL POR MEDIO DE EQUIPOS DE IMÁGENES GEORREFERENCIADAS. EVALUACIONES REALIZADAS EN JUNIO DEL 2013	30
3.5a. <i>Equipo utilizado y criterios de clasificación</i>	<i>30</i>
3.5b. <i>Resumen de resultados de la evaluación visual de deterioros superficiales.....</i>	<i>32</i>
4. EVALUACIÓN DE LAS RADIALES	36

4.1	ASPECTOS GENERALES	36
4.2	RESULTADOS OBTENIDOS: DEFLEXIONES DEL PAVIMENTO	37
4.3	RESULTADOS OBTENIDOS: REGULARIDAD SUPERFICIAL	38
4.4	RESULTADOS OBTENIDOS: DESLIZAMIENTO SUPERFICIAL	38
4.5	NOTAS Q PARA LAS RADIALES	39
TABLA 9 NOTAS Q Y RECOMENDACIONES DE INTERVENCIÓN		40
4.6	RESULTADOS OBTENIDOS: ANÁLISIS DE DETERIOROS SUPERFICIALES	41
5.	CONDICIONES GEOTÉNICAS Y SISTEMAS DE DRENAJE	43
5.1	ESTACIONAMIENTO 18+000.....	44
5.2	ESTACIONAMIENTO 21+400.....	46
5.3	ESTACIONAMIENTO 22+300.....	47
5.4	ESTACIONAMIENTO 22+500.....	48
5.5	ESTACIONAMIENTO 22+950.....	49
5.6	ESTACIONAMIENTO 27+400.....	50
5.7	ESTACIONAMIENTO 30+000.....	51
5.8	ESTACIONAMIENTO 34+600.....	52
5.9	ESTACIONAMIENTO 36+400.....	53
5.10	ESTACIONAMIENTO 37+500.....	54
5.11	ESTACIONAMIENTO 38+700.....	56
5.12	ESTACIONAMIENTO 40+700.....	57
5.13	ESTACIONAMIENTO 40+800.....	59
5.14	ESTACIONAMIENTO 44+500.....	59
5.15	ESTACIONAMIENTO 45+300.....	60
5.16	ESTACIONAMIENTO 46+000.....	61
5.17	ESTACIONAMIENTO 46+300.....	62
5.18	ESTACIONAMIENTO 47+300.....	63
5.19	ESTACIONAMIENTO 47+800.....	64
5.20	ESTACIONAMIENTO 48+000.....	65
5.21	ESTACIONAMIENTO 48+100.....	67
5.22	ESTACIONAMIENTO 48+400.....	67
5.23	RADIAL ATENAS. 1.93 KM DESDE LA INTERSECCIÓN SOBRE LA RUTA N° 27	68
6.	CONCLUSIONES	73
6.1	CONCLUSIÓN GENERAL	73
6.2	CONCLUSIONES ESPECÍFICAS	74
6.2a.	<i>Sobre la condición estructural</i>	74
6.2b.	<i>Sobre la condición funcional</i>	74
6.2c.	<i>Sobre la resistencia al deslizamiento como parámetro de seguridad vial</i>	75
6.2d.	<i>Sobre los deterioros superficiales de la mezcla asfáltica</i>	75
6.2e.	<i>Sobre el estado de las radiales.</i>	76
6.2f.	<i>Sobre el estado de los taludes y terraplenes adyacentes a la ruta</i>	76
7.	RECOMENDACIONES	77
7.1a.	<i>Sobre la evaluación funcional, estructural, resistencia al deslizamiento y de deterioro superficial del proyecto.....</i>	77
7.1b.	<i>Sobre la evaluación de las radiales.....</i>	77
7.1c.	<i>Sobre el estado de los taludes y terraplenes adyacentes a la ruta</i>	77



8. BIBLIOGRAFÍA.....	78
ANEXO I: RESULTADOS OBTENIDOS DEFLECTÓMETRO DE IMPACTO.....	79
ANEXO II: RESULTADOS OBTENIDOS PERFILÓMETRO LÁSER	98
ANEXO III: RESULTADOS OBTENIDOS MEDIDOR DE AGARRE SUPERFICIAL.....	119
ANEXO IV: SITIOS DETECTADOS CON PROBLEMAS EN LOS GUARDAVÍAS.....	138
ANEXO V RESULTADOS OBTENIDOS PARA CADA UNO DE LOS PARÁMETROS EVALUADOS EN LAS RADIALES	144

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 DIAGRAMA DE LA EVALUACIÓN DEL PROYECTO SAN JOSÉ – CALDERA RUTA 27, AÑO 2013.	16
FIGURA 2 ESTADO GENERAL DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA SEGÚN LOS VALORES DE DEFLEXIÓN FWD OBTENIDOS, CAMPAÑA 2013.....	19
FIGURA 3 ESTADO GENERAL DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ, SEGÚN LOS VALORES DE DEFLEXIÓN FWD OBTENIDOS, CAMPAÑA 2013.....	20
FIGURA 4: RESULTADOS OBTENIDOS EN EL PARÁMETRO IRI, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA .	22
FIGURA 5 RESULTADOS OBTENIDOS EN EL PARÁMETRO IRI, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ ..	23
FIGURA 6 RESULTADOS OBTENIDOS DE GRIP, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA	25
FIGURA 7 RESULTADOS OBTENIDOS DE GRIP, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ	25
FIGURA 8 RESULTADOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN DE LAS DEFLEXIONES DEL PAVIMENTO PARA LAS CAMPAÑAS 2012 Y 2013, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA DE LA RUTA NACIONAL 27	26
FIGURA 9 RESULTADOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN DE LAS DEFLEXIONES DEL PAVIMENTO PARA LAS CAMPAÑAS 2012 Y 2013, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ DE LA RUTA NACIONAL 27	27
FIGURA 10 RESULTADOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN DE LAS REGULARIDADES SUPERFICIALES DEL PAVIMENTO PARA LAS CAMPAÑAS 2012 Y 2013, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA DE LA RUTA NACIONAL 27	28
FIGURA 11 RESULTADOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN DE LAS REGULARIDADES SUPERFICIALES DEL PAVIMENTO PARA LAS CAMPAÑAS 2012 Y 2013, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ DE LA RUTA NACIONAL 27	28
FIGURA 12 RESULTADOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN DEL NIVEL DE DESLIZAMIENTO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO PARA LAS CAMPAÑAS 2012 Y 2013, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA DE LA RUTA NACIONAL 27	29
FIGURA 13 RESULTADOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN DEL NIVEL DE DESLIZAMIENTO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO PARA LAS CAMPAÑAS 2012 Y 2013, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ DE LA RUTA NACIONAL 27	29
FIGURA 14 COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE DETERIOROS / (SEVERIDAD), CAMPAÑAS 2011, 2012 Y 2013, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA	32
FIGURA 15 COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE DETERIOROS / (SEVERIDAD), CAMPAÑAS 2011, 2012 Y 2013 SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ.....	33
FIGURA 16 DAÑOS A LA BARRERA, ESTACIONAMIENTO 11+110, SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA	34
FIGURA 17 DAÑOS A LA BARRERA, ESTACIONAMIENTO 38+865, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ	34
FIGURA 18 DAÑOS A LA BARRERA, ESTACIONAMIENTO 34+475, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ	35
FIGURA 19: UBICACIÓN DE LAS RADIALES EN LA RUTA NACIONAL 27.....	36
FIGURA 20 RESULTADOS OBTENIDOS CON EL DEFLECTÓMETRO DE IMPACTO, PARA LAS RADIALES DE LA RUTA 27, EN PORCENTAJES PARA CADA RANGO.	37
FIGURA 21 RESULTADOS OBTENIDOS CON EL PERFILÓMETRO LÁSER, PARA LAS RADIALES DE LA RUTA 27, EN PORCENTAJES PARA CADA RANGO.	38
FIGURA 22 RESULTADOS OBTENIDOS CON EL MEDIDOR DE AGARRE SUPERFICIAL, PARA LAS RADIALES DE LA RUTA 27, EN PORCENTAJES PARA CADA RANGO.	39
FIGURA 23 CONDICIÓN SUPERFICIAL EN RADIALES	41

FIGURA 24 PERFIL TOPOGRÁFICO DE LA RUTA NO. 27 Y MODELO DE ELEVACIÓN DIGITAL DONDE SE DENOTA LA ZONA EVALUADA Y UN DETALLE DE LA UBICACIÓN DE PUNTOS VISITADOS PARA ANÁLISIS DE TALUDES.....	44
FIGURA 25 IZQUIERDA: MURO DE GAVIONES SOBRE EL CUAL SE DESBORDA EL AGUA. DERECHA: CANAL DONDE SE ORIGINA EL PROBLEMA	45
FIGURA 26 FOTOGRAFÍAS AÉREAS DE LOS AÑOS 2003, 2009, 2013.....	46
FIGURA 27 ZONA VULNERABLE EN EL TALUD DEL KILÓMETRO 21+400.....	47
FIGURA 28 LOCALIZACIÓN DEL TALUD Y SISTEMA DE DRENAJE EN CONDICIÓN VULNERABLE, ZONA ENCERRADA EN COLOR ROJO.....	47
FIGURA 29 DETERIORO EN EL SOPORTE DEL SISTEMA DE DRENAJE.....	48
FIGURA 30 TALUD LADO DERECHO, ANTES DE LA INTERSECCIÓN A SIQUIARES (SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA).....	49
FIGURA 31 TALUD LADO DERECHO, LUEGO DE LA INTERSECCIÓN A SIQUIARES (SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA).....	49
FIGURA 32 ENROCADO KILÓMETRO 22+930, LADO DERECHO	50
FIGURA 33 ESTRATOS EROSIONADOS EN EL TALUD DEL PUNTO N°6.....	51
FIGURA 34 TALUD EN 30+000 CON DETERIORO EN LA ZONA INTERMEDIA.	52
FIGURA 35 MURO MECÁNICAMENTE ESTABILIZADO EN LA INTERSECCIÓN HACIA BALSA.....	52
FIGURA 36 DETALLE DE LA FACHADA DEL MURO, SE OBSERVA PÉRDIDA DE MATERIALES FINOS.	53
FIGURA 37 VISTA AÉREA DEL TALUD EN PK 36+400. SE INDICA LA ZONA Y LA DIRECCIÓN DEL DESLIZAMIENTO OBSERVADO.....	54
FIGURA 38 DETALLE DEL DESPLAZAMIENTO DE LA CUNETA PRODUCTO DEL MOVIMIENTO DEL TALUD.....	54
FIGURA 39 TALUD CON CUBIERTA DE PROTECCIÓN DAÑADA EN EL ESTACIONAMIENTO 37+50055	
FIGURA 40 DETALLE DEL DETERIORO EN LA CUBIERTA DE PROTECCIÓN, ZONA MEDIA DEL TALUD.	55
FIGURA 41 TALUDES 38+700. IZQUIERDA: TALUD DE CORTE LI. DERECHA: TALUD LADO DERECHO.....	56
FIGURA 42 TALUD LADO DERECHO, DETALLE DE GRIETAS EN EL CONCRETO LANZADO. DIMENSIONES 1 - 3 M.	56
FIGURA 43 TOMA DE MUESTRA DE AGUA DE DRENAJE DE TALUD ALTERADO Y DETALLE DE GRIETAS EN EL TALUD.	57
FIGURA 44 RELLENO QUEBRADA LAPAS. LI EN EL SENTIDO SJ – CALDERA.	58
FIGURA 45 RELLENO QUEBRADA LAPAS. LD EN EL SENTIDO SJ – CALDERA.....	58
FIGURA 46 ESTRATOS EROSIONADOS EN EL TALUD DEL PUNTO N°6.....	59
FIGURA 47 VISTA AÉREA DEL TALUD EN EL KILÓMETRO 44+500.....	60
FIGURA 48 A) VISTA PARCIAL DEL RELLENO AL LADO IZQUIERDO. B) TALUD DE CORTE AL LADO DERECHO DEL PK 44+500.	60
FIGURA 49 TALUD DE CORTE LADO IZQUIERDO. EN LA FIGURA DE LA DERECHA SE APRECIA EL DETERIORO QUE HA SUFRIDO EN VARIOS PUNTOS EL CONCRETO Y EL ACERO COLOCADOS EN ESTE TALUD.....	61
FIGURA 50 VISTA PARCIAL DEL ENROCADO CONSTRUIDO EN EL 46+000.....	62
FIGURA 51 VISTA DEL TALUD DE CORTE AL LADO IZQUIERDO DEL PK 46+300.	62
FIGURA 52 VISTAS DEL TALUD DERECHO ESTACIONAMIENTO 47+300. SE APRECIA EL ENROCADO, LOS MANTOS PARA CONTROL DE EROSIÓN Y EL VIADUCTO DEL TREN EN LA PARTE SUPERIOR.....	63



FIGURA 53 SITIO DONDE SE TOMÓ UNA MUESTRA DE AGUA EN UNO DE LOS DRENAJES PARA ANÁLISIS EN EL LABORATORIO DE CONTENIDO DE PH. EL RESULTADO DE ESTA MUESTRA FUE DE 3.36 UPH	64
FIGURA 54 VISTAS DE LOS TALUDES DE CORTE Y RELLENO AFECTADOS POR LA ALTERACIÓN HIDROTERMAL EN EL ESTACIONAMIENTO 47+800.....	65
FIGURA 55 ALTERACIÓN HIDROTERMAL EN LOS TALUDES DE CORTE DERECHO E IZQUIERDO DEL ESTACIONAMIENTO 48+000.....	66
FIGURA 56 ESTACIONAMIENTO 48+100. IZQUIERDA: VISTA AÉREA DEL RELLENO. DERECHA: SE APRECIAN LAS CÁRCAVAS PRODUCTO DEL LAVADO DEL SUELO DEPOSITADO EN EL LUGAR.	67
FIGURA 57 VISTA FRONTAL DEL TALUD DE CORTE LOCALIZADO EN EL ESTACIONAMIENTO 48+400.	68
FIGURA 58 IMÁGENES AÉREAS DE LA ZONA AFECTADA EN EL AÑO 2006 Y 2012 EN LA RADIAL ENTRE LA RUTA NO. 27 Y ATENAS	69
FIGURA 59 IMÁGENES AÉREAS DE LA ZONA AFECTADA EN MARZO Y MAYO DEL 2013 EN LA RADIAL ENTRE LA RUTA NO. 27 Y ATENAS	70
FIGURA 60 TALUD DE CORTE LADO DERECHO EN LA RADIAL ATENAS.	71
FIGURA 61 CÁRCAVAS Y DETERIORO SUPERFICIAL PRESENTE EN EL TALUD DE CORTE LADO IZQUIERDO, RADIAL ATENAS.....	71
FIGURA 62 A) Y B) AUSENCIA DE CUNETA EN EL COSTADO IZQUIERDO DE ESTE TRAMO DE LA RADIAL, SENTIDO RUTA 27 – ATENAS. C) CUNETA LATERAL, SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y PAVIMENTO DETERIORADOS POR EL PASO DE MAQUINARIA PESADA EN EL COSTADO DERECHO DE LA RADIAL ATENAS.	72

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 RANGOS DE DEFLEXIÓN, UTILIZADOS PARA CLASIFICAR RESULTADOS DE DEFLECTOMETRÍA	18
TABLA 2 DEFLEXIONES FWD OBTENIDAS PARA EL SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA, CAMPAÑA 2013	19
TABLA 3 DEFLEXIONES FWD OBTENIDAS PARA EL SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ, CAMPAÑA 2013	19
TABLA 4 RANGOS DE CLASIFICACIÓN DE REGULARIDAD SUPERFICIAL (IRI).....	21
TABLA 5 RESULTADOS OBTENIDOS EN REGULARIDAD SUPERFICIAL, RUTA 27	22
TABLA 6 CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL DEL PAVIMENTO SEGÚN EL GN.....	24
TABLA 7 RESULTADOS OBTENIDOS, COEFICIENTE ROZAMIENTO SUPERFICIAL DEL PROYECTO .	25
TABLA 8 TIPOS DE DETERIOROS TÍPICOS EN CARRETERAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE	31
TABLA 9 NOTAS Q Y RECOMENDACIONES DE INTERVENCIÓN	40
TABLA 10 INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS SITIOS VISITADOS Y ANALIZADOS EN LA RUTA NACIONAL NO. 27 PARA ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES, DESLIZAMIENTOS, SISTEMAS DE DRENAJE Y ZONAS DE ALTERACIÓN HIDROTERMAL	43

ÍNDICE DE FIGURAS ANEXO

FIGURA A1 1 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 0+000 - 10+000.....	82
FIGURA A1 2 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 12+000 - 22+000.....	83
FIGURA A1 3 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 22+000 - 30+000.....	84
FIGURA A1 4 : RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 32+000 - 42+000.....	85
FIGURA A1 5 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 42+000 - 52+000.....	86
FIGURA A1 6 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 52+000 - 62+000.....	87
FIGURA A1 7 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 62+000 - 72+000.....	88
FIGURA A1 8 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 70+000 - 76+000.....	89
FIGURA A1 9 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 0+000 - 10+000.....	90
FIGURA A1 10 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 12+000 - 22+000.....	91
FIGURA A1 11 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 22+000 - 30+000.....	92



FIGURA A1 12 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 32+000 - 42+000.....	93
FIGURA A1 13 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 42+000 - 52+000.....	94
FIGURA A1 14 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 52+000 - 62+000.....	95
FIGURA A1 15 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 62+000 - 72+000.....	96
FIGURA A1 16 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 70+000 - 76+000.....	97
FIGURA A2 1 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 0+000 - 10+000.....	103
FIGURA A2 2 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 12+000 - 22+000.....	104
FIGURA A2 3 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 22+000 - 30+000.....	105
FIGURA A2 4 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 32+000 - 42+000.....	106
FIGURA A2 5 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA 42+000 - 52+000	107
FIGURA A2 6 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 52+000 - 62+000.....	108
FIGURA A2 7 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 62+000 - 72+000.....	109
FIGURA A2 8 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 70+000 - 76+000.....	110
FIGURA A2 9 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 0+000 - 10+000.....	111
FIGURA A2 10 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 12+000 - 22+000.....	112
FIGURA A2 11 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 22+000 - 30+000.....	113
FIGURA A2 12 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 32+000 - 42+000.....	114
FIGURA A2 13 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 42+000 - 52+000.....	115
FIGURA A2 14 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 52+000 - 62+000.....	116
FIGURA A2 15 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 62+000 - 72+000.....	117



FIGURA A2 16 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST.
70+000 - 76+000..... 118

FIGURA A3 1 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST.
0+000 -10+000 122

FIGURA A3 2 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST.
12+000 - 22+000..... 123

FIGURA A3 3 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST.
22+000 - 30+000..... 124

FIGURA A3 4 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST.
32+000 - 42+000..... 125

FIGURA A3 5 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST.
42+000 - 52+000..... 126

FIGURA A3 6 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST.
52+000 - 62+000..... 127

FIGURA A3 7 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST.
62+000 - 72+000..... 128

FIGURA A3 8 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST.
70+000 - 76+000..... 129

FIGURA A3 9 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST.
2+000 - 10+000..... 130

FIGURA A3 10 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST.
12+000 - 22+000..... 131

FIGURA A3 11 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST.
22+000 - 30+000..... 132

FIGURA A3 12 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST.
32+000 -42+000..... 133

FIGURA A3 13 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST.
42+000 - 52+000..... 134

FIGURA A3 14 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST.
52+000 - 62+000..... 135

FIGURA A3 15 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST.
62+000 - 72+000..... 136

FIGURA A3 16 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST.
70+000 - 76+000..... 137

FIGURA A5 1 RESULTADOS FWD, RADIAL EL COYOL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - EL COYOL
..... 145

FIGURA A5 2 RESULTADOS FWD, RADIAL EL COYOL, SENTIDO EL COYOL - RUTA NACIONAL 27
..... 146

FIGURA A5 3 RESULTADOS IRI, RADIAL EL COYOL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - EL COYOL
..... 147



FIGURA A5 4 RESULTADOS IRI, RADIAL EL COYOL, SENTIDO EL COYOL - RUTA NACIONAL 27 148

FIGURA A5 5 RESULTADOS GRIP, RADIAL EL COYOL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - EL COYOL 149

FIGURA A5 6 RESULTADOS GIRIP, RADIAL EL COYOL, SENTIDO EL COYOL - RUTA NACIONAL 27 150

FIGURA A5 7 RESULTADOS FWD, RADIAL ATENAS, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - ATENAS. 151

FIGURA A5 8 RESULTADOS FWD, RADIAL ATENAS, SENTIDO ATENAS - RUTA NACIONAL 27. 152

FIGURA A5 9 RESULTADOS IRI, RADIAL ATENAS, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - ATENAS 153

FIGURA A5 10 RESULTADOS IRI, RADIAL ATENAS, SENTIDO ATENAS - RUTA NACIONAL 27 .. 154

FIGURA A5 11 RESULTADOS GIRIP, RADIAL ATENAS, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - ATENAS 155

FIGURA A5 12 RESULTADOS GIRIP, RADIAL ATENAS, SENTIDO ATENAS - RUTA NACIONAL 27 156

FIGURA A5 13 RESULTADOS FWD, RADIAL TURRUCARES, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - TURRUCARES..... 157

FIGURA A5 14 RESULTADOS FWD, RADIAL TURRUCARES, SENTIDO TURRUCARES - RUTA NACIONAL 27 158

FIGURA A5 15 RESULTADOS IRI, RADIAL TURRUCARES, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - TURRUCARES..... 159

FIGURA A5 16 RESULTADOS GRIP, RADIAL TURRUCARES, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - TURRUCARES..... 160

FIGURA A5 17 RESULTADOS GRIP, RADIAL TURRUCARES, SENTIDO TURRUCARES - RUTA NACIONAL 27 161

FIGURA A5 18 RESULTADOS FWD, RADIAL ESCOBAL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - ESCOBAL 162

FIGURA A5 19 RESULTADOS FWD, RADIAL ESCOBAL, SENTIDO ESCOBAL - RUTA NACIONAL 27 163

FIGURA A5 20 RESULTADOS IRI, RADIAL ESCOBAL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - ESCOBAL 164

FIGURA A5 21 RESULTADOS IRI, RADIAL ESCOBAL, SENTIDO ESCOBAL - RUTA NACIONAL 27 165

FIGURA A5 13 RESULTADOS GRIP, RADIAL ESCOBAL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - ESCOBAL 166

FIGURA A5 14 RESULTADOS GRIP, RADIAL ESCOBAL, SENTIDO ESCOBAL - RUTA NACIONAL 27 167



ÍNDICE DE TABLAS ANEXOS

TABLA A1 1 ESTACIONAMIENTOS CON DEFLEXIONES MODERADAS, ALTAS Y MUY ALTAS, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA, RUTA NACIONAL 27	80
TABLA A1 2 ESTACIONAMIENTOS CON DEFLEXIONES MODERADAS, ALTAS Y MUY ALTAS, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ, RUTA NACIONAL 27	81
TABLA A2 1 ESTACIONAMIENTOS CON REGULARIDADES MODERADAS, BAJAS Y MUY BAJAS, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA, RUTA NACIONAL 27	99
TABLA A2 2 ESTACIONAMIENTOS CON REGULARIDADES MODERADAS, BAJAS Y MUY BAJAS, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ, RUTA NACIONAL 27	101
TABLA A3 1 ESTACIONAMIENTOS DESLIZANTES IDENTIFICADOS, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA RUTA NACIONAL 27	120
TABLA A3 2 ESTACIONAMIENTOS DESLIZANTES IDENTIFICADOS, SENTIDO.....	121
TABLA A4 1 UBICACIÓN DE LOS SITIOS CON PROBLEMAS EN EL GUARDAVÍA, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA	139
TABLA A4 2 UBICACIÓN DE LOS SITIOS CON PROBLEMAS EN EL GUARDAVÍA, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ	140

Resumen

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

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

En el caso de aquellas especificaciones contractuales que presentaron poca exigencia o ambigüedad en los parámetros, equipos o procedimientos de medición, la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional, del Programa de Infraestructura 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 en el año 2013 están relacionados directamente con la vida útil o de servicio, con el costo de operación de la flota vehicular que circula por el proyecto y con la seguridad vial. Para tal efecto, se utilizó el Deflectómetro de Impacto (*FWD*) para medir las deflexiones obtenidas al someter al pavimento a una fuerza que simula cargas de tránsito, lo que permite calcular la capacidad estructural del pavimento. Por otra parte, se utilizó el Perfilómetro Láser, el cual mide las irregularidades superficiales (*IRI*) de las vías, que se asocian tanto con el confort que percibe el usuario que circula por dicho tramo, como con los costos de operación de los vehículos que circulan por esa carretera. Adicionalmente, se realizaron mediciones por medio de equipo láser que permite detectar la presencia de deformaciones en el pavimento, deterioros conocidos como “roderas”, y se realizó un análisis por medio de equipo de imágenes digitales de alta resolución y georreferenciadas, para detectar la presencia de otros tipos de deterioros sobre la superficie de rueda. En el tema de seguridad vial, el equipo Medidor de Fricción o agarre superficial (*Grip Tester*) permitió medir el coeficiente de rozamiento existente entre el pavimento y las llantas, lo que determina su adherencia a la calzada y que se relaciona directamente con el índice de peligrosidad de una ruta.



1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

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

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

A pesar de ser éste el primer proyecto en concesión de obra pública que es evaluado a partir del año 2010, acumulando alrededor de 608 km analizados hasta el año 2013, esto de acuerdo a lo establecido en los artículos 5 y 6 de la ley 8114 de Simplificación y Eficiencia Tributaria, además el LanammeUCR ya ha realizado evaluaciones de toda la Red Vial Nacional desde el año 2002, acumulando más de 60.000 km evaluados para el año 2012 y desarrollando un importante cúmulo de experiencia, conocimiento y tecnología en evaluación de proyectos viales.

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

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

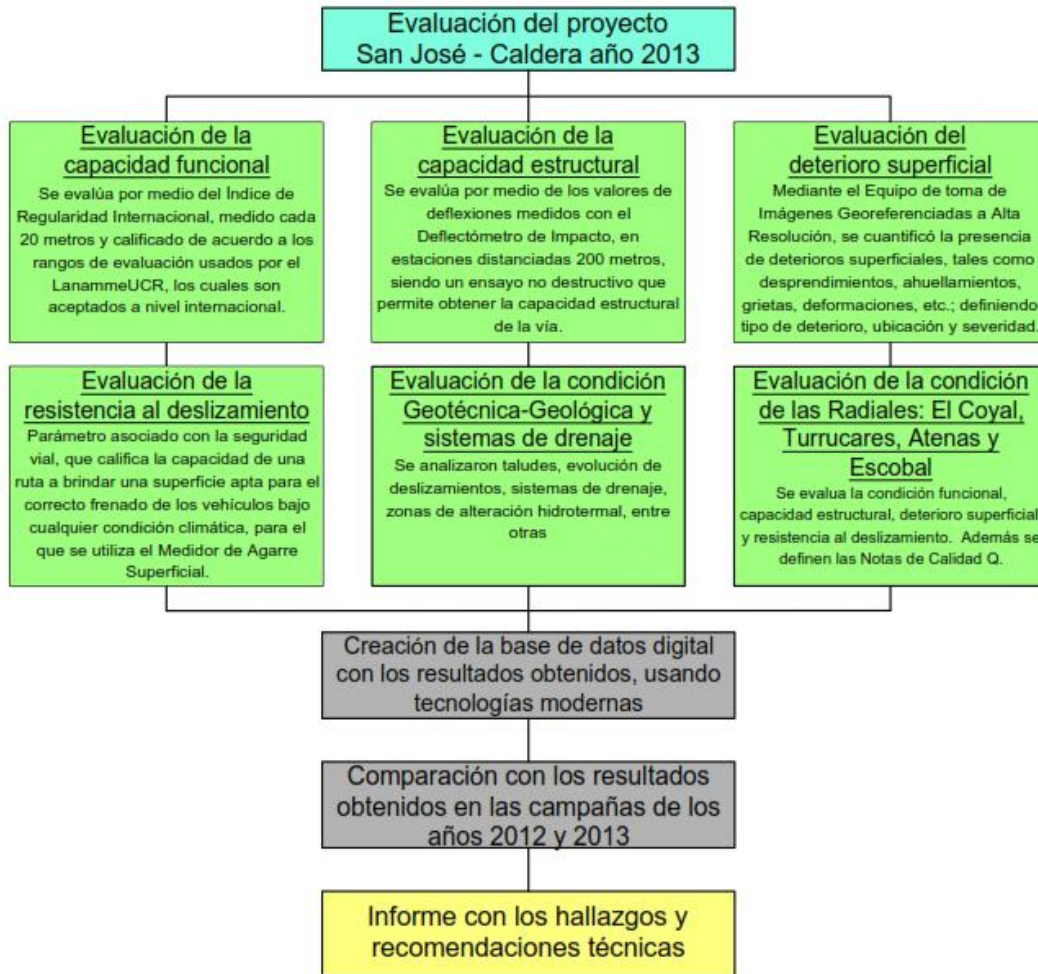


Figura 1 Diagrama de la evaluación del proyecto San José – Caldera Ruta 27, año 2013.

Como parte de las obras a realizar por la concesionaria en la carretera San José - Caldera, se incluyó la construcción de las radiales:

- Radial El Coyal de Alajuela (3.85 km)
- Radial Turrúcares (0.29 km)
- Radial Atenas (3.40 km)
- Radial Escobal (0.34 km)

Por esa razón se decidió agregar en este informe, la evaluación del estado en que se encuentran estas radiales desde el punto de vista estructural, funcional y de seguridad vial.

Al no contar con la estructura de cada una de las radiales, se utilizó la estructura de la sección de carretera más próximo a cada radial, siendo en este caso la sección Ciudad Colón - Orotina.



Además se realizará un análisis geotécnico y geológico a taludes, se estudiará si hay evolución en deslizamientos detectados anteriormente, evaluación de sistemas de drenaje y zonas de alteración hidrotermal.

2. OBJETIVOS DE LA EVALUACIÓN DEL PROYECTO EN CONCESIÓN SAN JOSÉ – CALDERA, AÑO 2013

2.1 Objetivo General

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

2.2 Objetivos Específicos

- Evaluar la resistencia estructural de los pavimentos construidos, con el Deflectómetro de Impacto y clasificarla según rangos de estado.
- Evaluar el estado de la regularidad superficial de los pavimentos de la red vial, con el Perfilómetro Láser, y clasificarla en rangos de estado.
- Evaluar el coeficiente de rozamiento de la superficie de los pavimentos de la red vial, con el Medidor de Coeficiente de Rozamiento.
- Hacer una evaluación del deterioro superficial de la calzada, por medio de equipo de cámaras digitales de alta resolución georreferenciadas, alertando de la presencia temprana de deterioros que pueden poner en peligro la seguridad del usuario, así como el confort y durabilidad del proyecto.
- Comparar las condiciones actuales con las obtenidas en los años 2012 y 2013, para establecer la evolución del estado de la infraestructura como tal.
- 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 proyectos destinados al mejoramiento de la red vial.
- Evaluar el estado estructural, funcional, seguridad vial y condición superficial de las cuatro radiales que forman parte del proyecto.

3. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA EVALUACIÓN, AÑO 2013

3.1 Capacidad estructural, deflexiones obtenidas mediante el FWD

3.1a. Equipo utilizado y criterios de clasificación

Los detalles del Deflectómetro de Impacto utilizado, y la metodología seguida de evaluación aparecen en la Ficha Técnica FT – UGERVN – 02 – 13, disponible en el sitio de Internet del LanammeUCR (www.lanamme.ucr.ac.cr).

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

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

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

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

3.1b. Resultados obtenidos, mes de octubre del 2013

La Tabla 2 muestra los resultados obtenidos en el parámetro de deflexiones superficiales, para la campaña de evaluación 2013; la Figura 2 muestra en forma gráfica este resultado. En total, se procesaron 1469 mediciones con el equipo en este sentido.

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

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

Tabla 2 Deflexiones FWD obtenidas para el sentido San José - Caldera, campaña 2013

Tipo de Deflexiones	Longitud (km)	Porcentajes (%)
Bajas	65.30	88.90
Moderadas	2.75	3.74
Altas	2.50	3.40
Muy Altas	2.90	3.95
Total	73.45	

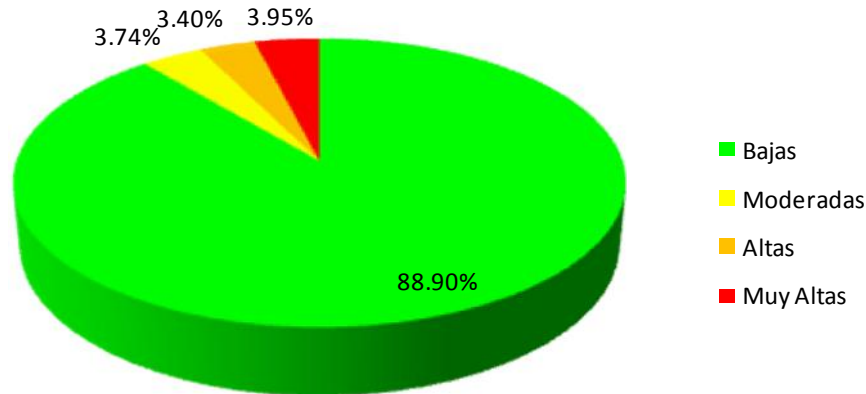


Figura 2 Estado general de la capacidad estructural sentido San José – Caldera según los valores de deflexión FWD obtenidos, campaña 2013

La Tabla 3 muestra los resultados obtenidos en el parámetro de deflexiones superficiales en el sentido Caldera – San José; la Figura 3 muestra en forma gráfica este resultado. En total, se procesaron 1479 mediciones con dicho equipo en este sentido.

Tabla 3 Deflexiones FWD obtenidas para el sentido Caldera – San José, campaña 2013

Tipo de Deflexiones	Longitud (km)	Porcentajes (%)
Bajas	65.15	88.1
Moderadas	1.5	2.03
Altas	3.8	5.14
Muy Altas	3.5	4.73
Total	73.95	

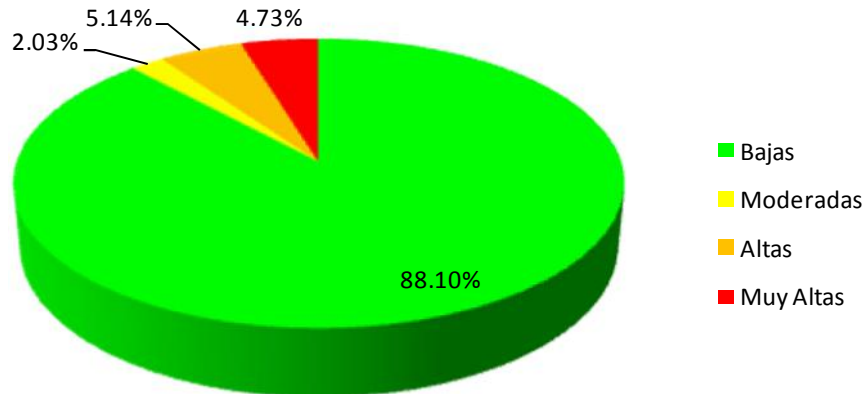


Figura 3 Estado general de la capacidad estructural sentido Caldera – San José, según los valores de deflexión FWD obtenidos, campaña 2013

3.1c. Análisis general de resultados de la evaluación de la capacidad estructural con el ensayo de deflectometría FWD. Mes de octubre del 2013

Los resultados de la deflectometría de impacto revelan un pavimento con una muy buena capacidad estructural en la mayor parte del ramal principal del proyecto. Esta valoración estructural representa el estado estructural del pavimento hasta el momento de la medición, es decir hasta el mes de octubre del 2013. Estas mediciones pueden variar posteriormente en magnitudes significativas con los cambios de temperatura durante épocas muy cálidas, así como con las variaciones en los niveles de humedad de las capas de base, subbase y subrasante. Las mediciones que se realicen durante el año 2014 y años subsiguientes revelarán los efectos de estas variaciones en la pérdida o mantenimiento de la capacidad estructural de este proyecto en el sentido San José – Caldera.

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

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

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

3.2a. Equipo utilizado y criterios de clasificación

Los detalles del Perfilómetro Láser utilizado, y la metodología seguida de evaluación aparecen en la Ficha Técnica FT – UGERVN – 02 – 13, disponible en el sitio de Internet del LanammeUCR (www.lanamme.ucr.ac.cr).

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

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

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

Tabla 4 Rangos de clasificación de regularidad superficial (IRI)

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

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

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

Para el análisis de la regularidad superficial se utiliza el MRI que es el promedio del IRI obtenido sobre la huella izquierda y derecha a cada 100 m. Además 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 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 parámetro

3.2b. Resultados de regularidad superficial (IRI)

La Tabla 6 muestra los resultados obtenidos en la evaluación de la regularidad superficial con perfilómetro láser del proyecto en el mes de agosto 2013; las Figuras 4 y 5 muestran en forma gráfica la evaluación de dicha condición, para cada sentido.

Tabla 5 Resultados obtenidos en regularidad superficial, ruta 27

Rango IRI (^m /km)	Sentido			
	San José – Caldera		Caldera – San José	
menor a 1,0	2.80 km	3,74%	2.10 km	2.80%
entre 1,0 y 1,9	57.80 km	77.27%	53.10 km	70.89%
entre 1,9 y 3,6	13.90 km	18.58%	18.50 km	24.70%
entre 3,6 y 6,4	0.30 km	0.40%	1.20 km	1.60%
mayor a 6,4	0 km	0%	0 km	0%
Total	74.80	km	74.90	km

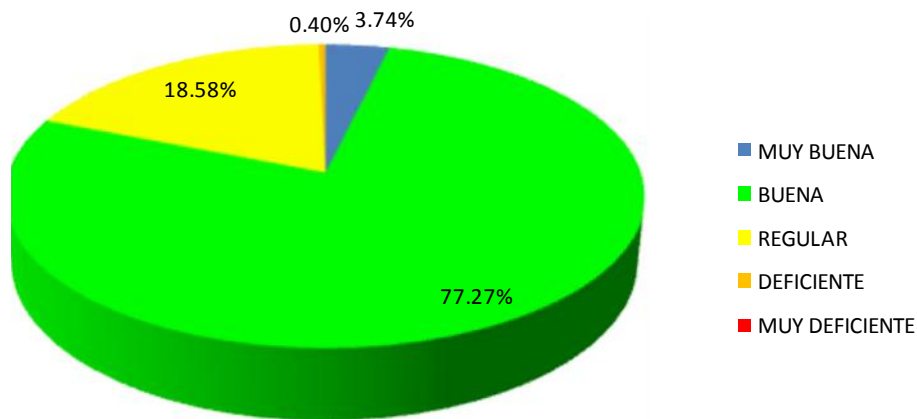


Figura 4: Resultados obtenidos en el parámetro IRI, sentido San José – Caldera

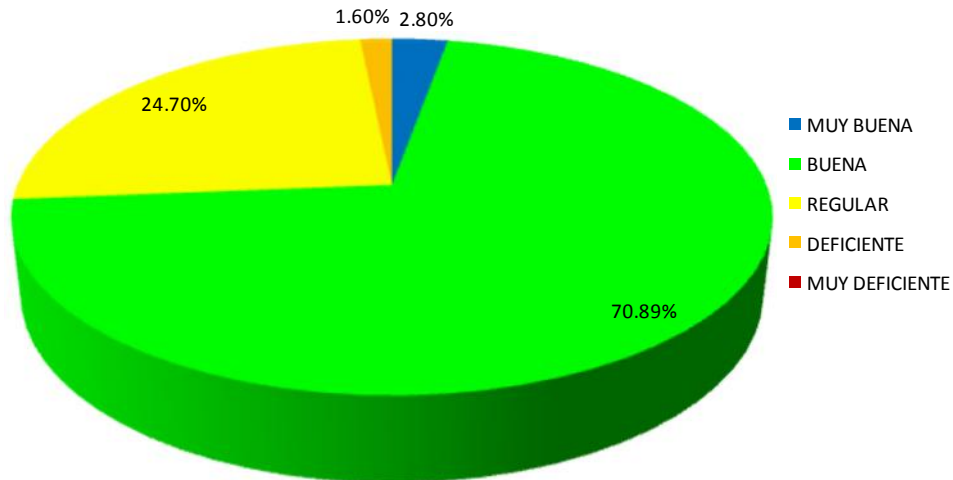


Figura 5 Resultados obtenidos en el parámetro IRI, sentido Caldera – San José

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

3.2c. *Análisis general de resultados de la evaluación de la capacidad funcional con el Perfilómetro Láser (IRI), mes de agosto del 2013.*

Los resultados de la valoración funcional del proyecto muestran que aproximadamente 3 cuartas partes de la longitud total de la ruta presenta un estado de regularidad bueno, y poco más de un 3% en promedio presenta el estado muy bueno. Por su parte, aproximadamente un 20% de la ruta se califica como regular, y en promedio un 1% con regularidades deficientes, donde la calidad de manejo es perceptiblemente inferior a la que se espera para una ruta con pavimentos nuevos, y la cual puede mostrar signos de deterioro, tales como ahuellamiento y fisuración. Lo anterior puede repercutir a su vez en problemas para el tránsito a altas velocidades, donde dichas imperfecciones son notadas con mayor facilidad; así como aumentar los costos de operación de la flota vehicular y disminuir la durabilidad del proyecto al aumentar las cargas dinámicas que lo afectan.

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

3.3 Resultados obtenidos del coeficiente de rozamiento de pavimentos, agosto del 2013

3.3a. *Equipo utilizado y criterios de clasificación*

Los detalles del equipo de Medición de Rozamiento Superficial, y la metodología seguida de evaluación aparecen en la Ficha Técnica FT – UGERVN – 02 – 13, disponible en el sitio de Internet del LanammeUCR (www.lanamme.ucr.ac.cr).

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

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

Tabla 6 Clasificación internacional del pavimento según el GN

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

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

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

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

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

Tabla 7 Resultados obtenidos, coeficiente rozamiento superficial del proyecto

Sentido	Longitud en cada rango, km y %								Total km
	Muy Deslizante		Deslizante		Poco Deslizante		No Deslizante		
San José – Caldera	1.49	1.96%	19.27	25.30%	45.54	59.80%	9.86	12.94%	76.15
Caldera – San José	6.14	8.14%	29.88	39.61%	39.00	51.70%	0.42	0.55%	75.44

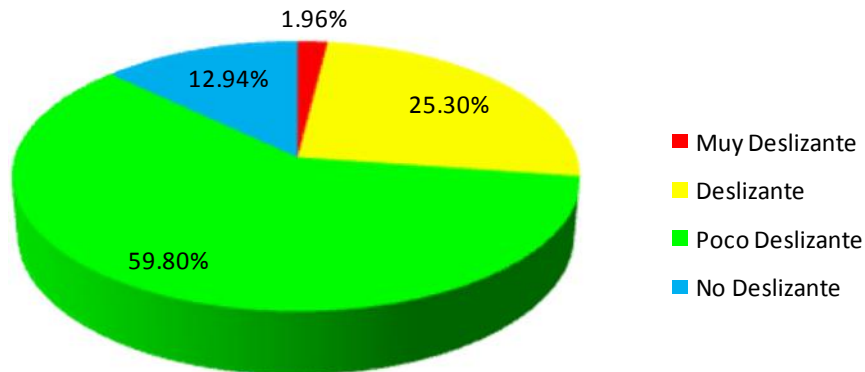


Figura 6 Resultados obtenidos de Grip, sentido San José – Caldera

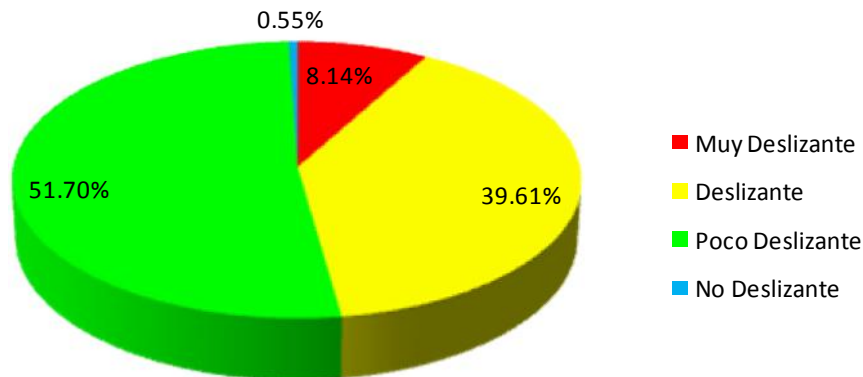


Figura 7 Resultados obtenidos de Grip, sentido Caldera – San José

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

3.3.b.1 Análisis general de resultados de la evaluación de la resistencia al deslizamiento. Mes de agosto del 2013

Los resultados de la evaluación de la resistencia al deslizamiento revelan zonas de alta peligrosidad por los bajos coeficientes de rozamiento. En varios estudios de accidentes a nivel internacional, se ha llegado a demostrar que las rutas con pavimento deslizante facilitan la mayor incidencia de accidentes de tráfico. Debido a esto, y en perspectiva

dentro de un proyecto con velocidades de circulación superiores a los 90 km/h (según mediciones realizadas por LanammeUCR, octubre 2010 y julio 2013) y en condiciones de humedad superficial, es donde las secciones denominadas como “deslizantes” o “muy deslizantes” toman una ponderación mayor en la calificación del nivel de seguridad asociado con la resistencia al deslizamiento de los vehículos, por lo tanto, la Administración debería valorar la posibilidad de exigir al Concesionario intervenciones prioritarias en las secciones donde los riesgos de derrape de los vehículos son altas o muy altas, especialmente en el carril de venida (sentido Caldera – San José). Varios tramos de la ruta se encuentra sucia por la caída de materiales de los taludes aledaños, siendo necesario mantener obras de limpieza para aumentar en las zonas que se encuentran afectadas por esta condición la resistencia al deslizamiento.

3.4 Comparación de la condición de la ruta 27, campañas de evaluación 2012 y 2013

3.4a. Evaluación con el deflectómetro de impacto

La Figura 8 muestra la evolución de la ruta en el parámetro de deflexiones obtenidas, para el sentido San José – Caldera. Por su parte, la Figura 9 muestra los resultados para el sentido Caldera – San José. La longitud evaluada en las 3 campañas es muy similar ($\pm 1\%$), por lo que los datos pueden ser comparados de manera directa.

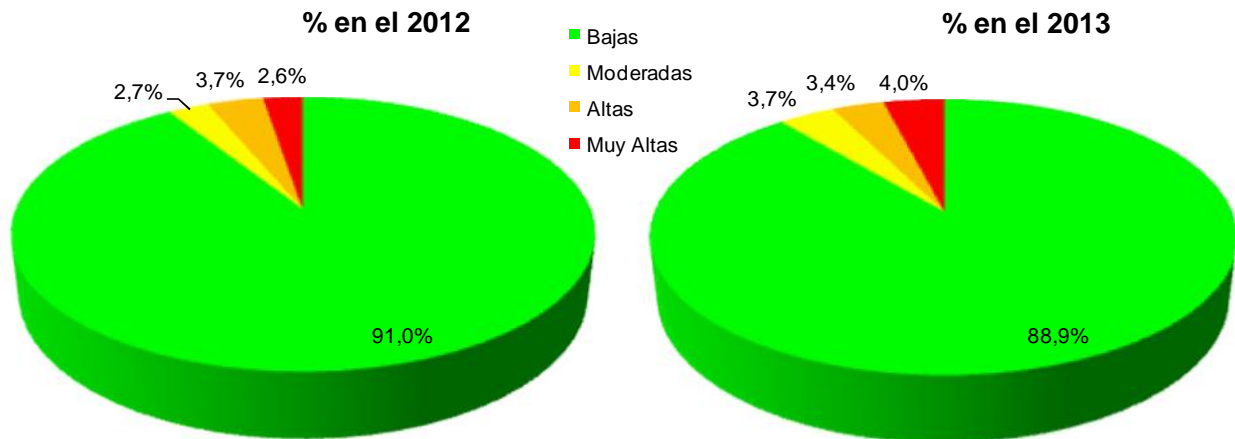


Figura 8 Resultados obtenidos en la evaluación de las deflexiones del pavimento para las campañas 2012 y 2013, sentido San José – Caldera de la Ruta Nacional 27

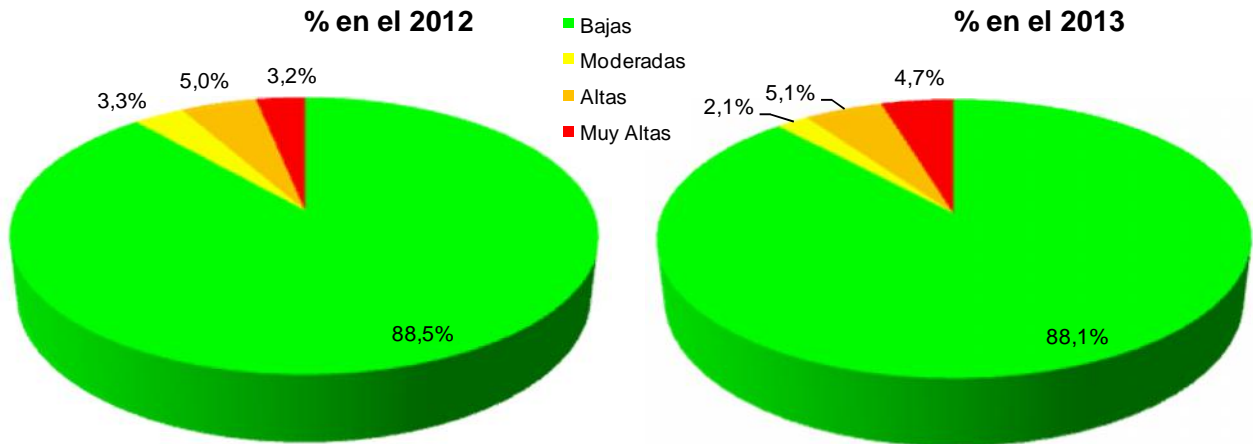


Figura 9 Resultados obtenidos en la evaluación de las deflexiones del pavimento para las campañas 2012 y 2013, sentido Caldera – San José de la Ruta Nacional 27

De las figuras anteriores, se nota que la ruta muestra un aumento, pero mínimo, en la cantidad de deflexiones altas y muy altas en ambos sentidos, lo que representa un síntoma del deterioro a nivel estructural del proyecto. Es importante mencionar que esto es un fenómeno normal en cualquier pavimento, debido a que conforme pasan vehículos cargados, la estructura va perdiendo resistencia producto del fenómeno conocido como fatiga. Desde la apertura de la ruta, los resultados de este parámetro de evaluación han puesto en evidencia un aumento bajo pero constante en el porcentaje de estos 2 rangos críticos, por lo que este instrumento se convierte en una herramienta útil para el monitoreo del desempeño de la obra, lo cual permite a su vez programar el mantenimiento o intervención adecuada para brindar un alto nivel de servicio.

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

3.4b. Evaluación con el perfilómetro láser superficial

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

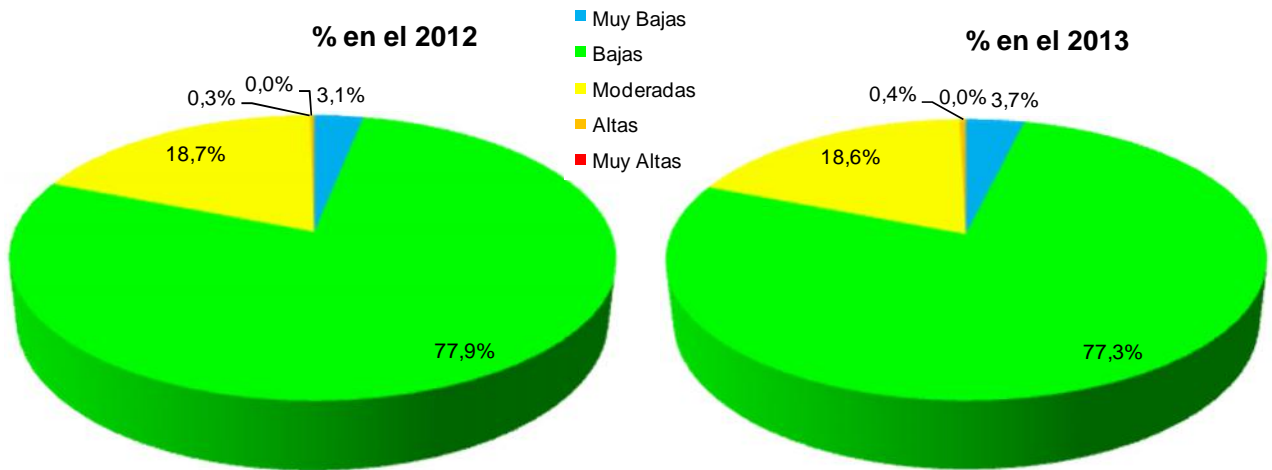


Figura 10 Resultados obtenidos en la evaluación de las regularidades superficiales del pavimento para las campañas 2012 y 2013, sentido San José – Caldera de la Ruta Nacional 27

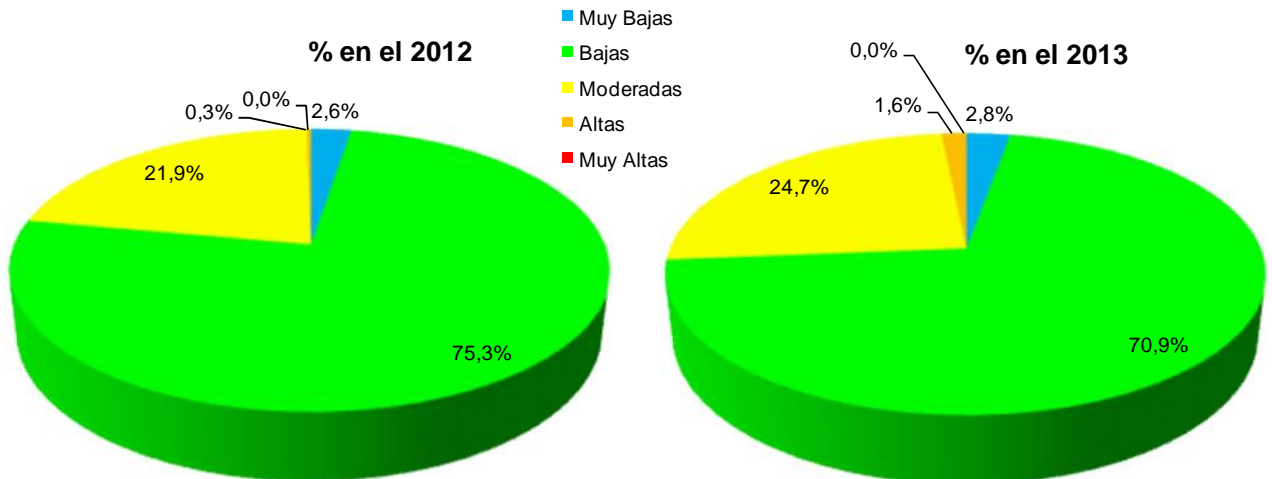


Figura 11 Resultados obtenidos en la evaluación de las regularidades superficiales del pavimento para las campañas 2012 y 2013, sentido Caldera – San José de la Ruta Nacional 27

En las figuras anteriores se nota que, mientras el sentido San José – Caldera apenas si ha modificado levemente la distribución de rangos, en el sentido opuesto los resultados indican una clara tendencia al aumento de las irregularidades superficiales, lo cual se traduce en costos de operación más altos. De las giras realizadas a la ruta, la mayor cantidad de reparaciones en forma de baches se dan en este sentido: especialmente en la gira realizada en diciembre del año 2013 por funcionarios de la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional (UGERVN) se notó que la calidad de estas reparaciones ha venido en detrimento en los últimos años, dado que los mismos presentan abultamientos que se pueden sentir en el vehículo al circular sobre ellos, reduciendo a su vez el confort de los usuarios, y aumentando los porcentajes en valores moderados y altos del parámetro IRI.

3.4c. Evaluación con el medidor del coeficiente de rozamiento superficial

Las Figuras 12 y 13 comparan los resultados obtenidos en la campañas de evaluación con el medidor del coeficiente de rozamiento superficial, realizadas en los años 2012 y 2013 para cada uno de los sentidos de la Ruta Nacional 27.

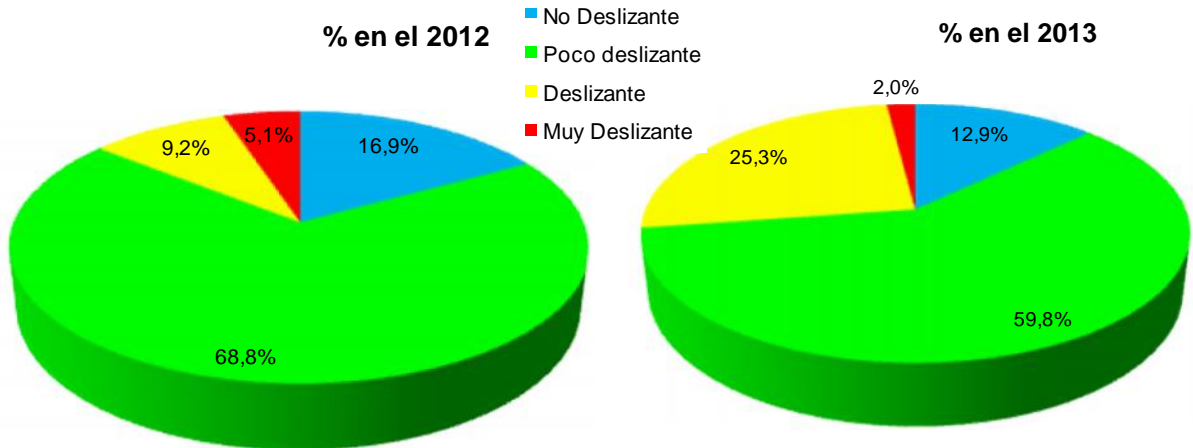


Figura 12 Resultados obtenidos en la evaluación del nivel de deslizamiento superficial del pavimento para las campañas 2012 y 2013, sentido San José – Caldera de la Ruta Nacional 27

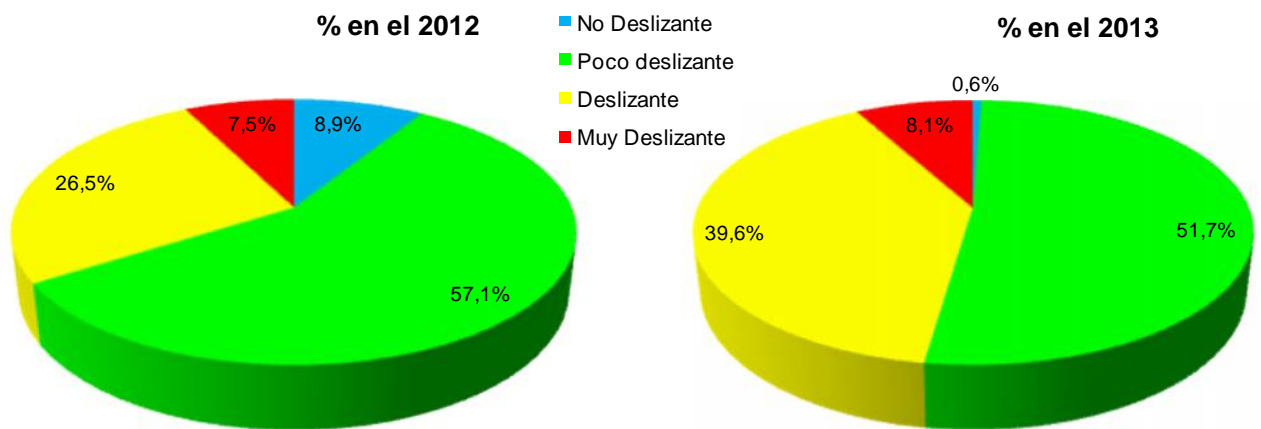


Figura 13 Resultados obtenidos en la evaluación del nivel de deslizamiento superficial del pavimento para las campañas 2012 y 2013, sentido Caldera – San José de la Ruta Nacional 27

Existe una tendencia marcada en el aumento de longitud deslizante para la Ruta 27 en ambos sentidos. Desde el punto de vista de la seguridad vial, niveles bajos de agarre se asocian con el aumento de la probabilidad de accidentes, sobre todo cuando la superficie se encuentra mojada. De un análisis espacial de los datos realizado para ambas campañas, los sitios que presentan mayores niveles de deslizamiento se encuentran en la parte montañosa de la Sección 2, entre los kilómetros 30 al 48, y en la sección final, en las cercanías de Puerto Caldera, entre los kilómetros 71 a 76. En el primer sitio, la caída de material de los taludes ocasiona que la ruta esté “sucía”, lo cual explica sus bajos

niveles de agarre; mientras que en el segundo, debido a la gran cantidad de entradas que presenta la ruta a parqueos de camiones, los cuales en su mayoría son en tierra y no pavimentados, favorece también que la superficie de rueda se encuentre sucia. Es por tanto necesario realizar campañas periódicas de limpieza, para establecer realmente los sitios donde los bajos niveles de agarre se asocien directamente con el estado del pavimento, y no con agentes externos que pueden ser evitados de manera sencilla y económica.

3.5 Análisis de la condición superficial del proyecto. Presencia, severidad y extensión de deterioros según análisis visual por medio de equipos de imágenes georreferenciadas. Evaluaciones realizadas en junio del 2013

3.5a. Equipo utilizado y criterios de clasificación

Los detalles del equipo de Toma de Imágenes Georeferenciadas utilizado, y la metodología seguida de evaluación aparecen en la Ficha Técnica FT – UGERVN – 02 – 13, disponible en el sitio de Internet del LanammeUCR (www.lanamme.ucr.ac.cr).

Los criterios de severidad que se utilizaron para la realización de esta evaluación, se establecieron de acuerdo con lo definido en la norma ASTM D6433, para deterioros superficiales en pavimentos flexibles. La Tabla 8 muestra los tipos de deterioros comunes en carreteras de asfalto, y que fueron localizados en la Ruta 27. Al contar con la información obtenida en el 2012 referente a deterioros presentes en la misma, se pudo hacer un análisis comparativo por sentido de circulación, referente al aumento o disminución de cada deterioro, lo que se pudo ver reflejado también en el análisis realizado al cálculo del IRI.

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

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

Para el presente informe, se han identificado, georreferenciado y fotografiado las barreras de contención laterales, comúnmente conocidas como *Flex Beam*, que se encuentran en condiciones inadecuadas para garantizar esa seguridad operacional de la ruta. Además, se realiza una comparación de la condición de estas barreras en los años 2012 y 2013.

Tabla 8 Tipos de deterioros típicos en carreteras de pavimento flexible

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

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

3.5b. Resumen de resultados de la evaluación visual de deterioros superficiales

En la Figura 14, se ilustran los resultados obtenidos de la evaluación realizada, en el sentido San José – Caldera, y a la vez se compara con los resultados de la campaña de los años 2011, 2012 y 2013

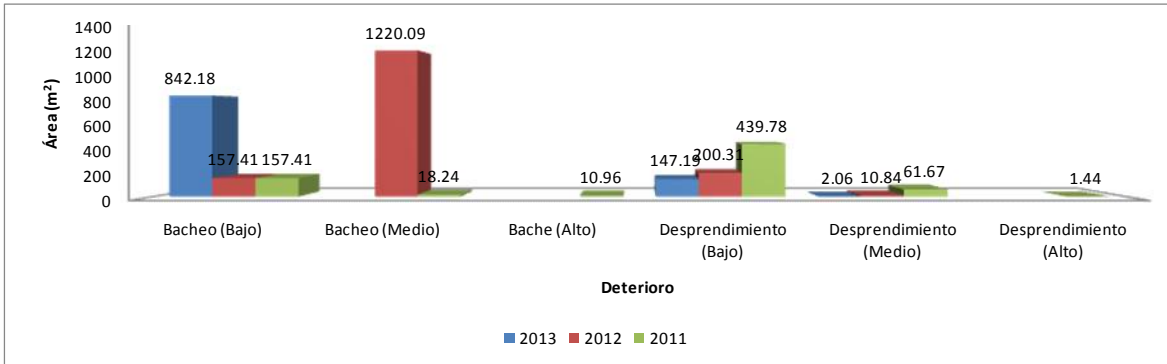


Figura 14 Comparación de resultados de deterioros / (severidad), campañas 2011, 2012 y 2013, sentido San José – Caldera

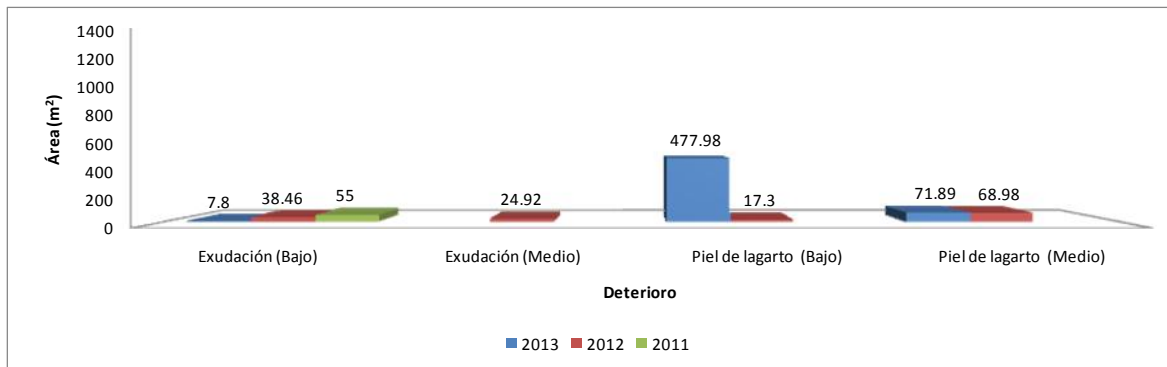


Figura 14 (Continuación) Comparación de resultados de deterioros / (severidad), campañas 2011, 2012 y 2013, sentido San José – Caldera

En la figura anterior se puede observar una disminución en el área que corresponde a bacheo, lo que representa un 39% menos del área afectada por este deterioro, encontrándose solamente bacheos con severidad baja, un comportamiento similar se observa con desprendimiento de agregados que ha disminuido un 58% y 29% entre el año 2011-2012 y 2012-2013 respectivamente y la exudación, el cual presentó un incremento del 15% en el 2012 y una disminución sustancial del 88% en la evaluación del 2013 respecto al año anterior.

A diferencia de los deterioros mencionados anteriormente, se pudo detectar una mayor presencia de piel de lagarto a lo largo de la ruta en el sentido San José - Caldera, presentando un incremento notable del 540% del área afectada respecto al 2012.

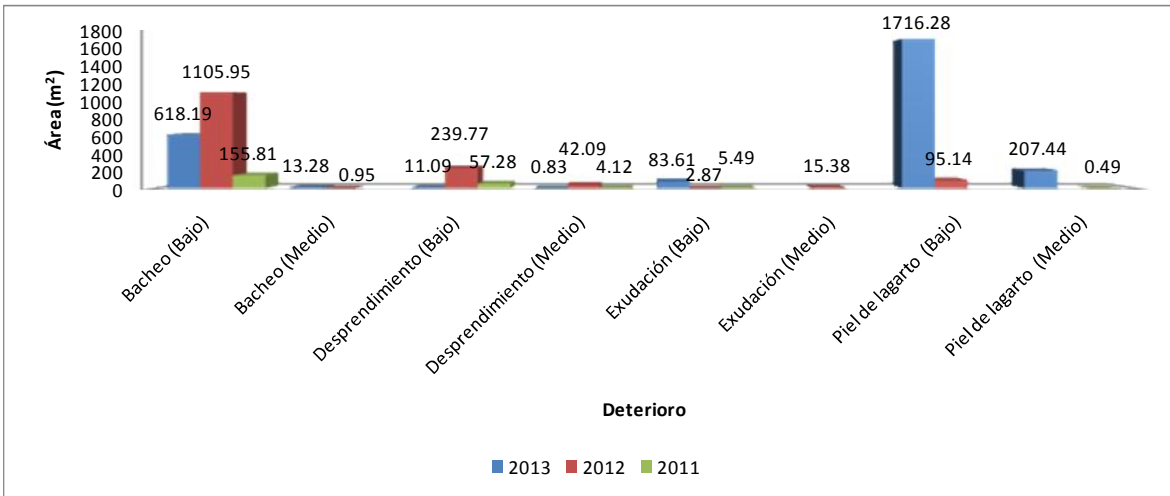


Figura 15 Comparación de resultados de deterioros / (severidad), campañas 2011, 2012 y 2013 sentido Caldera – San José

Al igual que en el caso anterior, se ha dado un incremento importante en la cantidad de área con piel de lagarto respecto a los años anteriores, siendo en este caso mayor que en el sentido San José - Caldera.

Por su parte, con respecto al estado de las barreras laterales (*Flex Beam*), en la evaluación realizada en el 2013 se encontraron 14 puntos donde dichas estructuras se encuentra deformada debido a impactos, posiblemente de accidentes viales. Con respecto a la evaluación del año 2012, se detectaron 3 puntos en los que la barrera lateral se mantiene impactada.

Por lo tanto se ha detectado un incremento de *Flex Beam* deformadas en el sentido Caldera - San José, puesto que para el año 2012 se hallaron solamente 2 puntos con guardavías en mal estado, mientras que para el 2013 se encontraron 11 puntos dañados. En todos los sitios encontrados con barreras deformadas hay presencia de la categoría "Deslizante" con respecto al coeficiente de agarre superficial, lo que llama la atención a tratar este coeficiente para mejorar el aspecto de agarre superficial y dar así una mejor seguridad vial al conductor.

En las Figuras 16 a 18, se muestran algunos sitios con daños en estas barreras.

En el Anexo 4 se presenta la ubicación de los puntos en los que se encontraron guardavías impactadas.



Figura 16 Daños a la barrera, estacionamiento 11+110, sentido San José - Caldera



Figura 17 Daños a la barrera, estacionamiento 38+865, sentido Caldera – San José



Figura 18 Daños a la barrera, estacionamiento 34+475, sentido Caldera – San José

En el Anexo 4, se muestran tanto la ubicación de las barreras laterales que presentan problemas, así como un catálogo fotográfico completo de estos sitios.

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 Coyal: conecta la ruta en el estacionamiento 22+450 con la Ruta Nacional 1 Carretera Interamericana Norte, en las cercanías de El Coyal de Alajuela. Es la radial más reciente y la más larga con 4.100 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 140 metros.
- Radial de Atenas: cerca del peaje de Atenas (estacionamiento 31+560), conecta la ruta con el poblado del mismo nombre. Desde el punto de vista geotécnico ha presentado varios problemas hacia la mitad de la ruta, debido a los cortes que se debieron realizar en los taludes aledaños, los cuales por su altura y ángulos no adecuados para el tipo de material, han provocado deslizamientos de gran magnitud que han obligado incluso a cerrar la ruta por varios meses mientras el problema era resuelto. 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 420 metros.

Todas las radiales presentan accesos desde la troncal principal, mediante carriles de aceleración / desaceleración, intersecciones y rotondas; asimismo todas presentan un carril por sentido de circulación.

Como nota, la longitud presentada arriba es del recorrido principal de cada radial, sin incluir las rampas o rotondas de acceso. En la Figura 19 se muestra la ubicación de dichas radiales.

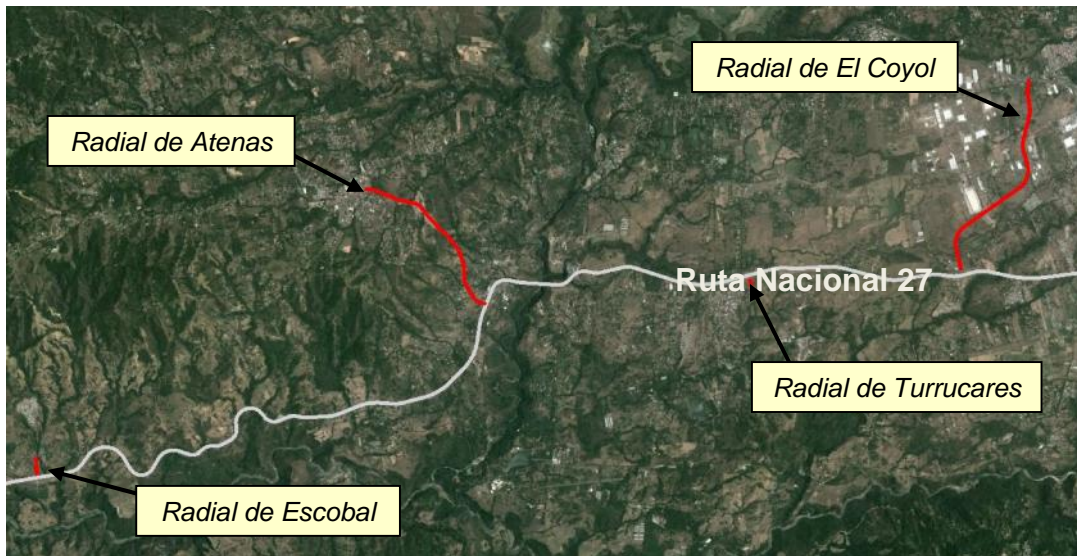


Figura 19: Ubicación de las radiales en la Ruta Nacional 27.

Como parte de la Campaña de Evaluación 2013 – 2014 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 Georeferenciadas.

4.2 Resultados obtenidos: Deflexiones del pavimento

La Figura 20 muestra para cada radial, los resultados obtenidos con el Deflectómetro de Impacto. Los resultados que aparecen en dicha figura representan los porcentajes relativos a cada sentido de cada radial. Según el contrato de la concesión, la estructura de los pavimentos de las radiales deberá ser al menos como lo propone el Concejo Nacional de Concesiones (CNC) en el ante proyecto 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.

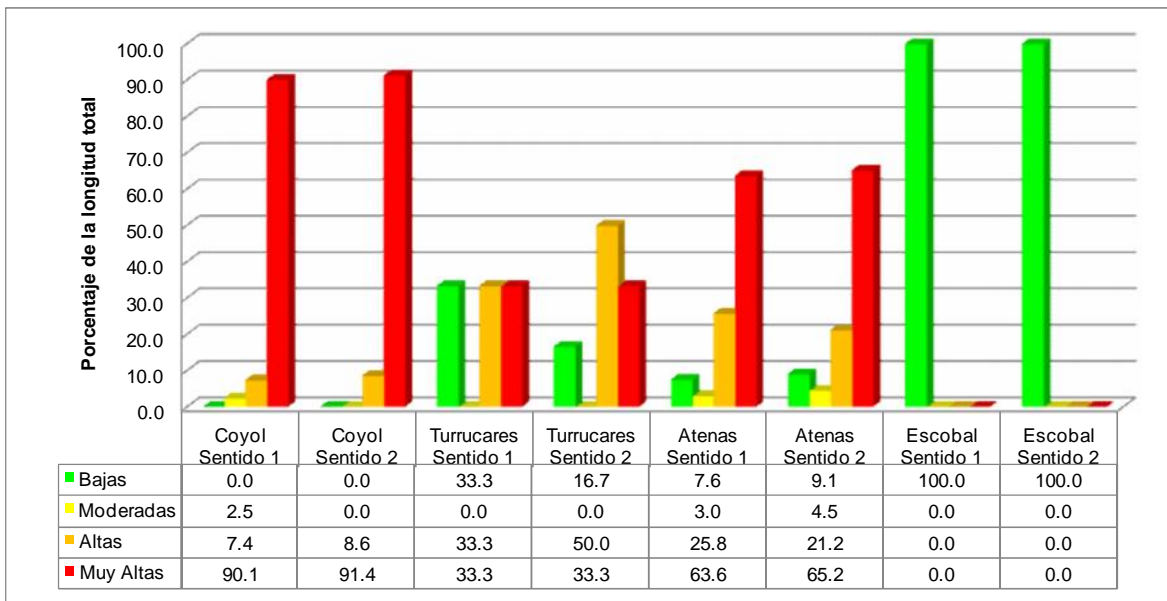


Figura 20 Resultados obtenidos con el Deflectómetro de Impacto, para las radiales de la Ruta 27, en porcentajes para cada rango.

Los resultados revelan que la Radial de El Coyoil es la que presenta las deflexiones más altas de las 4 analizadas. La misma está construida sobre una zona donde abundan los suelos de arcillas expansivas, lo cual puede generar problemas estructurales sobre la carpeta en el corto plazo, aumentando sus costos de mantenimiento y disminuyendo su nivel de servicio para los usuarios. Las radiales de Turrucarens y Atenas presentan

también deflexiones que en su mayoría van de altas a muy altas; mientras que la de Escobal es la que presenta la mejor condición estructural de las 4.

4.3 Resultados obtenidos: Regularidad superficial

En la Figura 21 se muestran los resultados obtenidos para las radiales, con el Perfilómetro Láser. Al igual que con los datos de deflectometría, los resultados muestran los porcentajes relativos a cada sentido para cada radial.

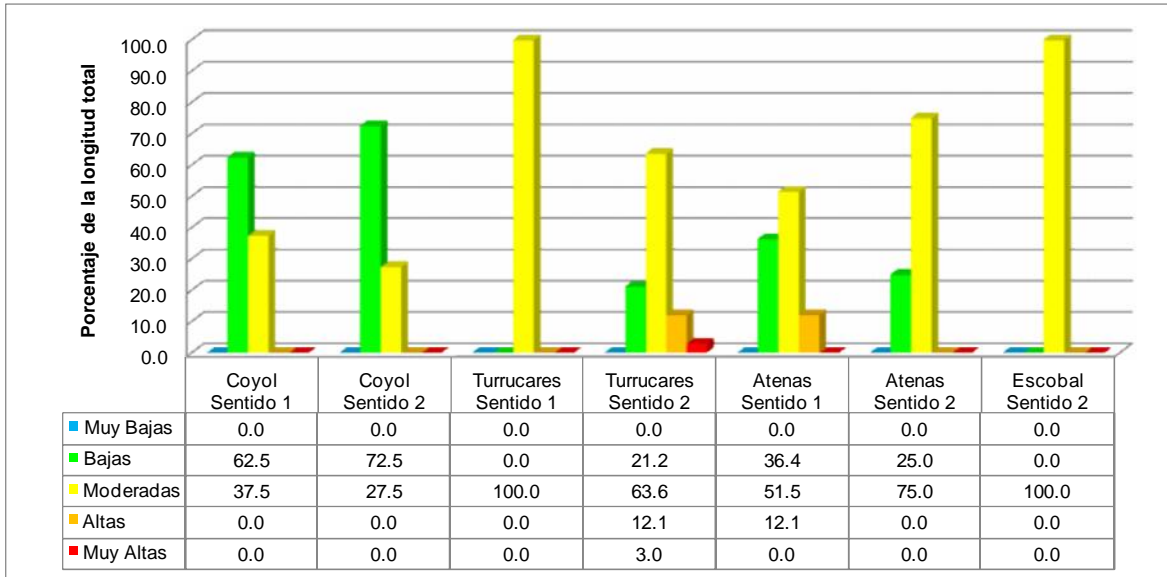


Figura 21 Resultados obtenidos con el Perfilómetro Láser, para las radiales de la Ruta 27, en porcentajes para cada rango.

En general, todas las radiales exhiben un porcentaje importante de longitud en el rango de regularidades medias. La radial de El Coyoil, al ser la más recientemente construida, presenta regularidades bajas; sin embargo, y con base en los resultados del Deflectómetro de Impacto, es de esperarse que con el tiempo muestre un comportamiento similar a las otras 3 radiales.

4.4 Resultados obtenidos: Deslizamiento superficial

En la Figura 22 se muestran los resultados de Deslizamiento Superficial obtenidos con el Medidor de Agarre. Como en las figuras anteriores, se muestran los resultados por porcentaje para cada sentido en cada radial.

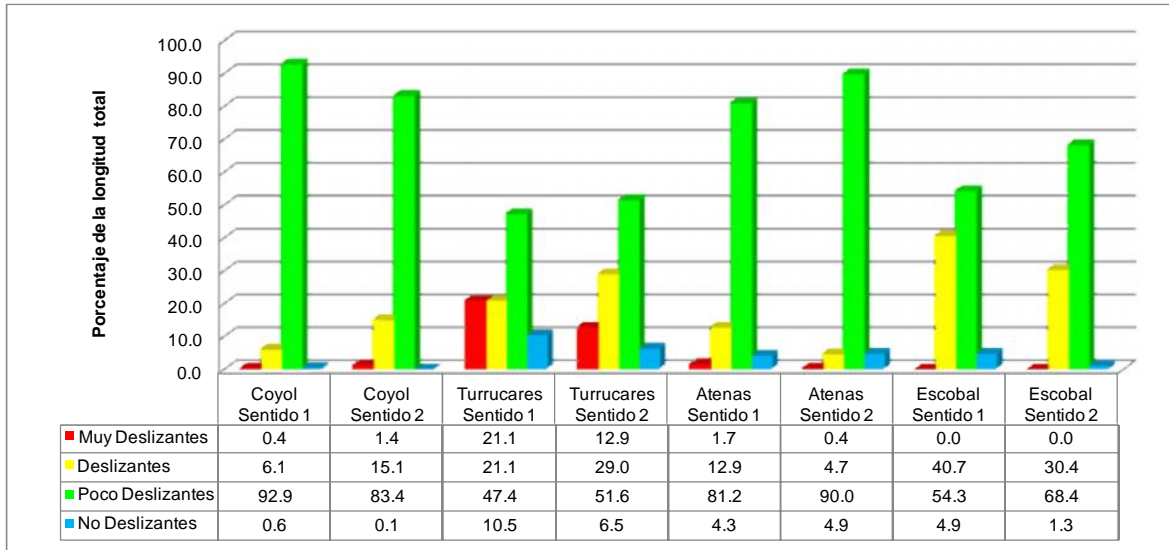


Figura 22 Resultados obtenidos con el Medidor de Agarre superficial, para las radiales de la Ruta 27, en porcentajes para cada rango.

En general, las radiales presentan un gran porcentaje de su longitud en el rango de Poco Deslizante, lo cual es positivo desde el punto de vista de seguridad vial. Es importante mantener un buen sistema de mantenimiento de la superficie de ruedo, porque ha sido demostrado en diversos estudios del LanammeUCR que existen condiciones que agravan el problema de deslizamiento superficial, tales como suciedad en el pavimento producto de la caída de materiales de los taludes aledaños a la ruta; o deterioros del tipo exudación, que producen superficies deslizantes que aumentan considerablemente la probabilidad de accidentes de vehículos.

4.5 Notas Q para las radiales

Con base en los resultados obtenidos para los 3 parámetros evaluados en las radiales, se procede al cálculo de sus Notas Q y determinar el tipo de intervención a realizarse. La metodología para determinar dicha nota se indica con detalle en el informe INF – PITRA – 003 – 2013 Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada, años 2012 – 2013, del LanammeUCR.

En la Tabla 9 se resumen los resultados obtenidos, así como la nota asignada para cada tramo homogéneo y la estrategia de intervención.

El sentido de las radiales se definen a partir de Ruta Nacional 27.

Tabla 9 Notas Q y recomendaciones de intervención

Radial	Sentido	Tramo	FWD	IRI	GRIP	Nota Q	Intervención
El Coyol	Ida	0+000 a 0+850	Muy Alto	Bajo	Poco desliz	R1	Rehab. Mayor
		0+900 a 1+650	Muy Alto	Bajo	Poco desliz	R1	Rehab. Mayor
		1+700 a 2+300	Muy Alto	Bajo	Poco desliz	R1	Rehab. Mayor
		2+350 a 3+100	Muy Alto	Bajo	Poco desliz	R1	Rehab. Mayor
		3+150 a 3+650	Muy Alto	Bajo	Poco desliz	R1	Rehab. Mayor
		3+700 a 4+000	Muy Alto	Moderado	Poco desliz	R2	Rehab. Mayor
	Venida	0+000 a 0+250	Muy Alto	Bajo	Poco desliz	R1	Rehab. Mayor
		0+300 a 0+500	Muy Alto	Bajo	Poco desliz	R1	Rehab. Mayor
		0+550 a 1+100	Muy Alto	Moderado	Poco desliz	R2	Rehab. Mayor
		1+150 a 1+900	Muy Alto	Bajo	Poco desliz	R1	Rehab. Mayor
		1+950 a 2+500	Muy Alto	Moderado	Poco desliz	R2	Rehab. Mayor
		2+550 a 3+200	Muy Alto	Bajo	Poco desliz	R1	Rehab. Mayor
3+250 a 4+000	Muy Alto	Bajo	Poco desliz	R1	Rehab. Mayor		
Turrúcares	Ida	0+000 a 0+150	Moderado	Moderado	Poco desliz	Q5	-
		0+200 a 0+250	Muy Alto	Moderado	No desliz	R2	Rehab. Mayor
	Venida	0+000 a 0+100	Muy Alto	Moderado	Poco desliz	R2	Rehab. Mayor
		0+150 a 0+250	Moderado	Moderado	Poco desliz	Q5	-
Atenas	Ida	0+000 a 1+250	Muy Alto	Moderado	Poco desliz	R2	Rehab. Mayor
		1+300 a 2+000	Muy Alto	Alto	Poco desliz	R3	Reconstrucción
		2+050 a 3+270	Alto	Moderado	Poco desliz	Q8	Rehab. Mayor
	Venida	0+000 a 0+750	Muy Alto	Moderado	Poco desliz	R2	Rehab. Mayor
		0+800 a 1+050	Moderado	Moderado	Poco desliz	Q5	-
		1+100 a 1+900	Muy Alto	Moderado	Poco desliz	R2	Rehab. Mayor
		1+950 a 2+850	Muy Alto	Moderado	Poco desliz	R2	Rehab. Mayor
2+900 a 3+250	Muy Alto	Moderado	Poco desliz	R2	Rehab. Mayor		
Escobal	Ida	0+000 a 0+050	Bajo	Moderado	Poco desliz	Q2	SS, TS1
		0+100 a 0+150	Bajo	Moderado	Poco desliz	Q2	SS, TS1
		0+200 a 0+320	Bajo	Moderado	Poco desliz	Q2	SS, TS1
	Venida	0+000 a 0+150	Bajo	Moderado	Poco desliz	Q2	SS, TS1
		0+200 a 0+300	Bajo	Moderado	Poco desliz	Q2	SS, TS1

La mayor parte de tramos en que quedaron divididas las radiales, presentan notas que las hace candidatas a labores de rehabilitación mayor; esto porque a pesar de contar con niveles de moderados a bajos de regularidad superficial, es en la capacidad estructural donde estos tramos presentan valores muy altos, y que a la larga se manifestará como problemas de deterioros superficiales.

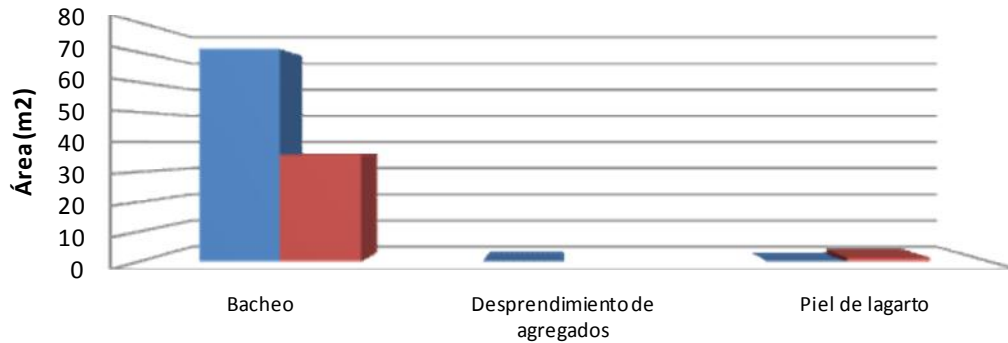
El caso de la Radial de Escobal es único, al presentar ésta la mejor condición de su superficie, y necesitar únicamente labores de mantenimiento rutinarias.

En el Anexo 5 se presentan los mapas con los resultados para cada uno de los parámetros evaluados para las radiales.

4.6 Resultados obtenidos: análisis de deterioros superficiales

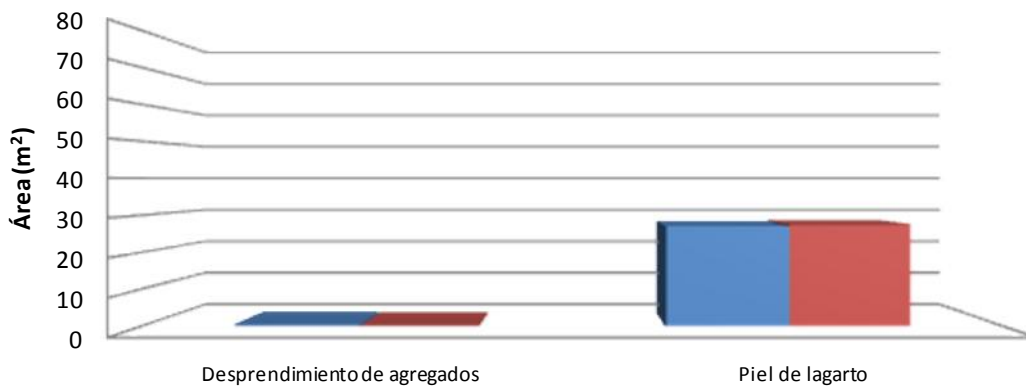
En la figura 23 se muestra los resultados para la evaluación de la condición superficial de las radiales.

Radial Atenas



	Bacheo	Desprendimiento de agregados	Piel de lagarto
■ Sentido 1	71.11	0.29	0
■ Sentido 2	35.9		1.47

Radial Coyol



	Desprendimiento de agregados	Piel de lagarto
■ Sentido 1	0.42	27.17
■ Sentido 2	0	27.52

Figura 23 Condición superficial en Radiales



Como se muestra en la figura anterior, las radiales a Atenas y El Coyoil son las únicas que presenta deterioro superficial. No se detectó deterioros en las radiales a Turrucares y Escobal.

En comparación con lo obtenido en la valoración de las notas Q, la mayor presencia de Piel de Lagarto en la radial a El Coyoil es congruente con la calificación obtenida para el nivel de intervención definido como Rehabilitación Mayor, puesto que la presencia de este deterioro refleja el daño por fatiga de la capa asfáltica, debilitando la estructura por el ingreso del agua a las capas inferiores, que de por sí cuenta con una subrasante compuesta por arcillas expansivas.

5. CONDICIONES GEOTÉNICAS Y SISTEMAS DE DRENAJE

Se visitaron y analizaron en detalle 22 sitios sobre la Ruta Nacional No. 27 y un punto sobre la Radial Atenas. Estos puntos están ubicados específicamente en el tramo entre El puente de Río Segundo km 18+000 y el km 48+400.

Se analizaron taludes, evolución de deslizamientos, sistemas de drenaje, zonas de alteración hidrotermal, entre otras. En la figura 23 se presenta la ubicación de cada uno de estos sitios y en la Tabla 10 los datos con sus coordenadas y valores de los estacionamientos.

Tabla 10 Información geográfica de los sitios visitados y analizados en la Ruta Nacional No. 27 para análisis de estabilidad de taludes, deslizamientos, sistemas de drenaje y zonas de alteración hidrotermal.

Código	Ubicación CRTM 2005		Estacionamiento km
	Este	Norte	
1	473104,254	1100767,184	18+000
2	470311,713	1101819,279	21+400
3	469500,603	1101907,691	22+300
4	469550,000	1101907,700	22+500
5	468835,062	1101881,826	22+930
6	464473,503	1101703,809	27+400
7	462003,788	1101694,159	30+000
8	458789,869	1099570,281	34+600
9	457029,650	1099280,501	36+400
10	456079,066	1099182,970	37+500
11	455135,174	1098615,886	38+700
12	453828,815	1098677,625	40+700
13	453491,287	1098689,522	40+800
14	450356,860	1097797,258	44+500
15	449588,807	1097452,229	45+300
16	448866,522	1097359,406	46+000
17	448528,113	1096702,414	46+300
18	447756,468	1096805,077	47+300
19	447756,150	1096589,058	47+800
20	447331,108	1096785,268	48+000
21	447530,805	1096639,140	48+100
22	446880,298	1096806,700	48+400
23	459881.676	1102725.302	Radial Atenas

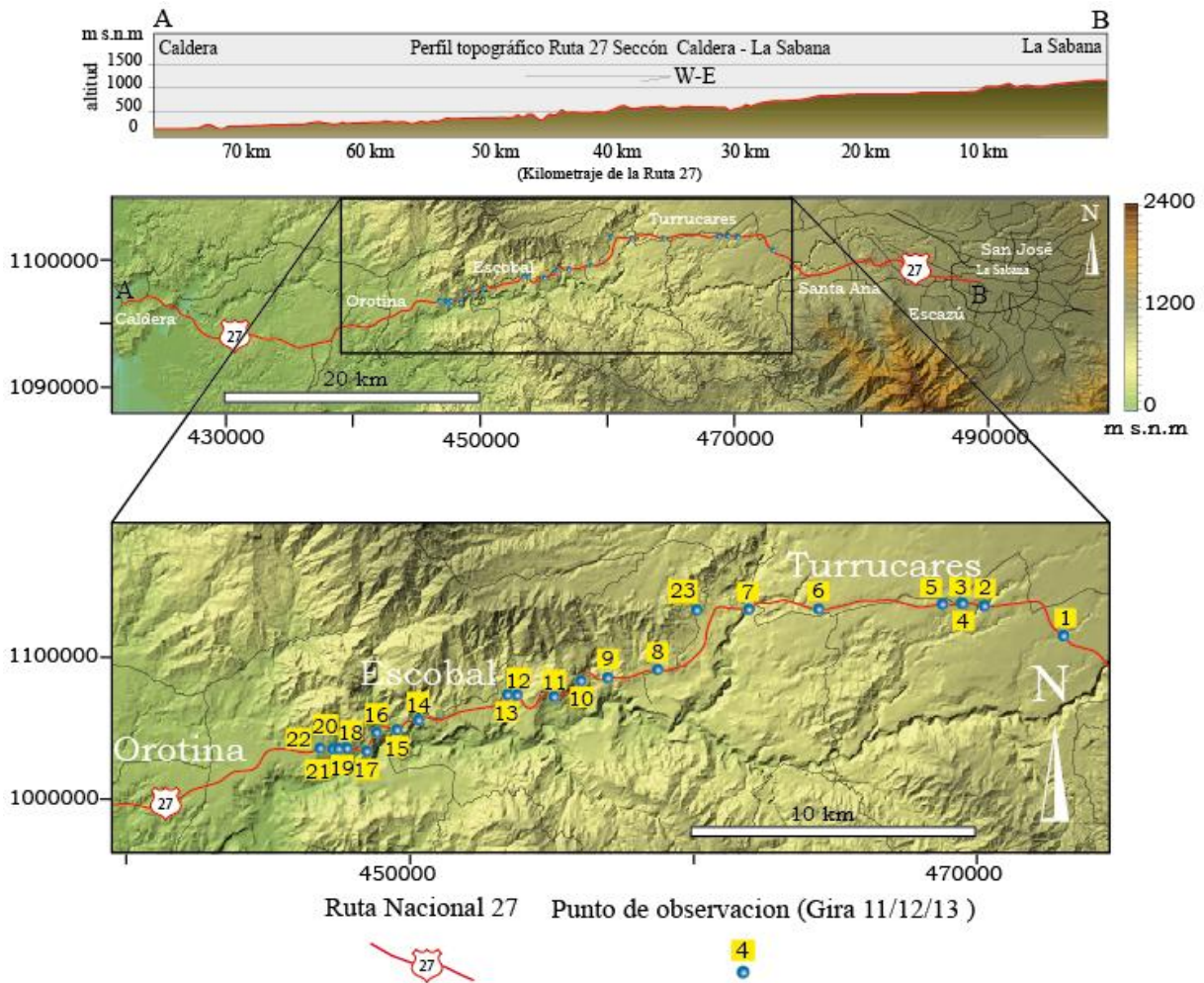


Figura 24 Perfil topográfico de la Ruta No. 27 y modelo de elevación digital donde se denota la zona evaluada y un detalle de la ubicación de puntos visitados para análisis de taludes.

5.1 Estacionamiento 18+000.

En la figura 25 se muestra la localización de un muro de gaviones de aproximadamente 5 m. de altura, así como varios canales y tuberías que transportan el agua de un costado al otro de la carretera. En la época lluviosa se ha observado que el agua se sale de los canales antes de llegar a la tubería, este excedente se desborda sobre el muro de gaviones llegando hasta la carretera, afectando la transitabilidad y seguridad de los usuarios.

Es recomendable la realización de un estudio hidráulico que permita establecer la capacidad requerida en estos sistemas de drenaje, así como las modificaciones necesarias para transportar el agua de manera que evite inundaciones en la carretera. Además se recomienda considerar obras que permitan encauzar el excedente de agua hacia el Río Segundo.



Figura 25 Izquierda: Muro de gaviones sobre el cual se desborda el agua. Derecha: Canal donde se origina el problema

En la figura 26 se muestra la forma en que se modificó el paso de agua, provocando un manejo en la canalización a través de la ruta, lo que induce los desbordamientos constantes en la época lluviosa.

A). Fotografía aérea del año 2003, donde se muestra la situación original del sistema de drenaje en este punto. Se aprecia como el agua era llevada a través de alcantarillas que pasaban por debajo del camino que existía antes de la construcción de la Ruta 27.

B). Fotografía aérea, correspondiente al año 2009, ya se habían iniciado los movimientos de tierra y trabajos en la Ruta 27, además se aprecian cambios en el sistema de drenaje, se nota como se había desviado provisionalmente el agua de los canales hacia Río Segundo.

C). Fotografía aérea del año 2013, donde se muestra como con tuberías metálicas que pasan por encima de la Ruta 27, se sigue transportando el agua de los canales de un lado al otro.

D). Detalle de cómo hay cambios de casi 90 grados en la dirección que debe seguir el agua para pasar de los canales en la finca ubicada al NE de la imagen y tiene que entrar en las tuberías. Estos cambios bruscos de dirección y la poca capacidad de las tuberías cuando hay lluvias intensas originan que el agua que no pueda entrar a las mismas, caiga sobre el talud y llegue a la superficie de rueda de la Ruta 27, originando inconvenientes. También se nota como se cortó el paso de las aguas hacia Río Segundo.

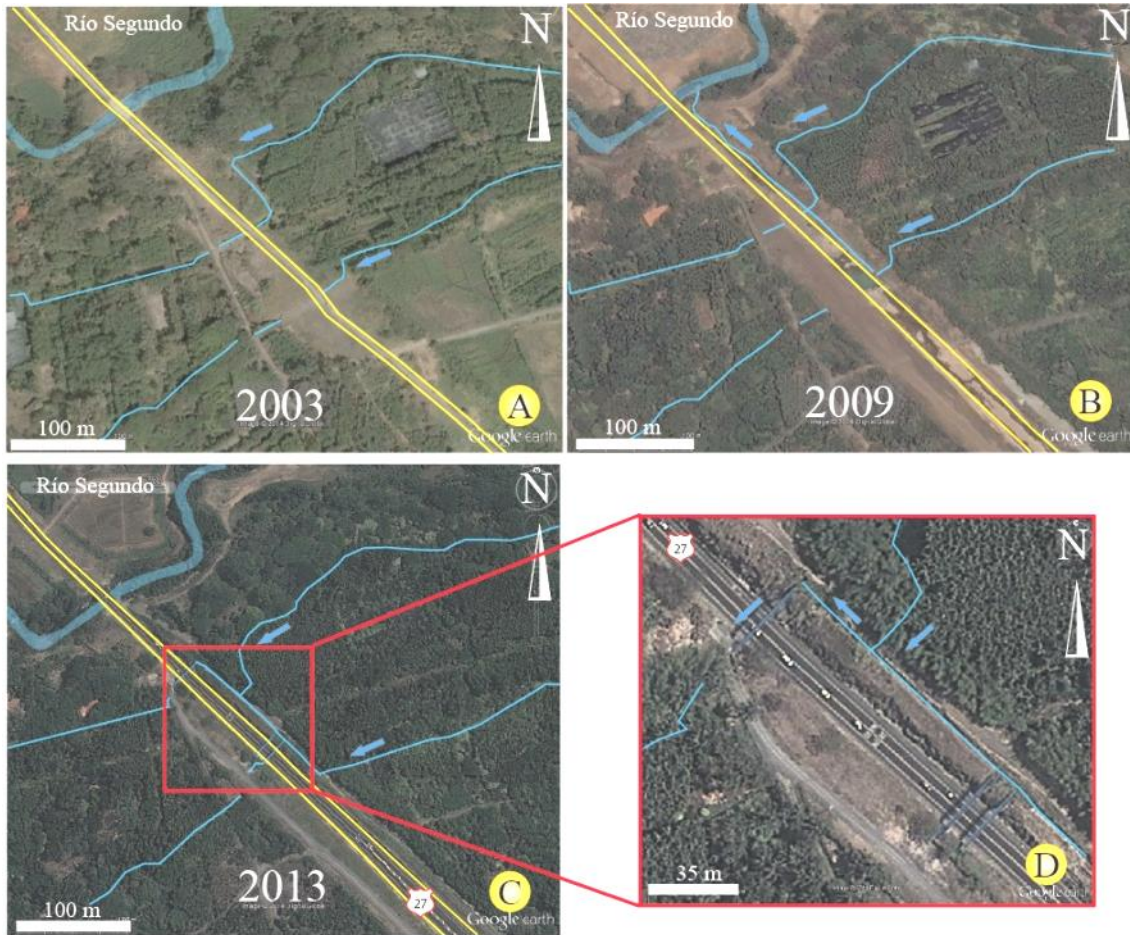


Figura 26 Fotografías aéreas de los años 2003, 2009, 2013.

5.2 Estacionamiento 21+400

En este sitio Se construyó un muro de gaviones y se hizo un corte en el talud al lado del puente. Tal y como se muestra en la figura 27, el talud de corte continúa sin recubrimiento para evitar la erosión, presenta deterioro superficial y pequeños deslizamientos. El material que se encuentra en este talud está constituido por aluviones sueltos y arcillas, lo que facilita su erosión al estar expuesto a los agentes erosivos, siendo esta la zona que presenta mayor problemática y que podría llegar a afectar la radial que pasa sobre el puente, puesto que se encuentra ubicada a menos de 2 m de distancia de la superficie de rodaje del camino en la parte superior.

El análisis visual hecho de forma preliminar revela la necesidad de brindar a corto plazo protección al talud de corte para evitar mayor deterioro y posibles deslizamientos. Por la condición que presenta el sitio analizado, es necesario ampliar la estabilización con muro de gaviones o sistema similar. Además se recomienda realizar una revisión en los sistemas de drenaje de la parte superior del talud para evitar que el agua de escorrentía baje directamente por el talud y de esta forma también brindar estabilidad al camino en la parte superior.



Figura 27 Zona vulnerable en el talud del kilómetro 21+400.

5.3 Estacionamiento 22+300

Se encuentra una cuneta sin soporte en talud de corte en el lado derecho con una extensión de unos 80 m aproximadamente en la salida hacia Siquiaries. El material sobre el que se construyeron las cunetas corresponde con arcillas con algunos bloques redondeados. Estas arcillas al ser medias/finas y estar poco compactadas han sido removidas por acción de los elementos (agua y viento) reduciendo el área de soporte que daban al sistema de drenaje.

Es necesario la reconfiguración y protección del suelo que da soporte a la cuneta o su reubicación en caso de ser requerida dando prioridad a la prevención de una mayor socavación antes del inicio de las lluvias.



Figura 28 Localización del talud y sistema de drenaje en condición vulnerable, zona encerrada en color rojo.



Figura 29 Deterioro en el soporte del sistema de drenaje.

5.4 Estacionamiento 22+500

Los taludes de corte en el lado derecho, antes y después del puente de la intersección hacia Siquiaries cuenta con materiales que corresponden a ignimbritas y arcillas. Las ignimbritas son más resistentes a la erosión y no presentan problemas en este talud, sin embargo las arcillas y suelos sí han estado más expuestos a procesos de erosión, estos estratos que son más susceptibles presentan deterioro superficial y pequeños deslizamientos.

Dada la condición que presenta el talud, es necesario utilizar un sistema que brinde protección superficial al talud, con el fin de evitar mayor deterioro y posibles deslizamientos por saturación y socavación en el periodo de lluvias.



Figura 30 Talud lado derecho, antes de la intersección a Siquiares (sentido San José – Caldera).



Figura 31 Talud lado derecho, luego de la intersección a Siquiares (sentido San José – Caldera).

5.5 Estacionamiento 22+950

En este punto se construyó un enrocado al costado derecho de la carretera (sentido San José – Caldera). Superficialmente se observan rocas de muy diversos tamaños cubiertas parcialmente por una capa delgada de concreto. En la parte superior se localiza una cuneta cuya cimentación está expuesta debido al deterioro y la erosión del material que la soporta.

Es necesario vigilar de forma periódica el comportamiento del enrocado, especialmente ante el lavado de materiales finos que socave la parte posterior y pueda afectar la estabilidad del mismo.



Figura 32 Enrocado kilómetro 22+930, lado derecho

5.6 Estacionamiento 27+400

Presenta un talud al lado derecho con una altura de unos 8 m aproximadamente y menos de 2 m de distancia con la carretera. Los materiales en este sitio corresponden con una brecha volcánica con bloques de tamaño métrico en una matriz arcillosa en la parte inferior (20 % de bloques subredondeados y 80 % de arcillas). Los estratos limo-arcillosos son los más susceptibles a la erosión y se están socavando. De continuar este proceso en la zona intermedia eventualmente se podrían presentar deslizamientos en los estratos superiores.

Por la condición que presenta este punto, es recomendado intervenir el talud y considerar el uso de técnicas que brinden protección superficial y/o movimiento de tierras antes del inicio de la estación lluviosa.



Figura 33 Estratos erosionados en el talud del punto N°6

5.7 Estacionamiento 30+000

Talud de corte en el lado derecho tiene una altura de aproximadamente 7 m, aproximadamente a 2 m de la carretera. Expuesto a agentes erosivos. El estrato limo arcilloso de la parte media y superior está siendo deteriorado superficialmente. Debido a estas condiciones se han presentado pequeños deslizamientos en varios puntos, por lo que es necesario intervenir el talud para brindar la estabilidad necesaria.

Por la condición que presenta este punto, es necesario intervenir el talud y considerar el uso de técnicas que brinden protección superficial y/o movimiento de tierras antes del inicio de la estación lluviosa.



Figura 34 Talud en 30+000 con deterioro en la zona intermedia.

5.8 Estacionamiento 34+600

Muro mecánicamente estabilizado en la intersección hacia Balsa, salida a Ruta No.720. La fachada no tiene una protección adecuada, lo que provoca pérdida de finos por acción de la lluvia y el viento.

Se recomienda considerar una protección para la fachada del muro para evitar que continúe la pérdida de suelo fino y que eventualmente se presenten asentamientos. Dar prioridad para prevenir mayor deterioro antes del inicio de las lluvias.



Figura 35 Muro mecánicamente estabilizado en la intersección hacia Balsa



Figura 36 Detalle de la fachada del muro, se observa pérdida de materiales finos.

5.9 Estacionamiento 36+400

Talud de corte al lado derecho. Altura importante. El material original en este sitio corresponde con una brecha, con bloques de tamaño centimétrico hasta métrico envueltos en una matriz arcillosa. Este talud, se intervino con movimiento de tierras y drenajes horizontales. Continúa expuesto a agentes erosivos. La siembra de pasto realizada no ha sido suficiente para disminuir de manera efectiva el lavado de suelos finos. Varios tramos de cuneta presentan sedimentación. En el mes de noviembre del 2013 se observó una grieta y un desplazamiento del talud, tal como se aprecia en la figura 37 y 38. Este movimiento ha desplazado la cuneta, provocando que en este tramo haya perdido su capacidad de conducir el agua de manera efectiva. Es necesario considerar la implementación de un sistema de control de erosión efectivo, que logre brindar protección superficial al talud, se debe evitar mayor deterioro en el periodo de lluvias. Se recomienda realizar nuevos estudios que permitan establecer los factores de seguridad contra la falla por deslizamiento en la zona indicada del talud, así como las medidas requeridas para evitar que la falla continúe y afecte una porción mayor del talud.



Figura 37 Vista aérea del talud en PK 36+400. Se indica la zona y la dirección del deslizamiento observado.



Figura 38 Detalle del desplazamiento de la cuneta producto del movimiento del talud.

5.10 Estacionamiento 37+500.

El material original de este talud corresponde con lavas masivas con diferentes grados de alteración. En este talud de corte se instaló un manto que combina una malla metálica con un manto sintético flexible. Este material ha prevenido la caída de rocas en la carretera, sin embargo actualmente presenta un deterioro importante en la zona media del talud. En esta zona tanto la malla como el manto están desgarrados y el resto de la cubierta se mantiene en su sitio principalmente por las costuras en los traslapes. La pérdida de esta protección y a esta altura puede provocar la caída de rocas en la carretera, con el peligro que esto conlleva para los usuarios.

Es necesario realizar una revisión de manera integral con el fin de valorar las obras necesarias para eliminar el riesgo de caída de material a la carretera.

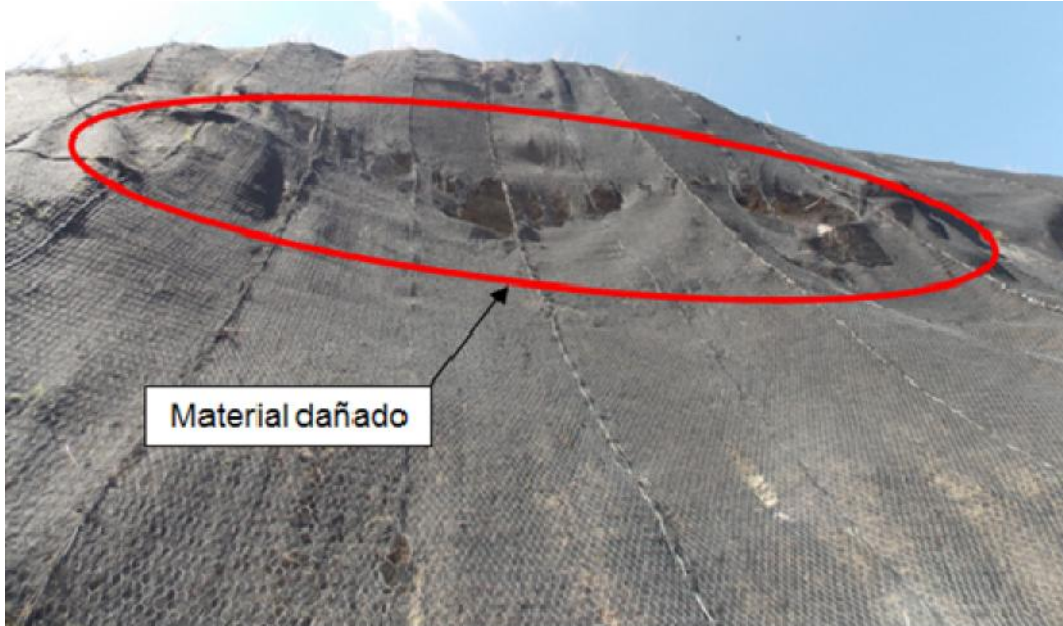


Figura 39 Talud con cubierta de protección dañada en el estacionamiento 37+500



Figura 40 Detalle del deterioro en la cubierta de protección, zona media del talud.

5.11 Estacionamiento 38+700

Taludes de corte a ambos lados. El material original que aflora en este talud corresponde con una brecha volcánica muy alterada por flujos hidrotermales. El talud de más de 20 metros de altura está recubierto con concreto lanzado, el cual presenta fuerte coloración rojiza (óxidos de hierro) y morados (óxidos de manganeso). Estos colores son provenientes de minerales lixiviados por fluidos en el talud original. La misma coloración se observa en las cunetas. La consistencia del concreto lanzado en varias partes del talud es muy mala y se desborona fácilmente.



Figura 41 Taludes 38+700. Izquierda: Talud de corte LI. Derecha: Talud lado derecho.

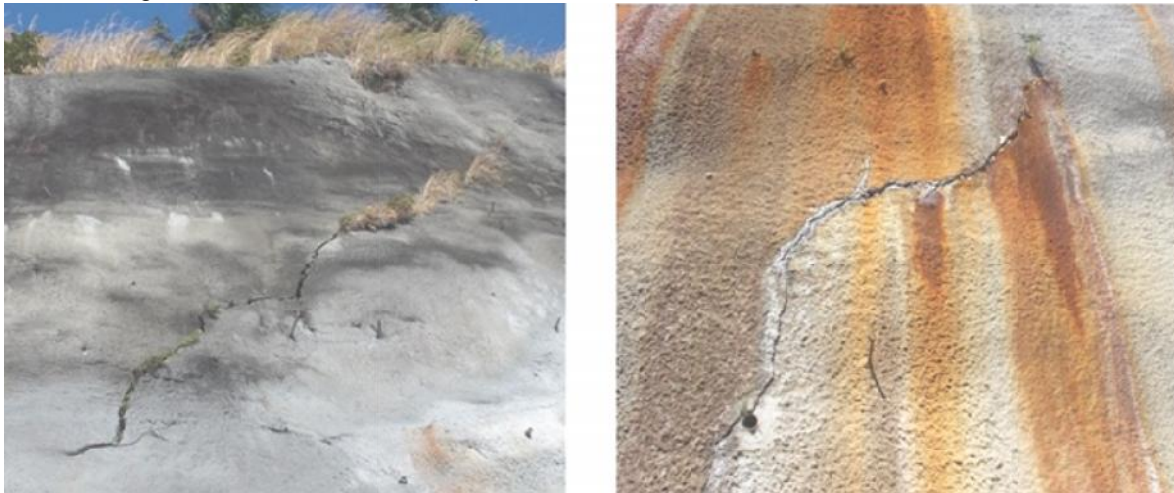


Figura 42 Talud lado derecho, detalle de grietas en el concreto lanzado. Dimensiones 1 - 3 m.



Figura 43 Toma de muestra de agua de drenaje de talud alterado y detalle de grietas en el talud.

En el lado derecho el concreto está muy deteriorado por el hidrotermalismo, presenta grietas importantes. En el lado izquierdo continúa el deterioro por acidez del suelo y el efecto de los agentes erosivos. Una zona de este talud fue intervenido meses atrás para remover una sección del concreto deteriorado. El mismo deterioro y agrietamiento se presenta en gran parte del talud, el cual continúa sin ser intervenido.

Para el talud del lado derecho, es necesario evaluar opciones para intervenirlo de manera urgente por la amenaza de desprendimiento del concreto. Para el lado izquierdo podría considerarse la intervención mediante protección superficial y/o movimiento de tierras.

Debe darse prioridad a los trabajos antes del inicio de las lluvias para evitar mayor deterioro y prevenir lesiones a los usuarios de la vía. En caso de que se realicen mediciones de pH de las aguas, se recomienda hacerlas en el campo y laboratorio, para comparar los resultados.

5.12 Estacionamiento 40+700

Este relleno de hasta 30 m de altura presentó deformaciones en el año 2010. Posteriormente estudios del año 2012 consideraron que para esa fecha el relleno es estable. En la gira realizada en noviembre del 2013 no se encontraron evidencias de grietas, hundimientos o asentamientos observables a simple vista.

Se recomienda realizar inspecciones periódicas en las laderas del relleno y en la alcantarilla de la quebrada, con el fin de monitorear la condición superficial y además prevenir un deterioro de la alcantarilla que pueda afectar el relleno o la carretera



Figura 44 Relleno quebrada Lapas. LI en el sentido SJ – Caldera.



Figura 45 Relleno quebrada Lapas. LD en el sentido SJ – Caldera.

5.13 Estacionamiento 40+800

En este punto se tienen taludes de corte a ambos lados, los cuales fueron recubiertos con concreto. Los taludes aparentan estar en una condición estable, no se observan deterioros superficiales significativos, ni deslizamientos o agrietamientos.

Se recomienda realizar inspecciones periódicas para monitorear el comportamiento de estos taludes, haciendo énfasis en la detección de deterioros superficiales, grietas en la corona del talud o deslizamientos que puedan indicar una condición inestable.



Figura 46 Estratos erosionados en el talud del punto N°6

5.14 Estacionamiento 44+500

Las rocas originales en este punto corresponden con brechas monolíticas, constituidas por 35-40 % de bloques de lava grises, subangulares a subredondeadas, desde 4 cm hasta 2 m de diámetro, con gradación inversa tosca, en una matriz vítreo-cristalina con colores amarillentos y blancuzcos. Con base en las características de los materiales que conforman este talud, podría existir una susceptibilidad litológica alta que influiría directamente en la generación de deslizamientos en caso de lluvias extremas y sismos de magnitud importante.

Al lado izquierdo en el sentido San José – Caldera se localiza el talud de relleno. En los años 2010 y 2011 presentó deformaciones y desplazamientos. El nivel freático afecta el comportamiento mecánico del relleno (Informe 406B-12 INSUMA). Se realizó movimiento de tierras, construcción de cunetas de concreto y perforaciones para drenajes sub-horizontales. Está expuesto a los agentes erosivos.

Se recomienda monitorear constantemente el nivel freático, ya que este afecta significativamente el comportamiento mecánico y los asentamientos del relleno. Vigilar el comportamiento de los drenajes sub-horizontales durante la estación lluviosa, con el fin de determinar si están realmente funcionando en el alivio de la presión de poros del relleno.

Se recomienda considerar la implementación de un sistema de control de erosión para prevenir el deterioro superficial por acción de la lluvia.



Figura 47 Vista aérea del talud en el kilómetro 44+500.

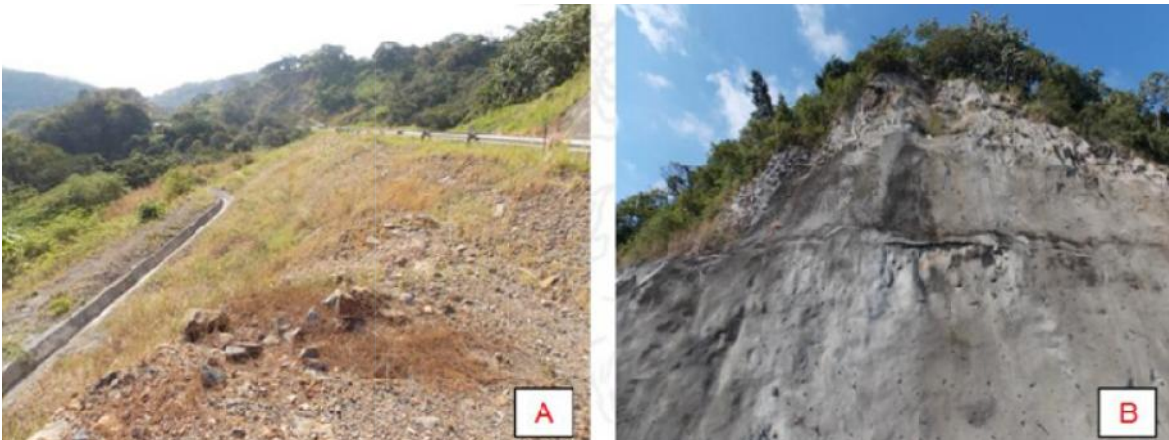


Figura 48 A) Vista parcial del relleno al lado izquierdo. B) Talud de corte al lado derecho del PK 44+500.

5.15 Estacionamiento 45+300

Se trata de un talud de corte. En este sitio la roca original corresponde con lavas fuertemente alteradas por procesos de hidrotermalismo. Tanto en el material original como en el concreto lanzado que se ha utilizado para contener el talud, se observan zonas manchadas por óxidos de hierro y manganeso. También se observó en varios puntos que el concreto perdió todas sus propiedades físicas y ahora se desgrana fácilmente. Las mallas de acero utilizadas presentan oxidación. En el lado izquierdo hacia Caldera, presenta el mayor deterioro, con problemas de deslizamientos y erosión. Además de desprendimiento de concreto en varios sectores.

Se recomienda realizar un estudio específico para este punto que permita determinar la necesidad de realizar una intervención que logre prevenir la caída de materiales en la vía y disminuir también el deterioro superficial



Figura 49 Talud de corte lado izquierdo. En la figura de la derecha se aprecia el deterioro que ha sufrido en varios puntos el concreto y el acero colocados en este talud.

5.16 Estacionamiento 46+000

En este punto se construyó un enrocado con piedras de muy diversos tamaños. El enrocado no sigue un patrón uniforme de colocación. Se observa crecimiento de vegetación entre las rocas en varias zonas del talud, sin que esto se considere un problema para la estabilidad del enrocado. No se encontró evidencia de movimiento de masas o zonas sin protección.

Se recomienda realizar inspecciones periódicas que permitan identificar movimientos en el enrocado que alerten de un acomodo o desprendimiento que comprometa la seguridad de los usuarios de la vía. Se recomienda no permitir el crecimiento de árboles sobre el enrocado. Durante la estación lluviosa mantener vigilancia sobre el comportamiento de los drenajes, con el fin de determinar si trabajan en el alivio de las presiones hidrostáticas dentro del talud.



Figura 50 Vista parcial del enrocado construido en el 46+000.

5.17 Estacionamiento 46+300

El talud localizado en este punto fue intervenido mediante la colocación de concreto para la protección superficial. No se observan deterioros en el concreto, fracturas o pérdida de soporte que evidencien algún tipo de falla que comprometa la estabilidad del talud.

Se recomienda inspeccionar periódicamente la condición del concreto, dando énfasis a la identificación temprana de deterioros, grietas o pérdida de finos que alerten sobre una falla en la obra que comprometa su estabilidad o la estabilidad de la carretera.



Figura 51 Vista del talud de corte al lado izquierdo del PK 46+300.

5.18 Estacionamiento 47+300

En este punto se han realizado diversos trabajos para lograr estabilizar los estratos arcillosos de gran espesor. En la base del talud se colocó un enrocado que sigue un patrón ordenado, con rocas de lava seleccionadas de tamaños métricos aproximadamente uniformes. Este enrocado no ha presentado desplazamientos o caída de rocas hacia la carretera, se observa crecimiento de vegetación entre las rocas, lo cual es de esperar y no representa un peligro para la estabilidad de la obra. En la zona intermedia y alta del talud se instaló un sistema de control de erosión con mantos temporales y permanentes, en combinación con pasto y leguminosas que han favorecido la re vegetación del talud y han disminuido significativamente la pérdida de suelos finos.

El talud que ha sido intervenido estaba originalmente conformado por suelos y arcillas alteradas hidrotermalmente, no se logró observar la roca original antes de que fuera afectada hidrotermalmente en este sitio. Se construyeron drenajes para desviar el agua hacia los lados del talud. En uno de estos drenajes se tomó otra muestra de agua para hacer una medición del pH en el laboratorio, tal como se muestra en la Figura 53.

El análisis en el laboratorio de la muestra de agua dio como resultado un valor de pH de 3.36. UpH. Este valor indica que el agua analizada era de carácter ácido. Agua con esta acidez es capaz de alterar las propiedades originales del concreto, hasta disolverlo. Se observaron cunetas con capas de color rojizo típicas de óxidos de hierro arrastrados y depositadas por el agua. Al igual que en el punto 11, es probable que la muestra tomada haya cambiado sus condiciones del campo al laboratorio, por lo que en los siguientes visitas al sitio se tomaran las mediciones de pH directamente en el campo.



Figura 52 Vistas del talud derecho estacionamiento 47+300. Se aprecia el enrocado, los mantos para control de erosión y el viaducto del tren en la parte superior.



Figura 53 Sitio donde se tomó una muestra de agua en uno de los drenajes para análisis en el laboratorio de contenido de pH. El resultado de esta muestra fue de 3.36 UpH

5.19 Estacionamiento 47+800

Talud de corte lado derecho: En este punto han ocurrido diversos deslizamientos, por lo que el talud ha sido intervenido con movimiento de tierras, drenajes superficiales y siembra de pasto vetiver. Al recorrer la parte alta se observan indicadores de una condición activa del deslizamiento. La siembra realizada no ha logrado disminuir de manera efectiva el lavado de materiales finos.

Relleno lado izquierdo: En este sitio se han depositado materiales que se encuentran en una condición muy suelta y sin protección superficial contra el lavado por el agua de escorrentía. Posible afectación por depósito de sedimentos del río Grande de Tárcoles, el cual se localiza a aproximadamente 300m del pie del relleno.

Se recomienda:

Talud de corte lado derecho: realizar un estudio de estabilidad para verificar la condición del talud y la necesidad de intervenir con movimiento de tierras y/o obras de estabilización o protección.

Relleno lado izquierdo: considerar una intervención para evitar el lavado de materiales hacia el cauce principal del río Grande de Tárcoles, dar prioridad por cercanía del inicio de la estación lluviosa.



Figura 54 Vistas de los taludes de corte y relleno afectados por la alteración hidrotermal en el estacionamiento 47+800.

5.20 Estacionamiento 48+000

Aquí se observa un sitio que está afectado fuertemente por alteración hidrotermal. Existe un fuerte olor sulfurado (H_2S), con rocas de colores café, anaranjados y grises con tonos azulados. La roca original aún se puede reconocer y corresponde con lavas algo basculadas y quizás rocas piroclásticas.

En este punto existen fallas y fracturas con rumbo predominante $N15^\circ - 25^\circ E$, y unas pocas con rumbo $N55^\circ E$. Se han encontrado masas de minerales amarillentos-verdosos y blanquecinos que, posiblemente, corresponden a melanterita ($Fe[SO_4] \cdot 7H_2O$), de color verde pálido con matices blanquecinos, que se vuelven amarillentos por alteración. Se forman a partir de aguas sulfatadas muy saturadas y en un ambiente enriquecido de oxígeno, en yacimientos piritíferos alterados, donde la marcasita (también FeS_2) se suele disgregar con más facilidad que la pirita, con la consecuente formación de sulfatos ferrosos y ácido sulfúrico, formando melanterita. Las características antes mencionadas generan una afectación negativa en los taludes originales y los intervenidos que se detallarán más adelante.

Según Porras et al. 2012, esta zona pudo haber sido parte de un acuífero geotermal fósil en ebullición o de fase de vapor, donde las fracturas posiblemente fueron utilizadas en el pasado como conductos preferenciales (chimeneas) para el transporte de fluidos ácido-sulfatados, en donde la transformación de H_2S en H_2SO_4 y quizás la presencia de HCl causó lixiviación ácida y alteración argilítica, lo que se produce generalmente entre 100 y 300° C, dando como resultado una roca con carácter poroso y un residuo silíceo.

La generación de estos minerales de alteración hidrotermal y el escurrimiento de aguas con pH entre 3-4 como el medido en el punto 19, tiene varios efectos y cambios físicos en los suelos, vegetación así como obras construidas en varios taludes de la Ruta No. 27.

Entre los principales efectos en los suelos y vegetación, están que se destruye la capa orgánica existente y además, la degradación y acidificación de los suelos no permite la generación de nueva cobertura vegetal, facilitando la erosión y extensión de las zonas afectadas. En otros sitios de Costa Rica donde ocurre el mismo fenómeno, el pasto tipo *decumbens* sembrado a mano, ha resultado una solución muy buena para revegetar taludes con suelos ácidos y controlar los procesos de erosión.

Entre los efectos y cambios físicos observados en el concreto lanzado y cunetas se puede mencionar que primero se genera un pátina (capa delgada), de óxidos de hierro y manganeso, posteriormente se observa como por los poros de estos materiales, el agua ácida se infiltra en las estructuras y ahí es probable que se que generen reacciones químicas entre los minerales sulfurosos disueltos en el agua con los componentes y minerales calcáreos del cemento, cambiando las propiedades físicas del concreto y generando arcillas de poca consistencia y menor dureza que el concreto original.

Los taludes a ambos lados de la carretera, han sido intervenidos con movimiento de suelos y drenajes superficiales. Continúan expuestos a agentes erosivos. Es de esperar mayor deterioro en la estación lluviosa. Aunque se pueden dar fenómenos de agrietamiento y profundización de cárcavas en la estación seca.

Se recomienda realizar estudio para valorar una intervención que prevenga la caída de materiales en la vía y disminuir también el deterioro superficial. Para todas las soluciones que se planteen tomar en cuenta los efectos de la alteración hidrotermal del sitio.



Figura 55 Alteración hidrotermal en los taludes de corte derecho e izquierdo del estacionamiento 48+000

5.21 Estacionamiento 48+100

Relleno lado izquierdo. En este sitio se ha depositado gran cantidad de material en una condición muy suelta y sin protección superficial contra el lavado por acción del agua de escorrentía. Posible afectación por depósito de sedimentos en Quebrada Salitral, localizada a aproximadamente 50m del pie del relleno. Es de esperar mayor deterioro en la estación lluviosa.

Se recomienda considerar obras para evitar el lavado de materiales hacia el cauce principal de la Quebrada Salitral, dar prioridad por cercanía del inicio de la estación lluviosa.



Figura 56 Estacionamiento 48+100. Izquierda: Vista aérea del relleno. Derecha: Se aprecian las cárcavas producto del lavado del suelo depositado en el lugar.

5.22 Estacionamiento 48+400

Durante el 2010 y el 2011 se presentó caída de bloques hacia la carretera, por lo que el talud fue intervenido mediante la remoción de material en la parte media y superior.

Los materiales originales que constituyen este talud, corresponden con tres diferentes litologías: Tobas, coluvios e ignimbritas. Las tobas están localizadas en la parte inferior del talud y son medianamente duras y compactas. Por encima de las tobas se encuentra un depósito de coluvios con bloques redondeados, que pueden llegar a tener tamaño decimétrico, estos están envueltos en una matriz arcillosa. Las ignimbritas de tipo columnar están ubicadas por encima de material coluvial y se encuentran muy fracturadas, lo que podría propiciar una permeabilidad muy elevada. Con base a informes anteriores y fotografías de los deslizamientos que ocurren en este punto, el estrato de coluvios y la parte basal de la ignimbrita son la fuente de los materiales que se deslizan y causan afectación en la vía.

Se recomienda verificar si el corte realizado tiene las pendientes y alturas requeridas para garantizar la estabilidad del talud, tomando en cuenta los diferentes materiales que lo conforman. Se recomienda también realizar inspecciones periódicas con el fin de identificar bloques de roca que puedan representar un peligro por desprendimiento.



Figura 57 Vista frontal del talud de corte localizado en el estacionamiento 48+400.

5.23 Radial Atenas. 1.93 km desde la intersección sobre la Ruta Nº 27

El sitio evaluado en esta Radial Atenas se localiza a 1.93 km de la carretera San José – Caldera. Este tramo estuvo cerrado desde junio del 2010 hasta el año 2013 debido al colapso de los taludes.

En la figura 58 se aprecia la condición que presentaba este tramo en el año 2006, cuando aun no se habían realizado obras en los taludes ni en la carretera, sin embargo se puede observar la zona que era utilizada como botadero. En la imagen del 2012, ya se había construido la radial pero los taludes habían colapsado, cubriendo unos 300 metros de la carretera.

El material original que aparece en los taludes, corresponde con rocas y suelos de origen volcánico, muy meteorizadas. En la Figura 60 en la parte inferior del talud al lado derecho se observa un paleo suelo de color rojizo junto con toba gris de muy mala consistencia, ambos son fáciles de erosionar y ya se observan surcos y cárcavas en estos materiales (Figura 61), sobre estos materiales hay una brecha volcánica y lavas muy alteradas. Algunos bloques de lava son de tamaño métrico y presentan meteorización esferoidal.

Se tienen taludes de corte a ambos lados, con bermas intermedias de aproximadamente 2 m de ancho, sin contracunetas para el control del agua superficial.

Tanto los estratos de suelo arcilloso, como las rocas alteradas que predominan en el talud son muy susceptibles a la erosión por acción del agua y el viento. Es de esperar mayor deterioro durante la época lluviosa.

En la Figura 59 se pueden apreciar que en el mes de marzo del 20113 los trabajos de terracedos ya estaban avanzados. Se construyeron 5 bermas en el lado derecho de la carretera y 6 del lado izquierdo. El largo de la zona que fue intervenida es de ~400 m. No se observan contracunetas en las bermas ni obras de drenaje que ayuden al manejo de aguas para que estas no fluyan perpendicularmente a la dirección de las bermas causando erosión y cárcavas.

En ambos costados de la carretera, en un tramo de aproximadamente 200 m, se observaron deterioros importantes en las cunetas laterales y en la superficie del pavimento. Algunos tramos incluso no presentan cuneta, tal como se aprecia en la Figura 62.

Se recomienda verificar si el corte realizado tiene las pendientes y alturas requeridas para garantizar la estabilidad del talud, tomando en cuenta los diferentes materiales que lo conforman. Se recomienda también realizar inspecciones periódicas con el fin de identificar bloques de roca que puedan representar un peligro por desprendimiento.



Figura 58 Imágenes aéreas de la zona afectada en el año 2006 y 2012 en la Radial entre la Ruta No. 27 y Atenas

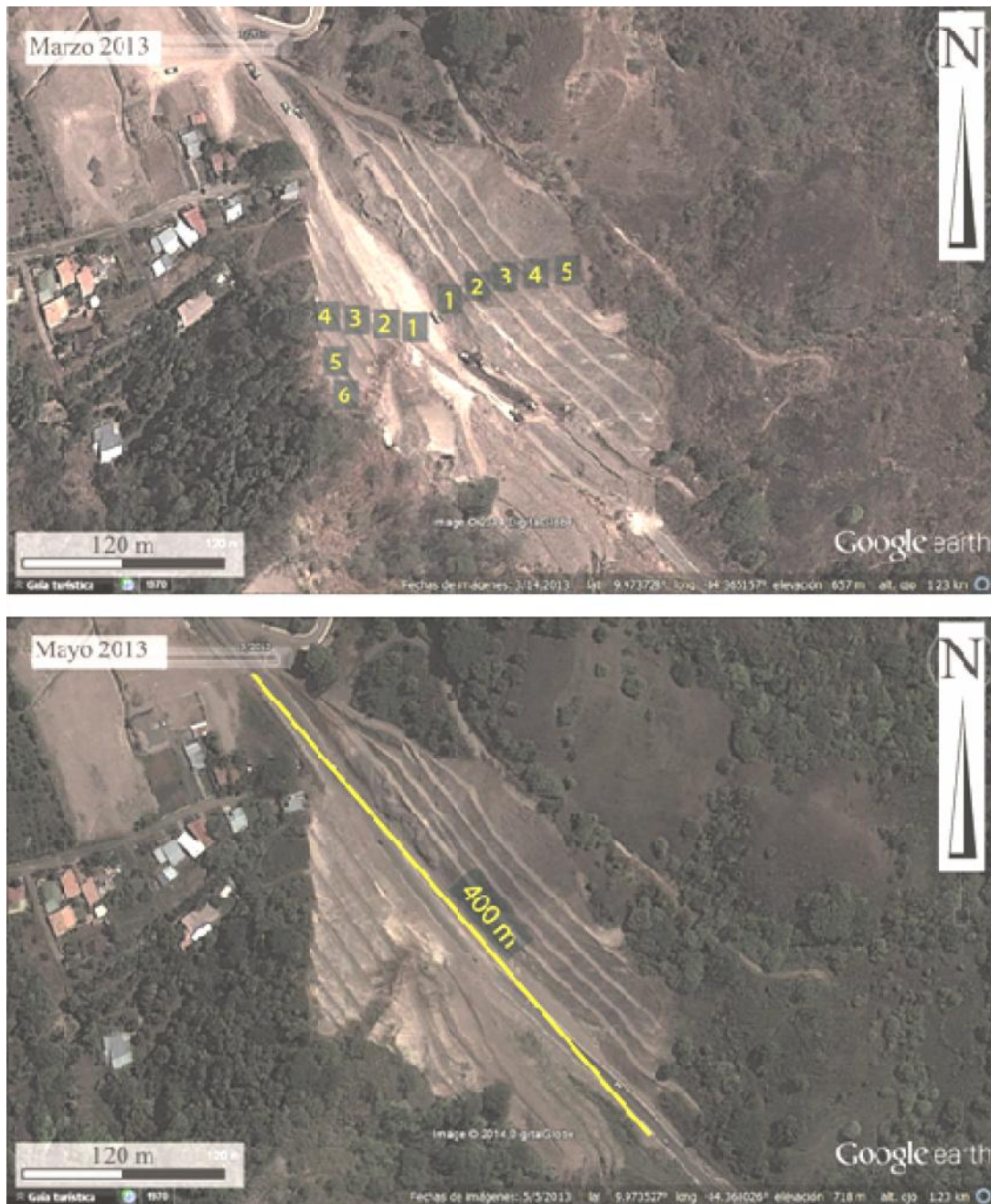


Figura 59 Imágenes aéreas de la zona afectada en Marzo y Mayo del 2013 en la Radial entre la Ruta No. 27 y Atenas



Figura 60 Talud de corte lado derecho en la Radial Atenas.



Figura 61 Cárcavas y deterioro superficial presente en el talud de corte lado izquierdo, Radial Atenas.



Figura 62 A) y B) Ausencia de cuneta en el costado izquierdo de este tramo de la Radial, sentido Ruta 27 – Atenas. C) Cuneta lateral, señalización horizontal y pavimento deteriorados por el paso de maquinaria pesada en el costado derecho de la Radial Atenas.



6. CONCLUSIONES

6.1 Conclusión General

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

El análisis integral del pavimento, en la sección de la troncal principal, debe realizarse tomando en consideración la influencia de una serie de aspectos que afectan, en mayor o menor medida, la calidad general del proyecto. Se debe tomar en consideración la calidad de los materiales utilizados, es decir, el diseño de la mezcla asfáltica, el diseño 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.

Los análisis realizados revelan que el proyecto cuenta en general con una muy buena capacidad estructural y funcional, pero con tendencia normal al deterioro, manifestándose en la pérdida de la capacidad estructural, incrementado a un 8.6% de la longitud total del proyecto que cuenta con una inadecuada capacidad estructural en el 2013, mientras que en el 2012 el proyecto presentaba un 7,2%, en promedio. Es necesario recalcar que es una condición normal que los pavimentos se deterioren con el paso de los años y de vehículos. Por lo tanto, el monitoreo de la condición de la Ruta Nacional 27 como en cualquier otra obra vial, es muy importante para los ingenieros a cargo de ésta, para así determinar de manera oportuna las intervenciones que ayuden a mantener un excelente nivel de servicio de dicha ruta.

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

Con respecto a la resistencia al deslizamiento, en general presenta una tendencia al incremento de niveles de baja a muy baja adherencia, siendo la condición del sentido Caldera – San José la que presenta el mayor porcentaje con niveles bajos de agarre

superficial, lo que la convierte en una ruta de mayor riesgo cuando se presentan condiciones de lluvia. En el sentido San José – Caldera, se está dando una tendencia hacia el aumento de este parámetro, aunque no tan marcada como en el anterior.

En relación a la evaluación hecha a las radiales, 3 de las 4 radiales presentan un estado muy deficiente respecto a la condición estructural, lo que las ubica como candidatas a Rehabilitación Mayor en la mayoría de los tramos analizados. Únicamente la Radial a Escobal como candidata a mantenimiento preventivo.

En términos generales, el proyecto presenta una pérdida de capacidad estructural usual, que se ha mantenido constante en un promedio de 2.65% anualmente, es decir, desde el año 2010 se ha perdido cerca de un 8% de su capacidad estructural, así mismo, se ha detectado un aumento, en relación con el año 2010, de un 11.4% de tramos con irregularidades entre moderadas y altas. Los niveles de deterioro mostrados en el año 2013, tanto en la parte estructural como funcional, aún mantienen al proyecto en una condición aceptable, sin embargo, deben calibrarse los planes de mantenimiento y refuerzo, tomando en consideración la tasa con que ha venido aumentando el deterioro. Resulta notable la falta de mantenimiento en la Radiales a El Coyol, Turrucare y Atenas.

6.2 Conclusiones Específicas

6.2a. Sobre la condición estructural

Los resultados de la deflectometría de impacto revelan un pavimento que mantiene una buena capacidad estructural en la mayor parte del ramal principal del proyecto. Aunque el nivel de deterioro no es significativo, se puede notar con las evaluaciones anteriores un constante incremento en el deterioro de la capacidad estructural del proyecto. En investigaciones realizadas en el LanammeUCR, una pérdida del 6% puede ser normal bajo determinadas condiciones de clima, tránsito y materiales, para la presente evaluación el deterioro se encuentra por encima del 8%, no muy significativo, pero presenta un patrón de incremento lineal de este parámetro.

Se detectó que las radiales requieren una intervención pronta para mejorar su condición estructural, ya que presentan deflexiones entre altas y muy altas, indicando que presenta una estructura débil para soportar las cargas que pasan sobre esta.

6.2b. Sobre la condición funcional

Un 23% de la troncal principal es calificada con valores donde la calidad de manejo es inferior a la de los pavimentos nuevos, y pueden presentar problemas para altas velocidades de tránsito, aumentos en los costos de operación vehicular y disminución de la durabilidad del proyecto al aumentar el número de cargas dinámicas sobre el pavimento. Los defectos superficiales en pavimentos flexibles pueden incluir ahuellamiento, parches y agrietamiento.

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



Las radiales a Turrucares, Atenas y Escobal presentan los valores más altos en su condición funcional, ubicándolos entre 1.9 y 3.6 m/km, condición que requiere atención por parte del concesionario para brindar mantenimiento preventivo.

6.2c. *Sobre la resistencia al deslizamiento como parámetro de seguridad vial*

Los resultados de la evaluación de la resistencia al deslizamiento revelan que hubo un aumento considerable de zonas de peligrosidad media por los bajos coeficientes de rozamiento y hubo una disminución considerable de zonas no deslizantes principalmente en el sentido Caldera - San José, donde en el 2012 se contaba un 9% y en el 2013 bajó a menos de 1. En varios estudios de accidentes a nivel internacional se ha llegado a demostrar que las rutas con pavimento deslizante facilitan la mayor incidencia de accidentes de tráfico. Debido a esto, y en perspectiva dentro de un proyecto con velocidades de circulación superiores a los 90 km/h y en condiciones de humedad superficial, es donde las secciones denominadas como “deslizantes” o “muy deslizantes” toman una ponderación mayor en el aspecto de seguridad vial. Debido al porcentaje alto de zonas con superficies deslizantes, es indispensable que la Administración pida al Concesionario intervenciones prioritarias en las secciones donde los riesgos de derrape de los vehículos son altas y muy altas. Dentro de las alternativas de intervención recomendadas para mitigar los efectos de la microtextura en rutas deslizantes podemos encontrar la colocación de tratamientos de preservación tales como lechadas asfálticas tipo *slurry seals*, o tratamientos como *chip seals*, micropavimentos, *cape seals*, entre otros y la incorporación de restricciones de velocidad mayores en aquellas secciones identificadas como susceptibles de accidentes detectadas en este informe.

La evaluación a las radiales reveló que éstas presentan una condición con baja probabilidad al deslizamiento, lo que a su vez disminuye la posibilidad de que ocurran accidentes por poca fricción entre la llanta y el concreto asfáltico.

6.2d. *Sobre los deterioros superficiales de la mezcla asfáltica*

El proceso de auscultación visual por medio del equipo de cámaras digitales, permite realizar un análisis de los deterioros superficiales encontrados en el proyecto. La presencia de deterioros estructurales se ve incrementado respecto a los años anteriores; sin embargo, los deterioros de tipo funcional como desprendimiento han presentado una disminución considerable.

Otros deterioros que se presentan en la ruta como la exudación y bacheos han disminuido respecto a la evaluación del año 2012. A pesar de que ha presentado un decremento en las áreas afectadas por dichos deterioros, mantienen un impacto inmediato en aspectos relacionados con el confort, costos de operación vehicular para el usuario y la seguridad vial, en el mediano y largo plazo van evolucionando en deterioros de tipo estructural que pueden disminuir la durabilidad del proyecto.

En lo que respecta a las barreras laterales flexibles, se detectaron vigas defectuosas en zonas que presentaban una condición deslizante sobre el pavimento, lo cual pone un



estado de alerta para corregir estas zonas y evitar la ocurrencia de accidentes debido a la falta de agarre superficial.

6.2e. Sobre el estado de las radiales.

Los resultados obtenidos para la condición estructural presentan valores críticos, que indican una estructura con reducida capacidad estructural en las radiales de El Coyol, Turrúcares y Atenas, requiriendo especial atención para aplicar técnicas de rehabilitación. Desde el punto de vista funcional y de agarre superficial, todas las radiales presentan condición buena, lo que garantiza confort y seguridad al usuario.

Al combinar los tres parámetros indicados anteriormente se pueden obtener las notas de calidad Q, las cuales permiten definir estrategias de intervención necesarias, definiendo para las radiales de El Coyol, Turrúcares y Atenas la necesidad de realizar una Rehabilitación Mayor a un corto plazo y para el caso de la radial a Escobal realizar obras de mantenimiento preventivo.

6.2f. Sobre el estado de los taludes y terraplenes adyacentes a la ruta

En las giras realizadas por los funcionarios de la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional, se identificaron varios taludes de la Ruta Nacional No.27 que ameritan intervención por parte del concesionario de la carretera.

Requieren especial atención los tramos que presentan alteración hidrotermal, sobre todo aquellos sectores en los cuales el concreto lanzado sobre los taludes está degradado por esta condición. El potencial desprendimiento del concreto representa un peligro para los usuarios de la vía.

Existen tramos que presentan condiciones de tipo de suelo, altura y pendiente que los hacen muy susceptibles a la erosión por acción de la lluvia. De no tomarse medidas en el corto plazo, el deterioro puede derivar en deslizamientos con el consecuente peligro para los usuarios de la vía.

7. 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:

7.1a. *Sobre la evaluación funcional, estructural, resistencia al deslizamiento y de deterioro superficial del proyecto*

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

7.1b. *Sobre la evaluación de las radiales*

- Realizar una intervención inmediata de las radiales que presentan condiciones estructurales críticas para extender su vida de servicio.
- Implementar un programa de mantenimiento rutinario a la radial que cuenta con una adecuada condición estructural, funcional y de seguridad vial evitando que presente un deterioro prematuro y acelerado.

7.1c. *Sobre el estado de los taludes y terraplenes adyacentes a la ruta*

- Revisión de las condiciones que presentan los taludes y obras de contención indicados en este informe.
- Exigir la realización de estudios técnicos, diseño de soluciones y planes de mantenimiento, para todas las acciones que sean consideradas para el manejo de las condiciones señaladas en este informe.
- Implementación a la mayor brevedad de las acciones correctivas requeridas para prevenir el deterioro de los taludes y salvaguardar la seguridad de los usuarios de la carretera.



8. Bibliografía

- LanammeUCR, *Informe de evaluación de la Ruta Nacional 27*, año 2010, PITRA.
- LanammeUCR, *Informe de evaluación de la Ruta Nacional 27*, año 2011, PITRA.
- LanammeUCR, *Informe de Evaluación del la Red Vial Nacional año 2010*, PITRA.
- LanammeUCR, Informe Proyecto N° UI-PE-03-08, *Variaciones a los rangos de clasificación de la red vial nacional de Costa Rica*, Unidad de Investigación, Año 2008.
- LanammeUCR. (2000). *Metodologías para la evaluación del riesgo asociado con eventos sísmicos*. Memorias de taller: Metodologías de análisis de vulnerabilidad de corredores viales ante sismo y lluvias intensas. San José, Costa Rica: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa Rica.
- Piedra Rodríguez, Jonathan. *Coefficiente de fricción de las carreteras nacionales en Costa Rica*, Proyecto final de graduación, año 2007, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica
- 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.
- 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.
- INSUMA, Ingenieros y Geólogos Consultores, 2012. Estudio Geotécnico Carretera San José Caldera, Rellenos entre las estaciones 44+260 y 44+540.



Anexo I: Resultados obtenidos Deflectómetro de Impacto

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

Deflexión	Estacionamientos
Moderada	01+950 02+250 02+900 03+200 03+500 03+900 09+300 10+250 10+450 10+900 10+950 11+150 13+900 15+100 15+900 17+600 17+650 18+050 18+100 18+400 18+800 19+050 20+000 20+450 22+000 24+450 24+600 26+550 28+050 28+250 28+800 28+900 29+850 29+900 30+850 32+850 34+200 34+750 37+750 46+150 55+150 55+850 61+500 63+400 63+850 63+950 64+250 65+450 67+650 69+300 69+950 70+150 74+100 75+850 76+400
Alta	02+350 03+150 03+450 10+800 11+050 14+100 15+200 15+550 17+700 17+850 18+250 18+350 20+100 20+350 20+650 20+700 20+950 21+201 21+550 21+600 21+700 21+900 22+650 22+900 24+400 25+750 27+400 28+400 28+550 29+550 33+800 33+850 33+900 34+100 36+100 36+300 36+450 36+600 36+800 36+950 37+000 37+050 37+200 41+450 64+050 65+600 70+100 71+250 76+050 76+350
Muy alta	02+005 02+750 03+400 03+550 03+600 03+950 04+000 04+500 10+850 11+000 14+050 15+150 15+600 17+450 18+150 18+200 18+450 18+550 19+800 19+850 20+250 20+300 20+500 20+550 20+800 20+850 20+900 21+250 21+350 21+400 21+500 22+050 22+100 22+250 22+350 22+400 22+750 26+300 26+950 27+350 27+750 29+100 29+600 29+650 34+050 34+150 34+550 34+700 34+800 34+850 36+200 36+250 36+850 36+900 37+150 37+250 43+200 64+000

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

Deflexión	Estacionamientos		
Moderada	15+400 15+650 15+750 15+900 17+150 20+000 22+900 24+200 25+000 25+750 28+900 29+550 29+850 34+150 34+750 35+850 37+100 41+250 41+450 55+750 59+786 60+050 61+750 63+600 63+900 67+800 68+950 69+350 69+700 73+600		
	Alta	02+100 04+150 04+300 12+100 14+050 14+650 14+700 15+000 15+100 15+150 15+200 15+950 17+450 17+750 18+050 18+100 18+200 18+300 18+400 18+500 20+100 20+250 20+400 20+950 21+200 21+350 21+450 21+500 21+600 21+850 24+150 25+650 26+500 27+200 27+700 27+750 27+800 28+150 28+450 28+600 30+550 30+650 31+250 32+250 34+000 34+100 34+695 34+950 35+400 35+900 35+950 36+550 36+700 36+800 37+000 37+200 37+250 37+300 38+000 43+400 55+100 55+850 60+299 60+350 60+700 67+450 67+600 67+650 67+700 71+000 71+050 74+200 75+400 75+550 76+000 76+400	
		Muy alta	02+200 04+200 14+750 14+900 14+950 15+050 17+300 17+400 17+500 17+550 17+600 17+650 17+700 17+900 17+950 18+000 18+150 18+350 18+450 19+700 19+800 19+900 20+050 20+200 20+300 21+050 21+150 21+250 21+300 21+900 21+950 22+250 22+300 22+350 22+400 22+550 22+800 22+850 22+950 26+200 26+550 26+750 27+050 27+250 27+300 27+450 27+500 27+650 27+850 27+900 27+950 28+000 28+050 28+500 28+550 29+050 29+650 30+500 32+600 32+700 34+500 34+800 36+000 36+050 36+100 36+600 36+750 37+150 42+750 67+550

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.

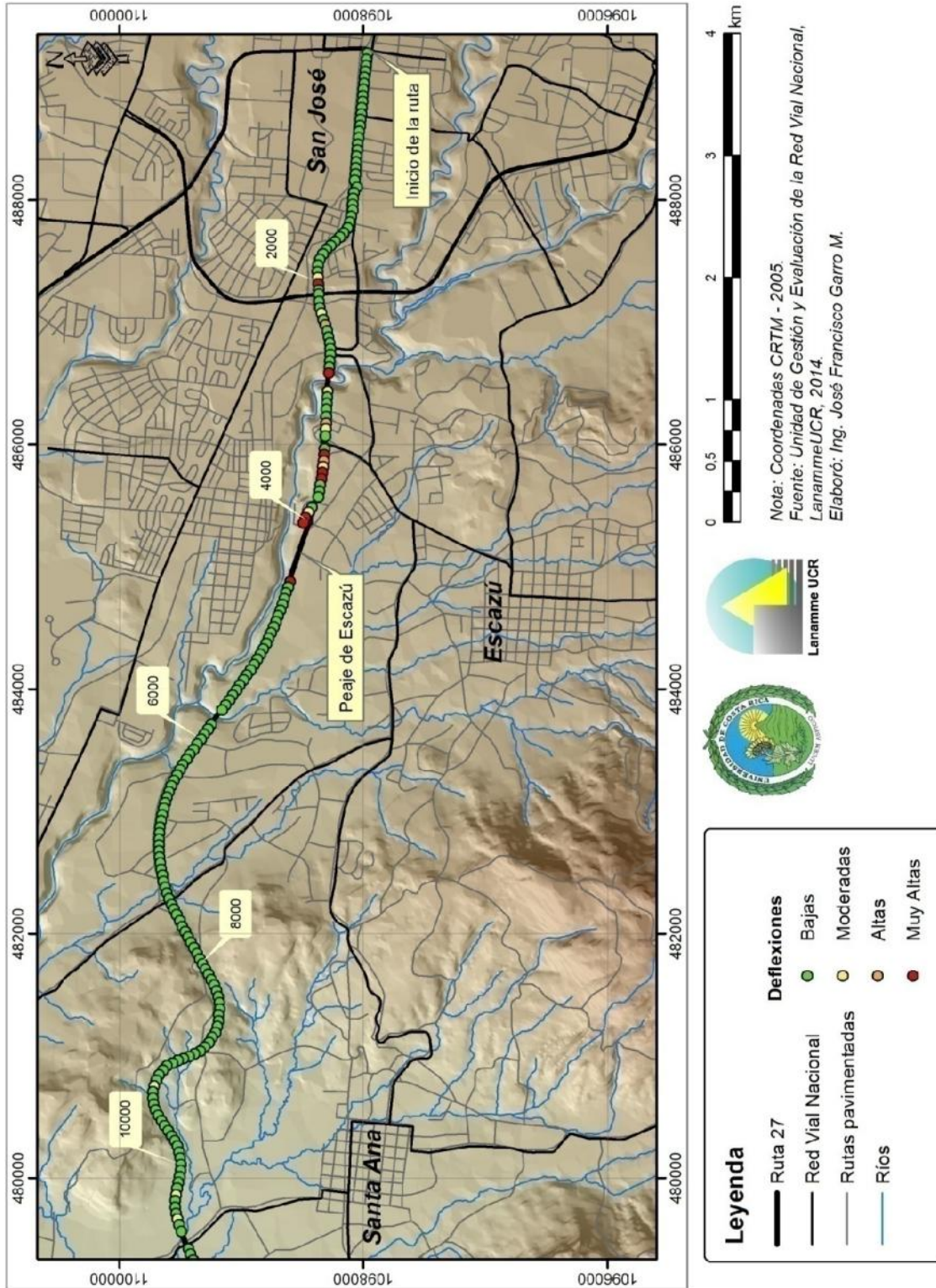


Figura A1 1 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 0+000 - 10+000

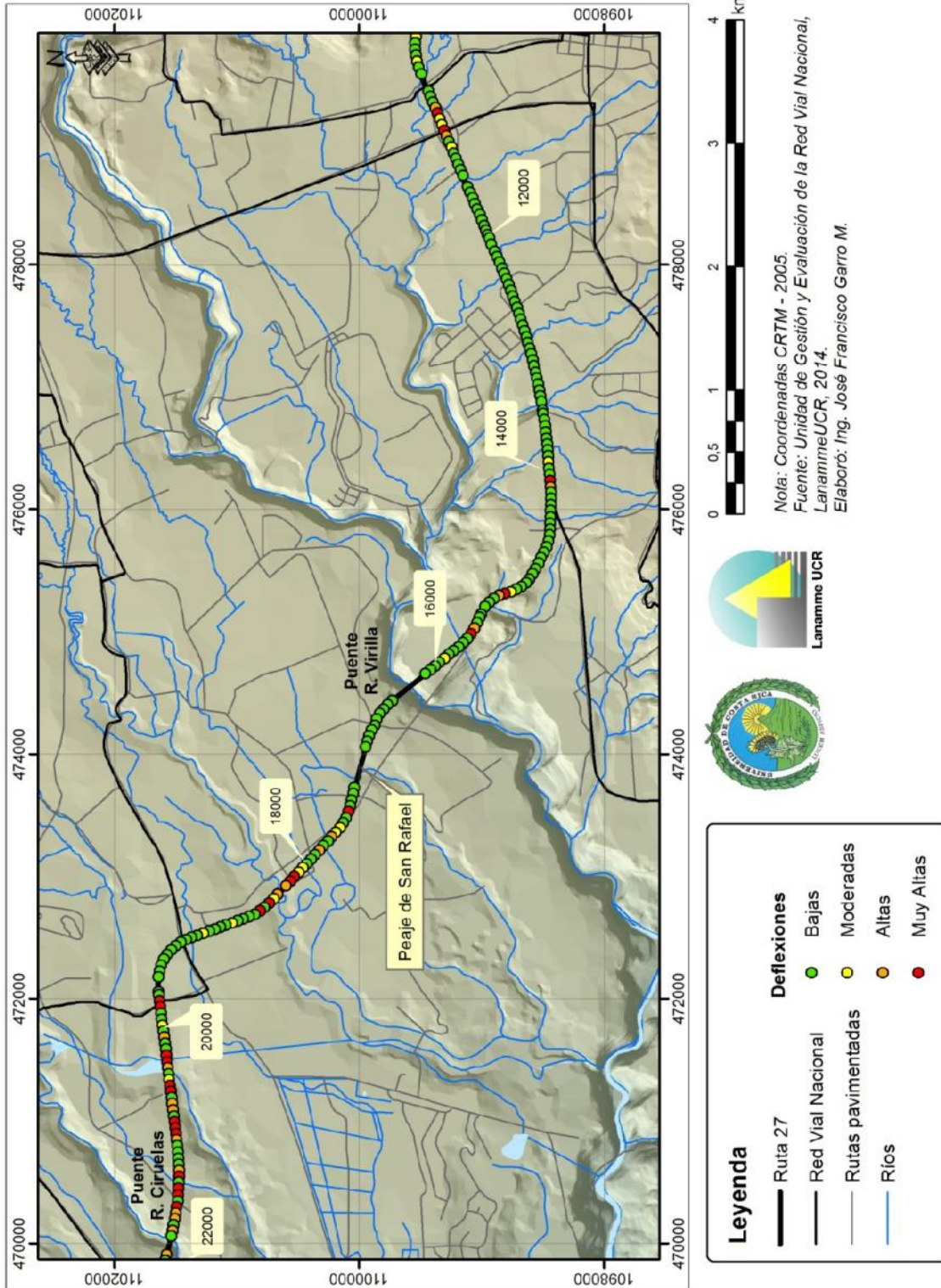


Figura A1 2 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 12+000 - 22+000

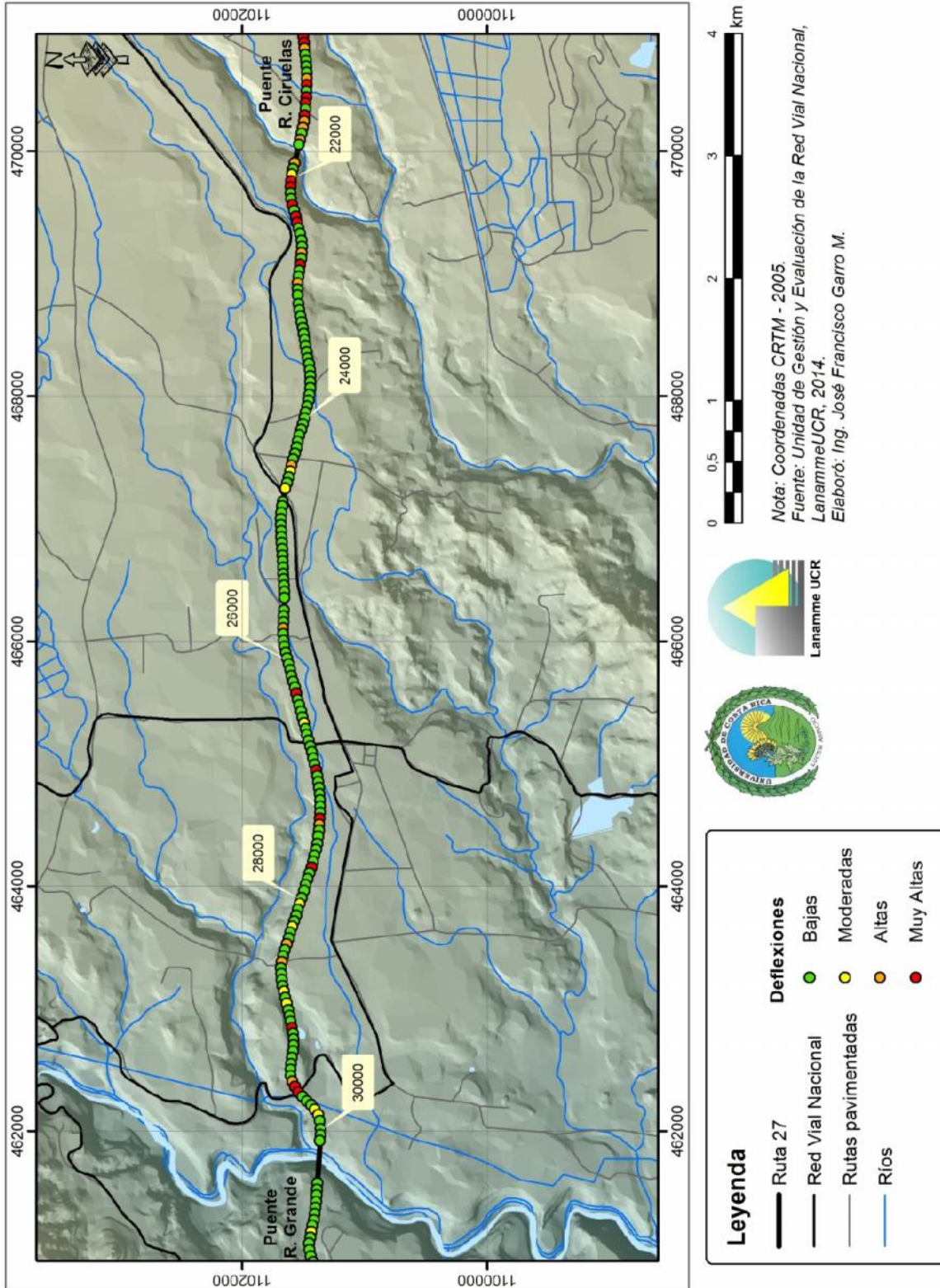


Figura A1 3 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 22+000 - 30+000

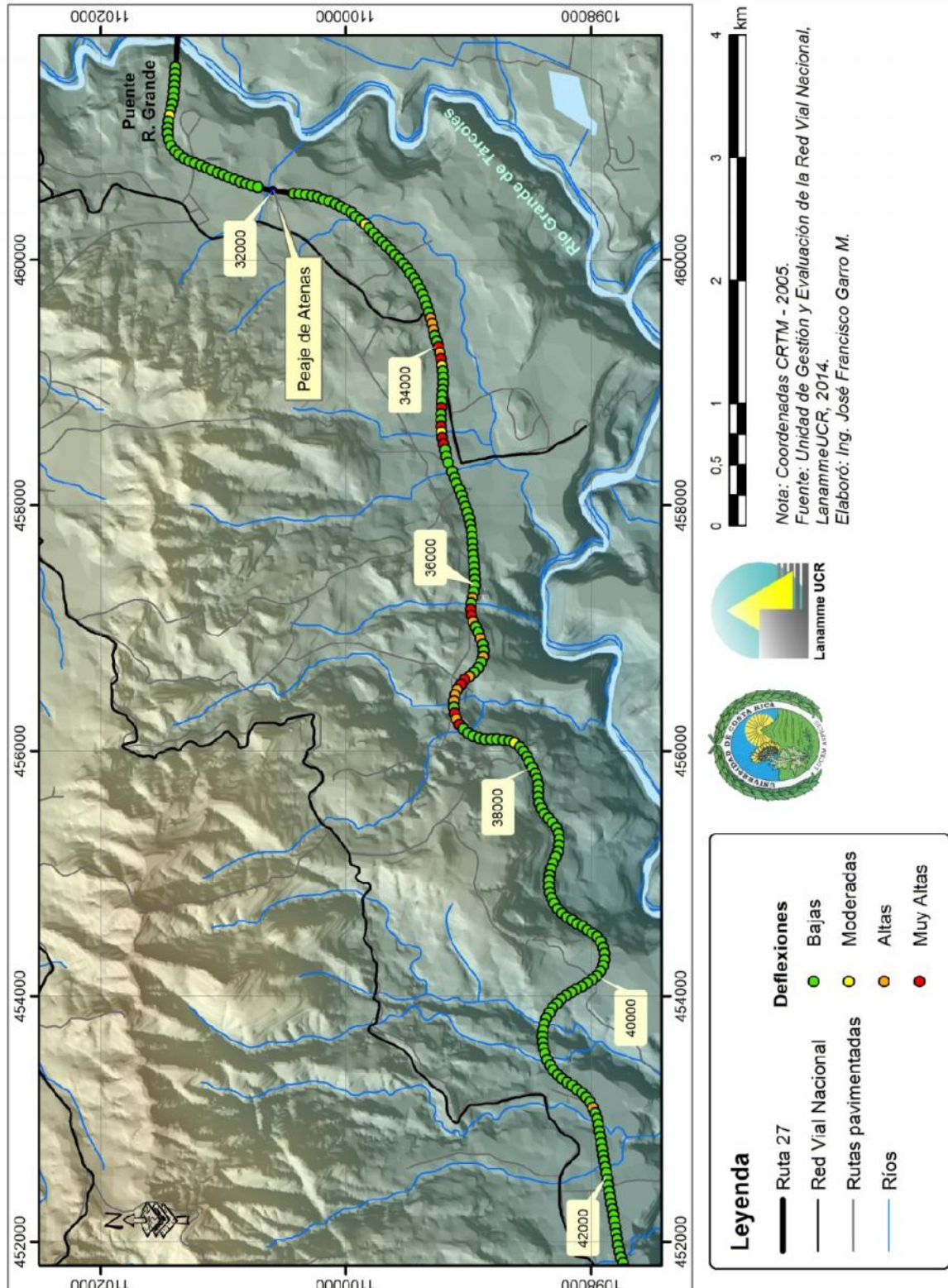


Figura A1 4 : Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 32+000 - 42+000

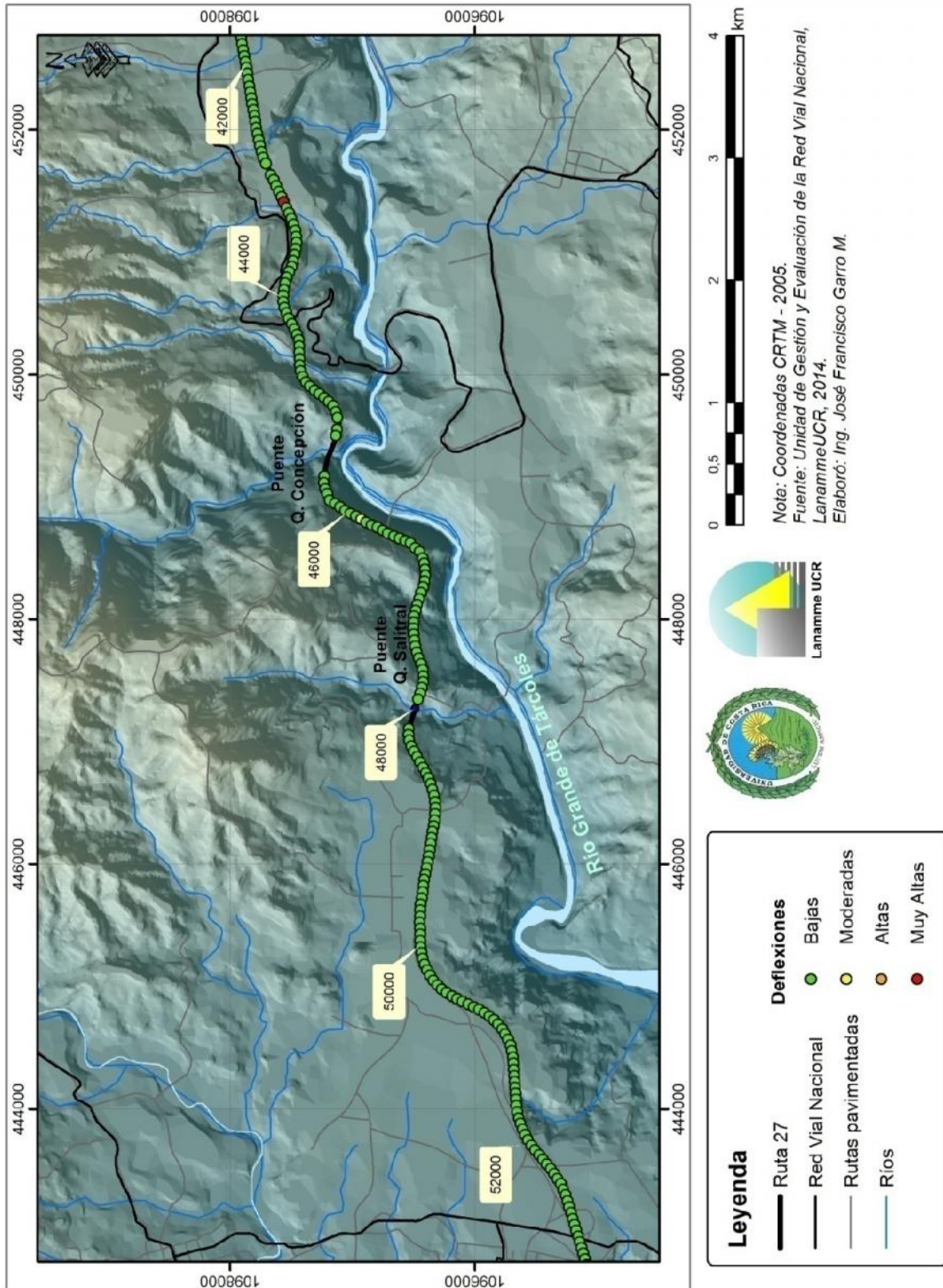


Figura A1 5 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 42+000 - 52+000

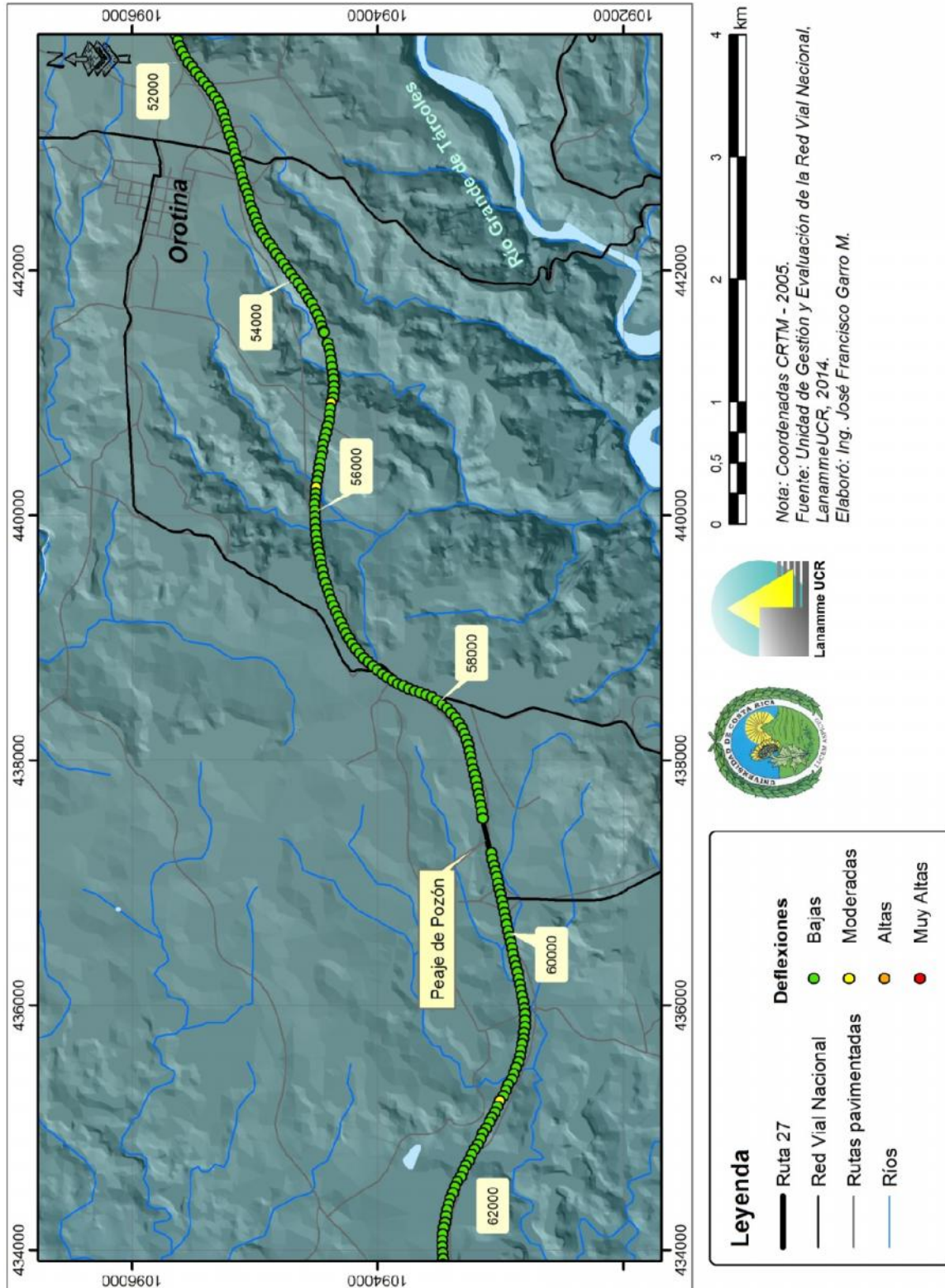


Figura A1 6 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 52+000 - 62+000

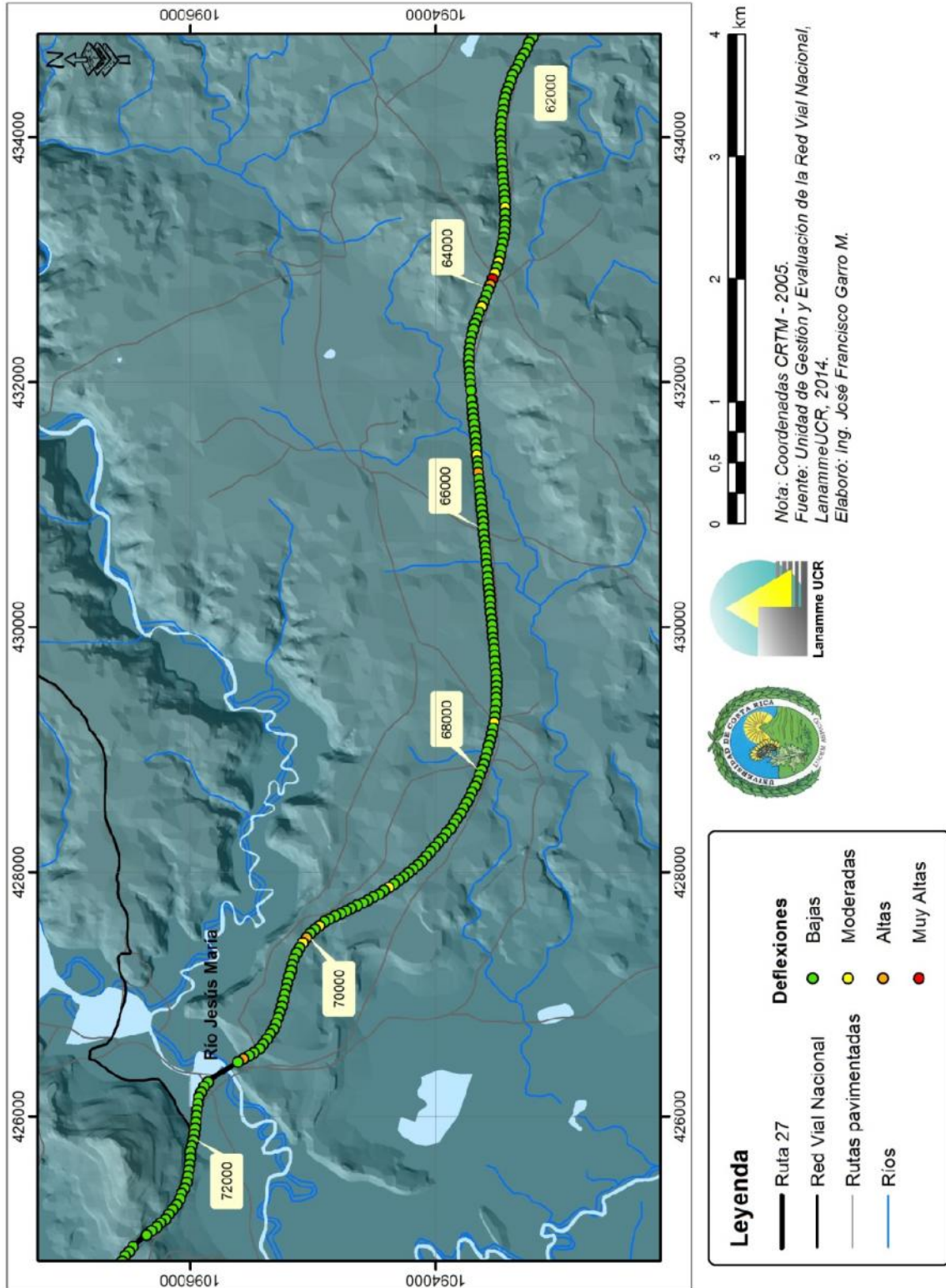


Figura A1 7 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 62+000 - 72+000

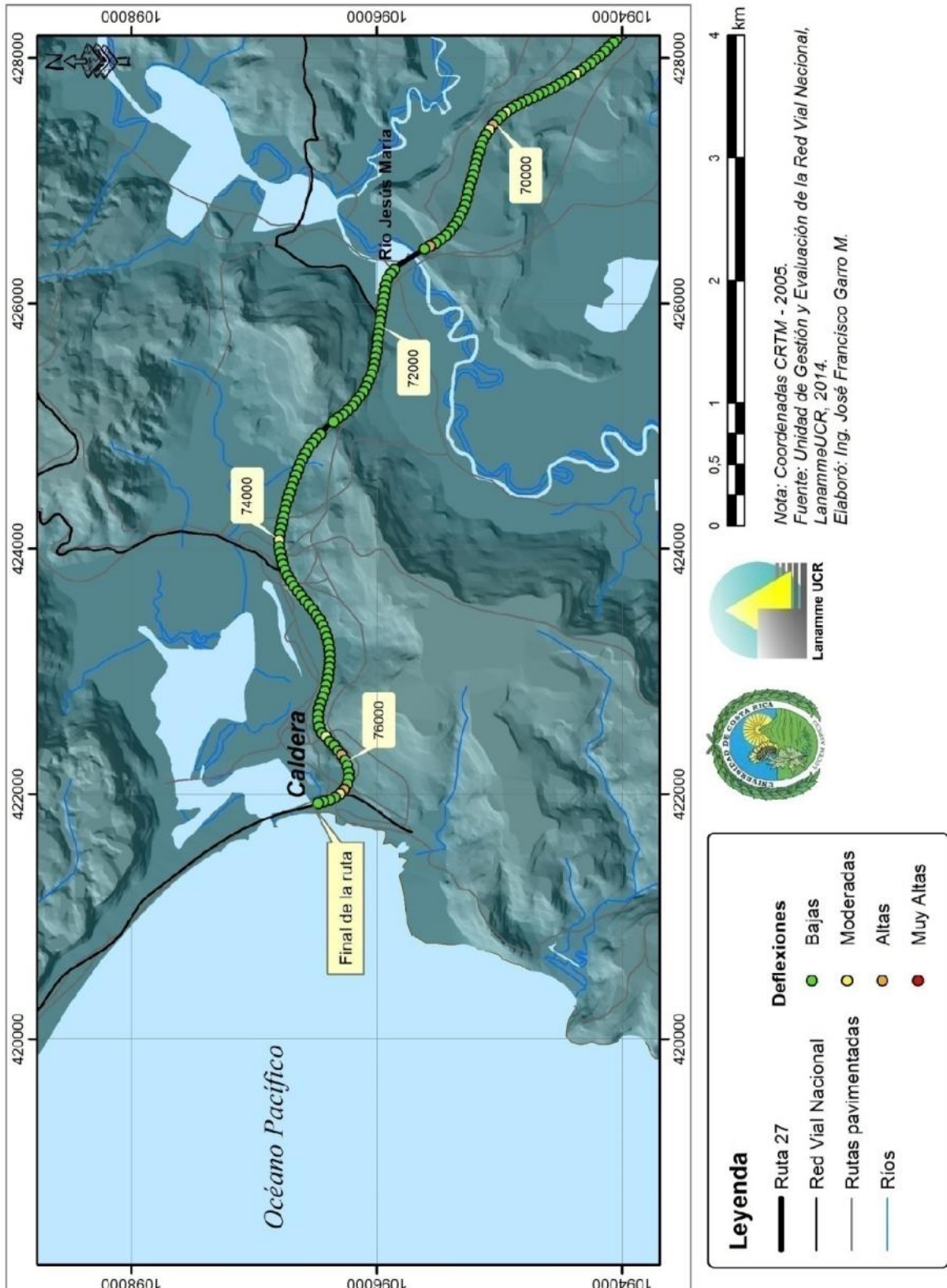


Figura A1 8 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 70+000 - 76+000

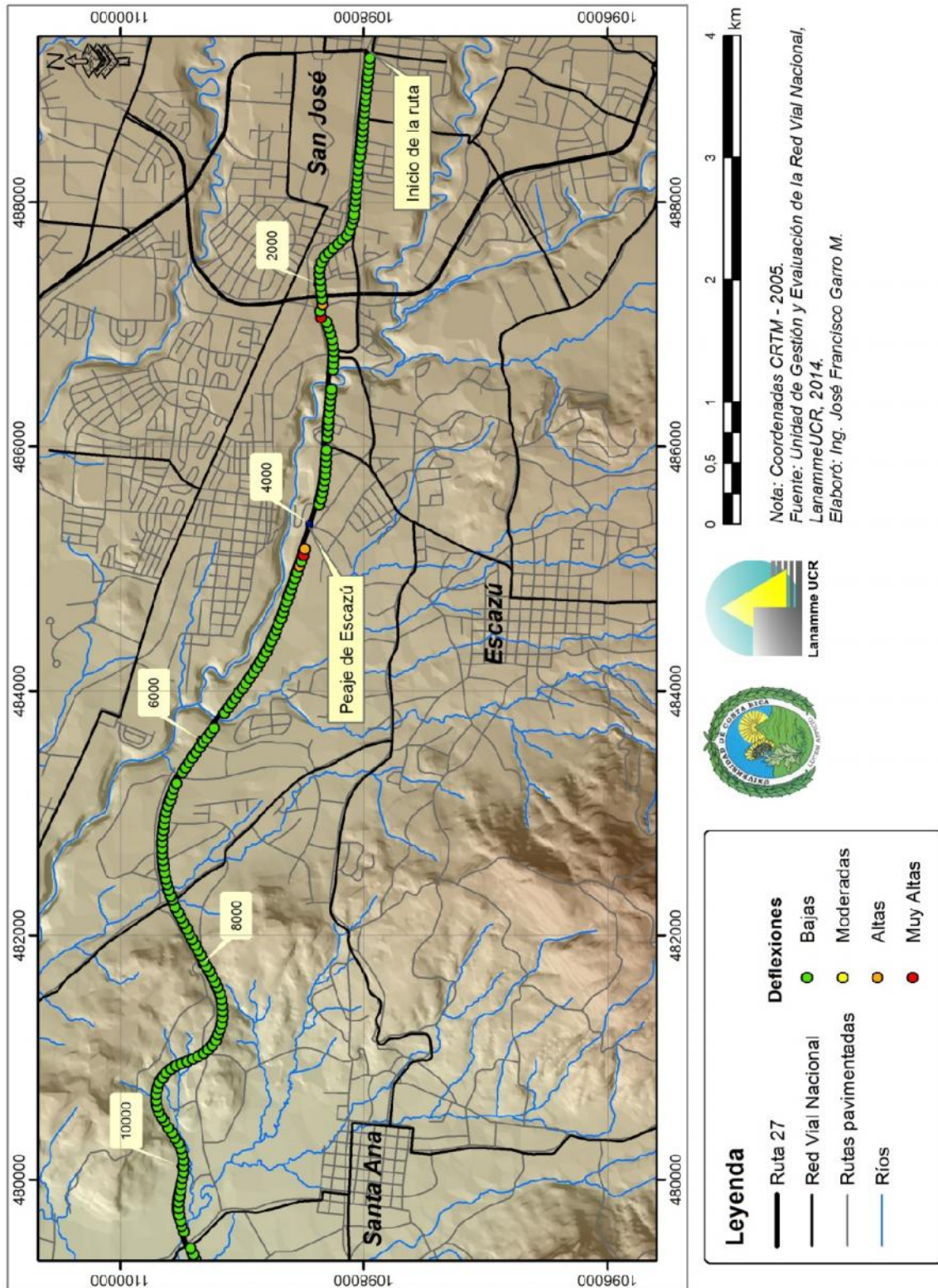


Figura A1 9 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 0+000 - 10+000

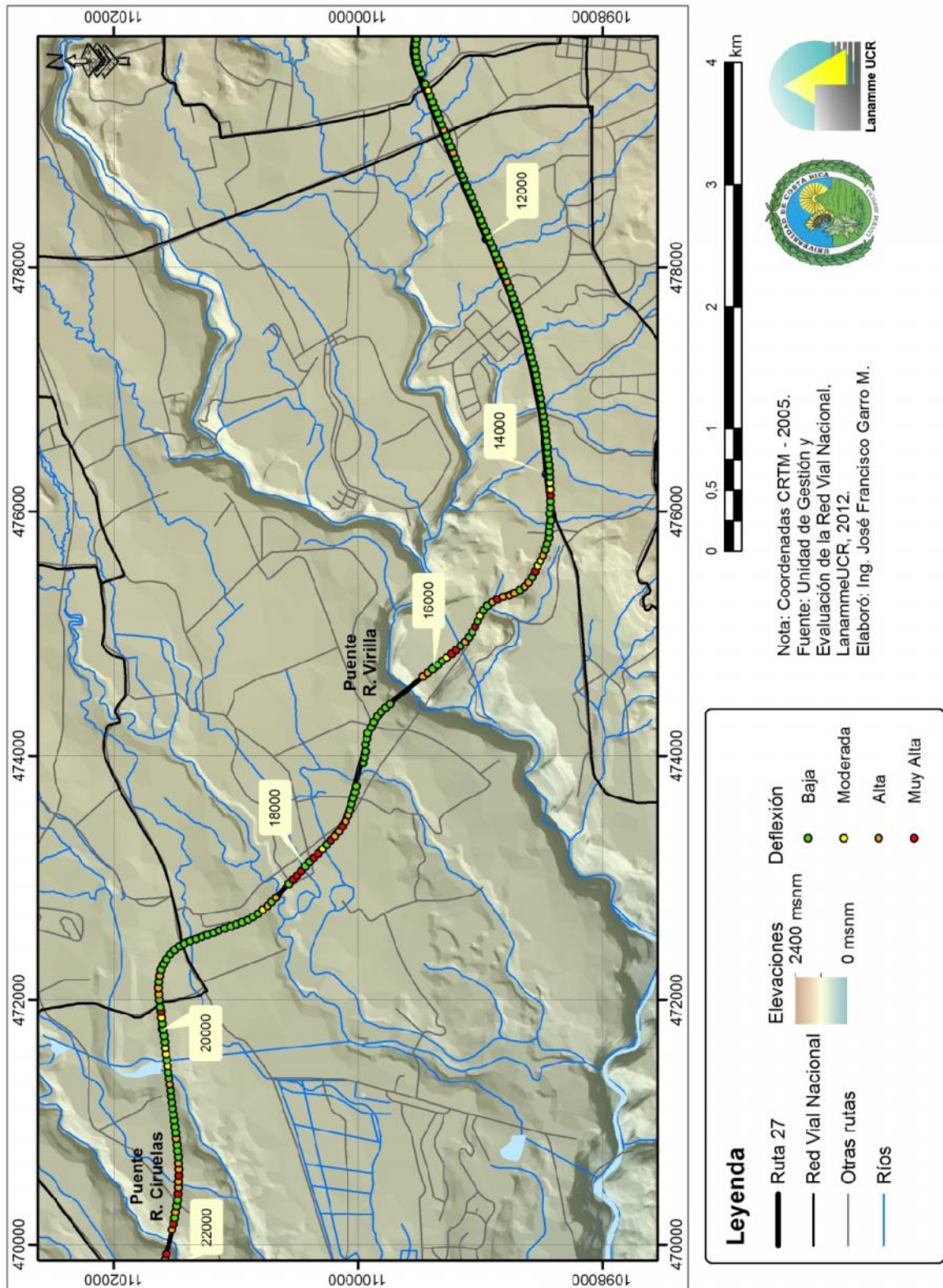


Figura A1 10 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 12+000 - 22+000

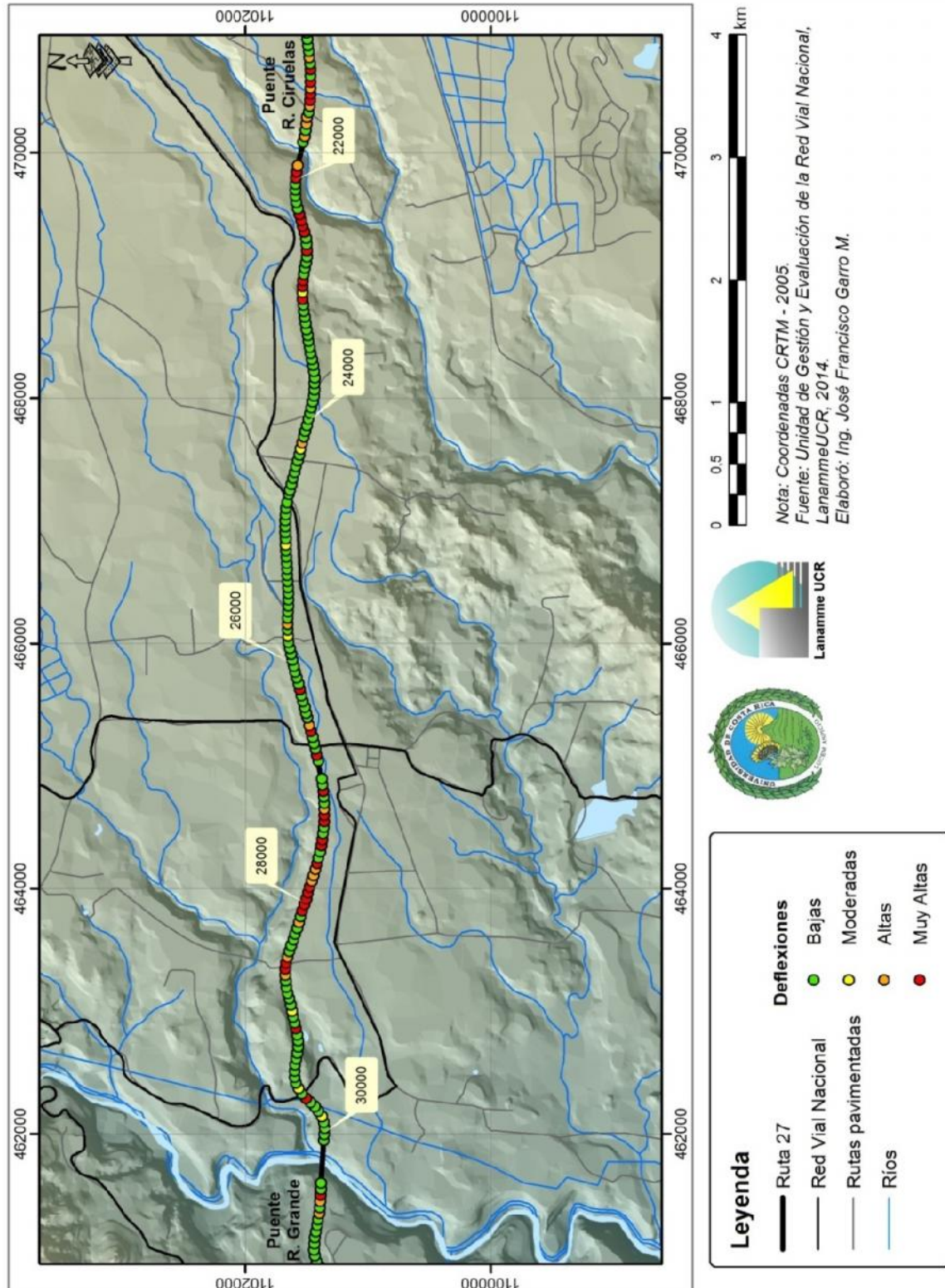


Figura A1 11 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 22+000 - 30+000

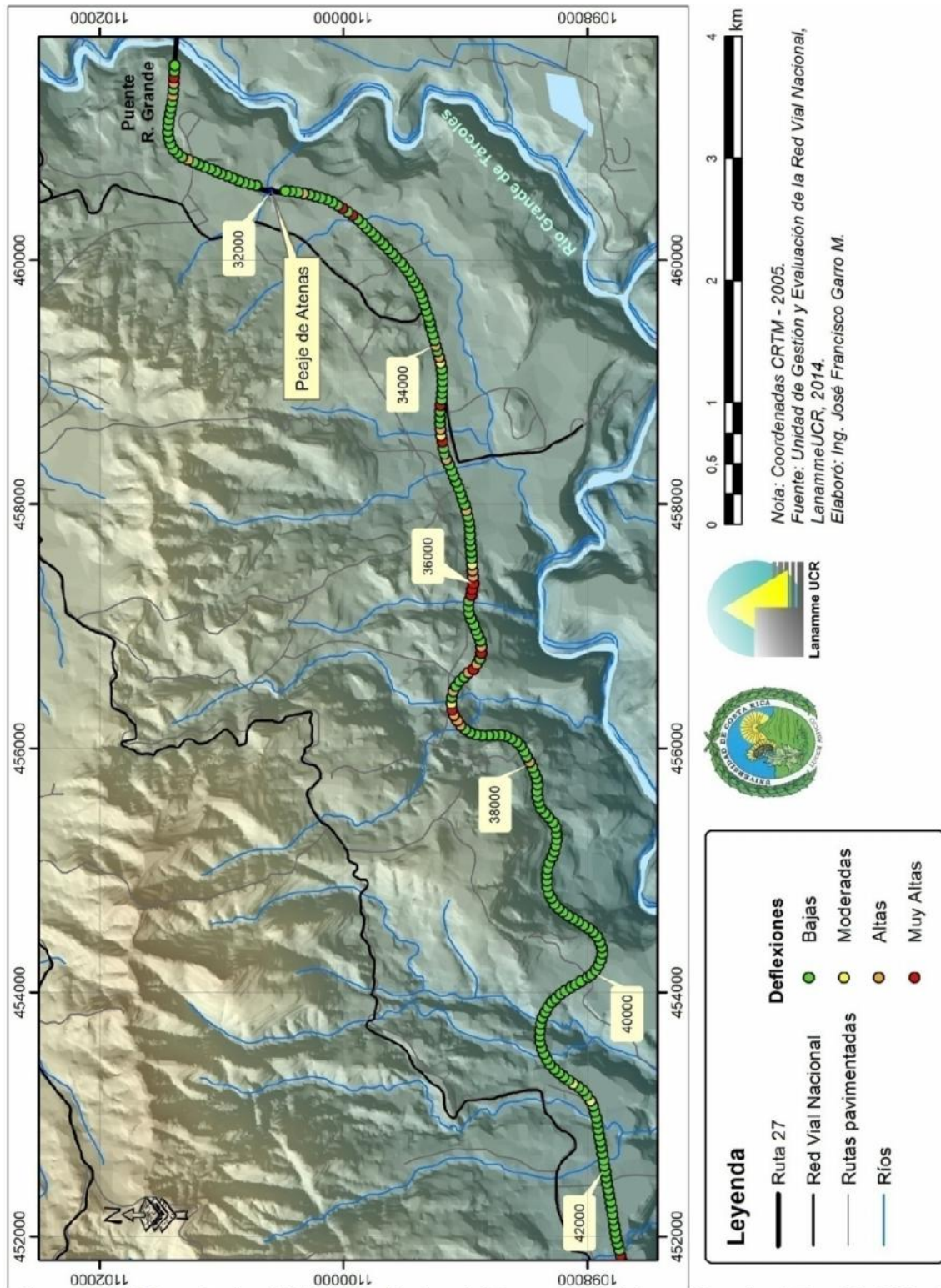


Figura A1 12 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 32+000 - 42+000

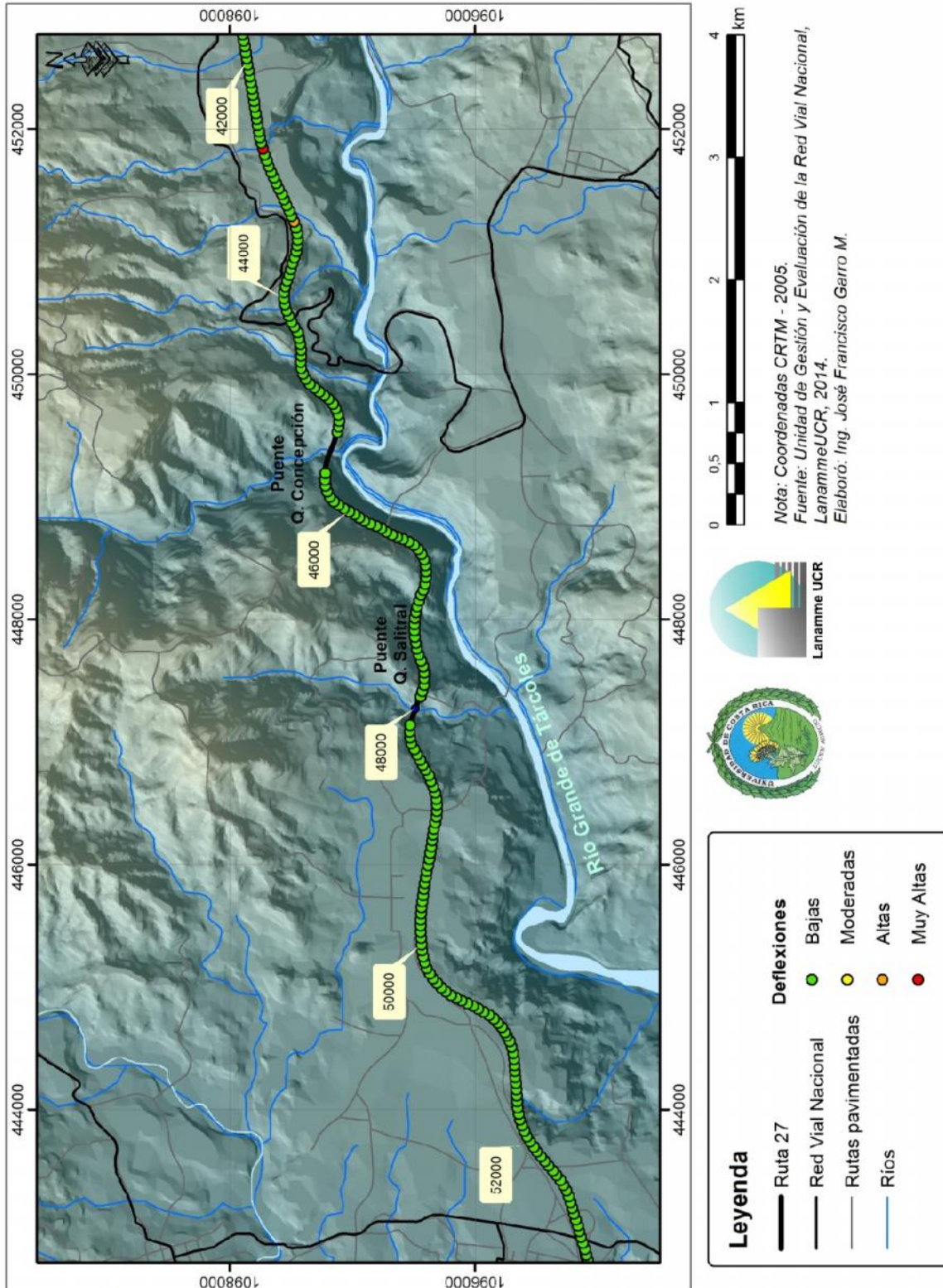


Figura A1 13 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 42+000 - 52+000

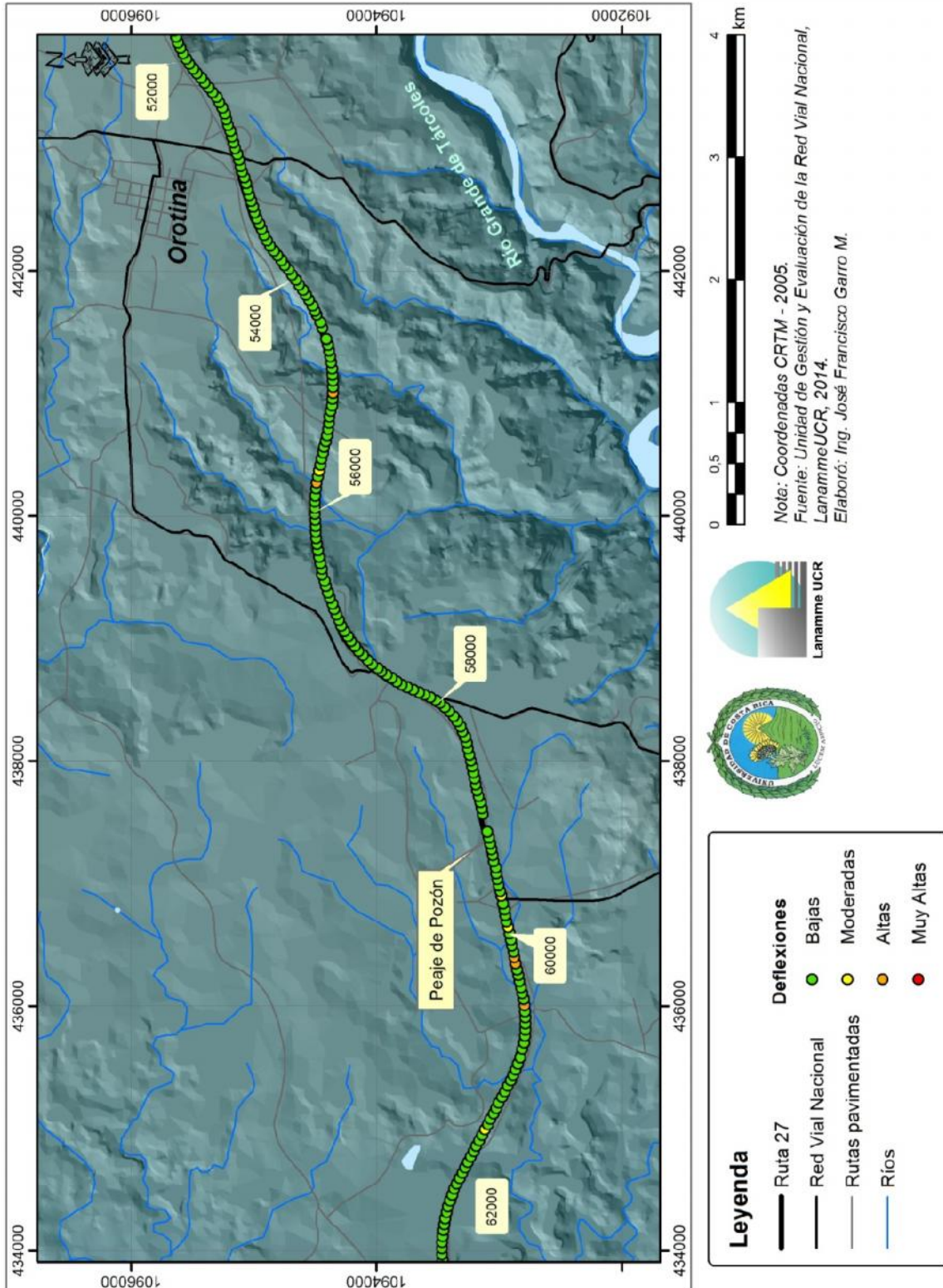


Figura A1 14 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 52+000 - 62+000

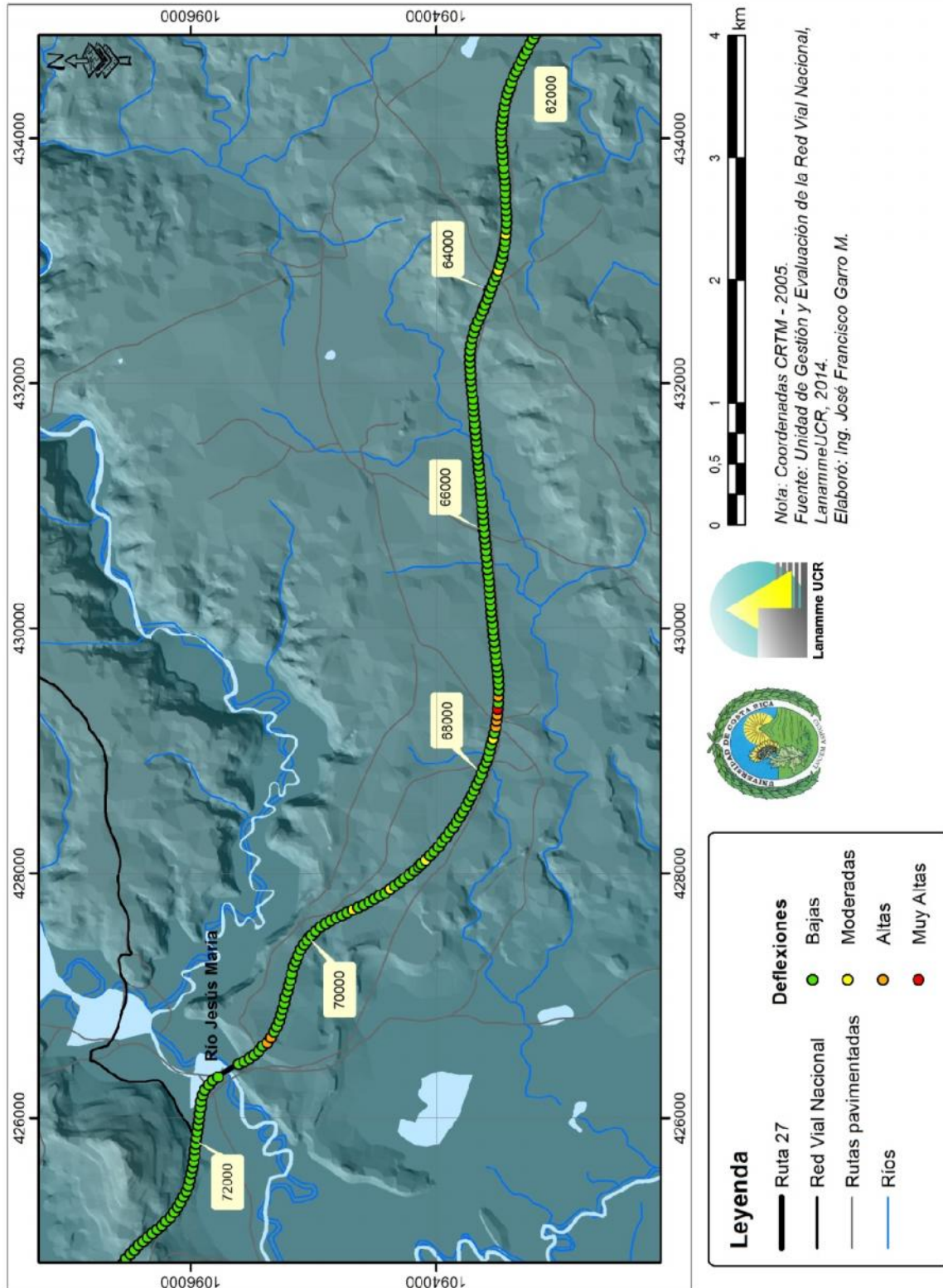


Figura A1 15 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 62+000 - 72+000

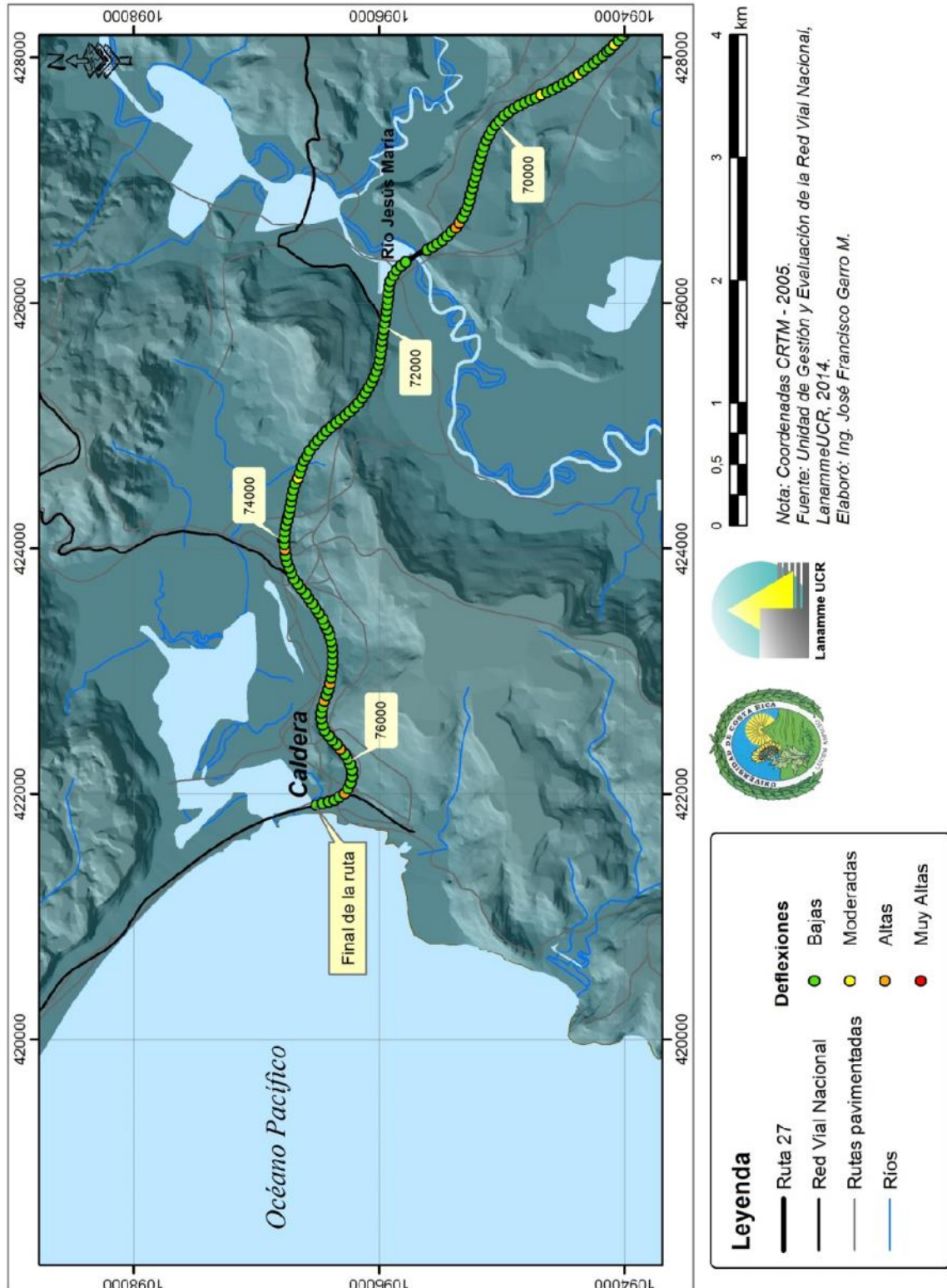


Figura A1 16 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 70+000 - 76+000



Anexo II: Resultados obtenidos Perfilómetro Láser

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

Regularidad	Estacionamientos
Regular	01+900 a 02+000, 02+600 a 02+700, 02+700 a 02+770,
	03+165 a 03+265, 03+665 a 03+765, 03+765 a 03+865,
	03+865 a 03+965, 04+065 a 04+165, 04+360 a 04+410,
	04+410 a 04+510, 05+610 a 05+710, 08+925 a 09+025,
	11+120 a 11+220, 11+320 a 11+420, 11+420 a 11+477,
	13+972 a 14+072, 14+772 a 14+872, 14+872 a 14+972,
	15+272 a 15+372, 15+572 a 15+672, 15+972 a 16+072,
	16+896 a 17+045, 17+285 a 17+385, 17+885 a 17+985,
	18+185 a 18+269, 19+000 a 19+100, 19+400 a 19+500,
	19+500 a 19+600, 19+600 a 19+700, 20+000 a 20+100,
	20+900 a 21+000, 21+300 a 21+400, 21+400 a 21+500,
	21+900 a 21+950, 21+950 a 22+050, 22+450 a 22+550,
	22+750 a 22+850, 22+950 a 23+050, 23+050 a 23+150,
	23+150 a 23+250, 24+950 a 25+050, 25+650 a 25+750,
	26+550 a 26+650, 27+250 a 27+350, 27+550 a 27+650,
	27+650 a 27+750, 28+050 a 28+150, 28+150 a 28+250,
	29+450 a 29+550, 29+550 a 29+650, 29+750 a 29+850,
	30+595 a 30+695, 31+595 a 31+695, 32+610 a 32+710,
	32+710 a 32+810, 34+610 a 34+710, 34+710 a 34+810,
	35+910 a 36+010, 36+110 a 36+210, 36+210 a 36+310,
	36+310 a 36+410, 36+410 a 36+510, 37+510 a 37+610,
	38+210 a 38+310, 38+410 a 38+510, 38+510 a 38+610,
	38+610 a 38+710, 38+710 a 38+810, 39+510 a 39+610,
	41+210 a 41+310, 42+910 a 43+010, 43+310 a 43+410,
	44+210 a 44+310, 44+310 a 44+410, 44+510 a 44+610,
	45+645 a 45+695, 46+195 a 46+295, 46+495 a 46+595,
	46+695 a 46+795, 46+795 a 46+895, 46+895 a 46+995,
	49+051 a 49+151, 52+851 a 52+951, 52+951 a 53+051,
	53+251 a 53+351, 53+851 a 53+951, 56+151 a 56+251,
	57+651 a 57+751, 59+051 a 59+151, 59+370 a 59+420,
	59+720 a 59+820, 60+520 a 60+620, 60+620 a 60+720,
	62+920 a 63+020, 63+420 a 63+520, 63+720 a 63+820,
	63+820 a 63+920, 63+920 a 64+020, 64+320 a 64+420,
	64+420 a 64+520, 64+520 a 64+620, 64+720 a 64+820,
64+920 a 65+020, 66+520 a 66+620, 66+920 a 67+020,	
67+020 a 67+120, 67+120 a 67+220, 67+220 a 67+320,	
67+320 a 67+420, 67+520 a 67+620, 67+620 a 67+720,	
67+720 a 67+820, 67+820 a 67+920, 67+920 a 68+020,	



	68+020 a 68+120, 68+520 a 68+620, 68+620 a 68+720, 68+720 a 68+820, 68+820 a 68+920, 69+520 a 69+620, 70+920 a 71+020, 71+560 a 71+660, 71+660 a 71+760, 71+760 a 71+860, 71+860 a 71+960, 71+960 a 72+060, 72+360 a 72+460, 72+760 a 72+860, 72+860 a 72+960, 73+660 a 73+760, 73+760 a 73+860, 74+060 a 74+160, 74+160 a 74+260, 75+660 a 75+760, 75+960 a 76+060, 76+060 a 76+160, 76+160 a 76+260, 76+260 a 76+360, 76+360 a 76+460
Deficiente	04+165 a 04+240, 16+072 a 16+138, 19+700 a 19+800

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

Regularidad	Estacionamientos
Regular	0+000 a 0+070, 03+320 a 03+420, 03+820 a 03+920, 04+040 a 04+080, 04+180 a 04+280, 04+280 a 04+380, 04+480 a 04+580, 05+825 a 05+828, 05+828 a 05+928, 10+428 a 10+528, 10+627 a 10+727, 13+688 a 13+788, 14+088 a 14+188, 14+388 a 14+488, 14+688 a 14+788, 14+788 a 14+888, 14+888 a 14+988, 14+988 a 15+088, 15+388 a 15+488, 15+588 a 15+688, 15+688 a 15+788, 16+396 a 16+495, 17+519 a 17+619, 17+719 a 17+819, 17+819 a 17+919, 17+919 a 18+019, 18+019 a 18+119, 18+119 a 18+219, 19+460 a 19+560, 19+660 a 19+760, 19+760 a 19+860, 19+860 a 19+960, 20+160 a 20+260, 20+260 a 20+360, 20+660 a 20+760, 20+960 a 21+060, 21+360 a 21+460, 21+460 a 21+560, 21+950 a 22+050, 22+050 a 22+150, 22+150 a 22+250, 22+250 a 22+350, 22+350 a 22+450, 22+850 a 22+950, 23+050 a 23+150, 25+650 a 25+750, 25+750 a 25+850, 25+850 a 25+950, 25+950 a 26+050, 26+050 a 26+150, 26+250 a 26+350, 27+050 a 27+150, 27+150 a 27+250, 27+250 a 27+350, 27+350 a 27+450, 27+650 a 27+750, 27+950 a 28+050, 28+050 a 28+150, 28+150 a 28+250, 28+250 a 28+350, 28+550 a 28+650, 29+050 a 29+150, 29+650 a 29+750, 29+750 a 29+850, 30+620 a 30+720, 31+220 a 31+320, 32+047 a 32+147, 32+747 a 32+847, 34+047 a 34+147, 34+147 a 34+247, 34+747 a 34+847, 35+747 a 35+847, 36+147 a 36+247, 36+247 a 36+347, 36+347 a 36+447, 36+447 a 36+547, 37+147 a 37+247, 37+247 a 37+347, 38+647 a 38+747, 38+747 a 38+847, 41+247 a 41+347, 41+447 a 41+547, 41+547 a 41+647, 41+847 a 41+947, 43+047 a 43+147, 43+347 a 43+447, 43+447 a 43+547, 43+747 a 43+847, 43+947 a 44+047, 44+247 a 44+347, 44+347 a 44+447, 44+447 a 44+547, 44+547 a 44+647, 44+647 a 44+747, 44+747 a 44+847, 44+847 a 44+947, 45+147 a 45+247, 46+801 a 46+901, 46+901 a 47+001, 47+201 a 47+301, 52+230 a 52+330, 55+330 a 55+430, 55+730 a 55+830, 55+830 a 55+930, 55+930 a 56+030, 56+030 a 56+130, 56+130 a 56+230, 57+630 a 57+730, 58+930 a 59+030, 59+030 a 59+130, 59+290 a 59+390, 59+490 a 59+590, 59+790 a 59+890, 60+090 a 60+190,

	<p>60+190 a 60+290, 60+290 a 60+390, 60+690 a 60+790, 60+990 a 61+090, 61+090 a 61+190, 61+290 a 61+390, 61+490 a 61+590, 62+290 a 62+390, 62+990 a 63+090, 63+190 a 63+290, 63+290 a 63+390, 63+390 a 63+490, 63+690 a 63+790, 64+290 a 64+390, 64+390 a 64+490, 64+490 a 64+590, 64+590 a 64+690, 64+690 a 64+790, 64+790 a 64+890, 64+890 a 64+990, 64+990 a 65+090, 66+090 a 66+190, 67+090 a 67+190, 67+190 a 67+290, 67+290 a 67+390, 67+490 a 67+590, 67+590 a 67+690, 67+690 a 67+790, 67+790 a 67+890, 67+890 a 67+990, 67+990 a 68+090, 68+590 a 68+690, 68+690 a 68+790, 68+790 a 68+890, 68+890 a 68+990, 69+590 a 69+690, 69+990 a 70+090, 70+290 a 70+390, 70+390 a 70+490, 70+490 a 70+590, 70+590 a 70+690, 70+690 a 70+790, 70+790 a 70+890, 70+890 a 70+990, 70+990 a 71+090, 71+190 a 71+290, 71+520 a 71+620, 71+620 a 71+720, 71+720 a 71+820, 71+820 a 71+920, 71+920 a 72+020, 72+020 a 72+120, 72+120 a 72+220, 73+220 a 73+320, 73+420 a 73+520, 73+720 a 73+820, 74+020 a 74+120, 74+220 a 74+320, 74+620 a 74+720, 75+020 a 75+120, 75+120 a 75+220, 75+220 a 75+320, 75+320 a 75+420, 75+420 a 75+520, 75+520 a 75+620, 75+620 a 75+720, 75+920 a 76+020, 76+020 a 76+120, 76+120 a 76+220, 76+220 a 76+320, 76+320 a 76+420</p>
Deficiente	<p>17+085 a 17+119, 18+300 a 18+360, 21+850 a 21+950, 30+395 a 30+420, 30+420 a 30+520, 32+010 a 32+047, 45+595 a 45+601, 45+601 a 45+701, 48+151 a 48+230, 59+130 a 59+230, 59+120 a 59+190, 63+090 a 63+190</p>

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.

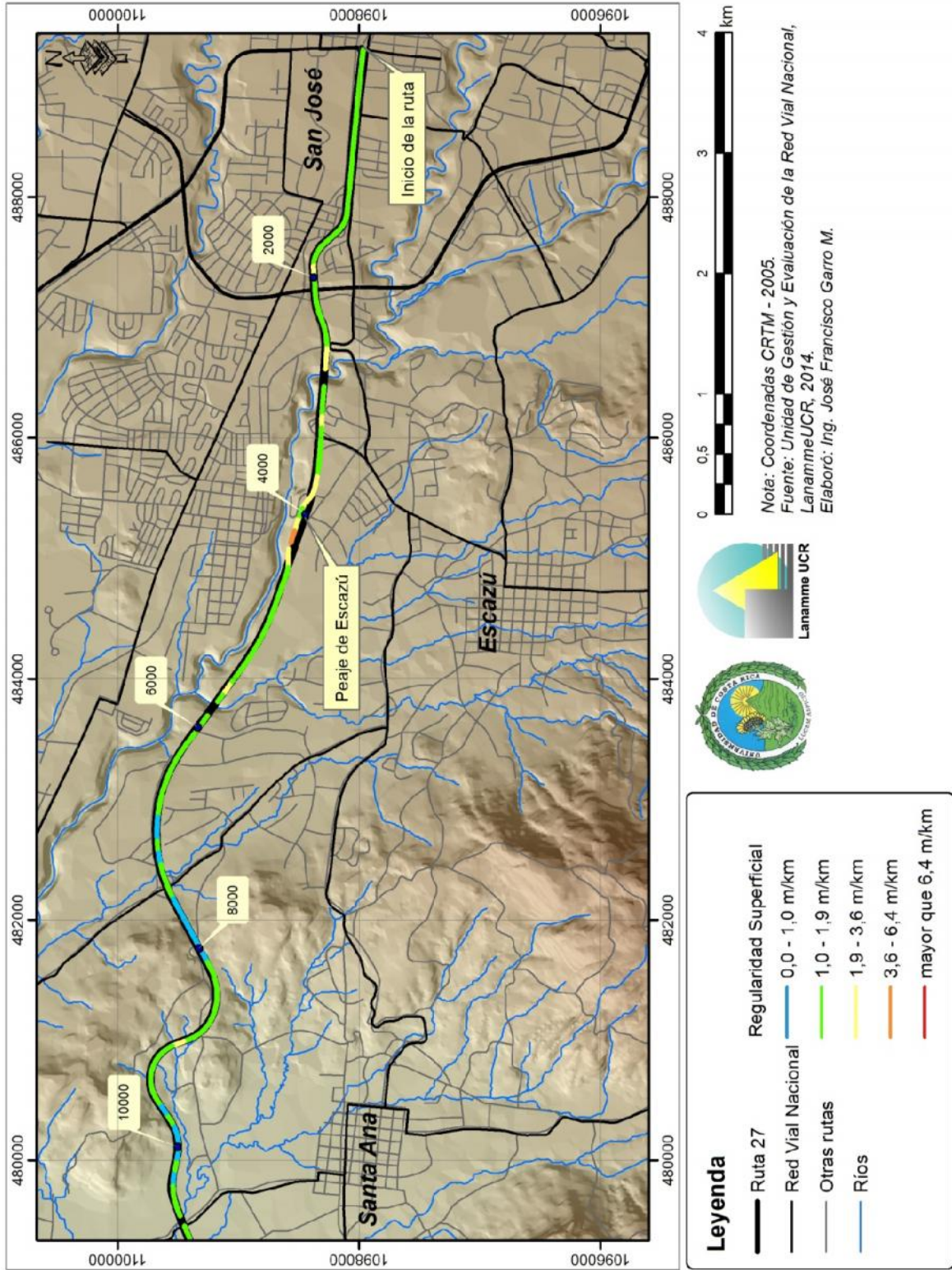


Figura A2 1 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 0+000 - 10+000

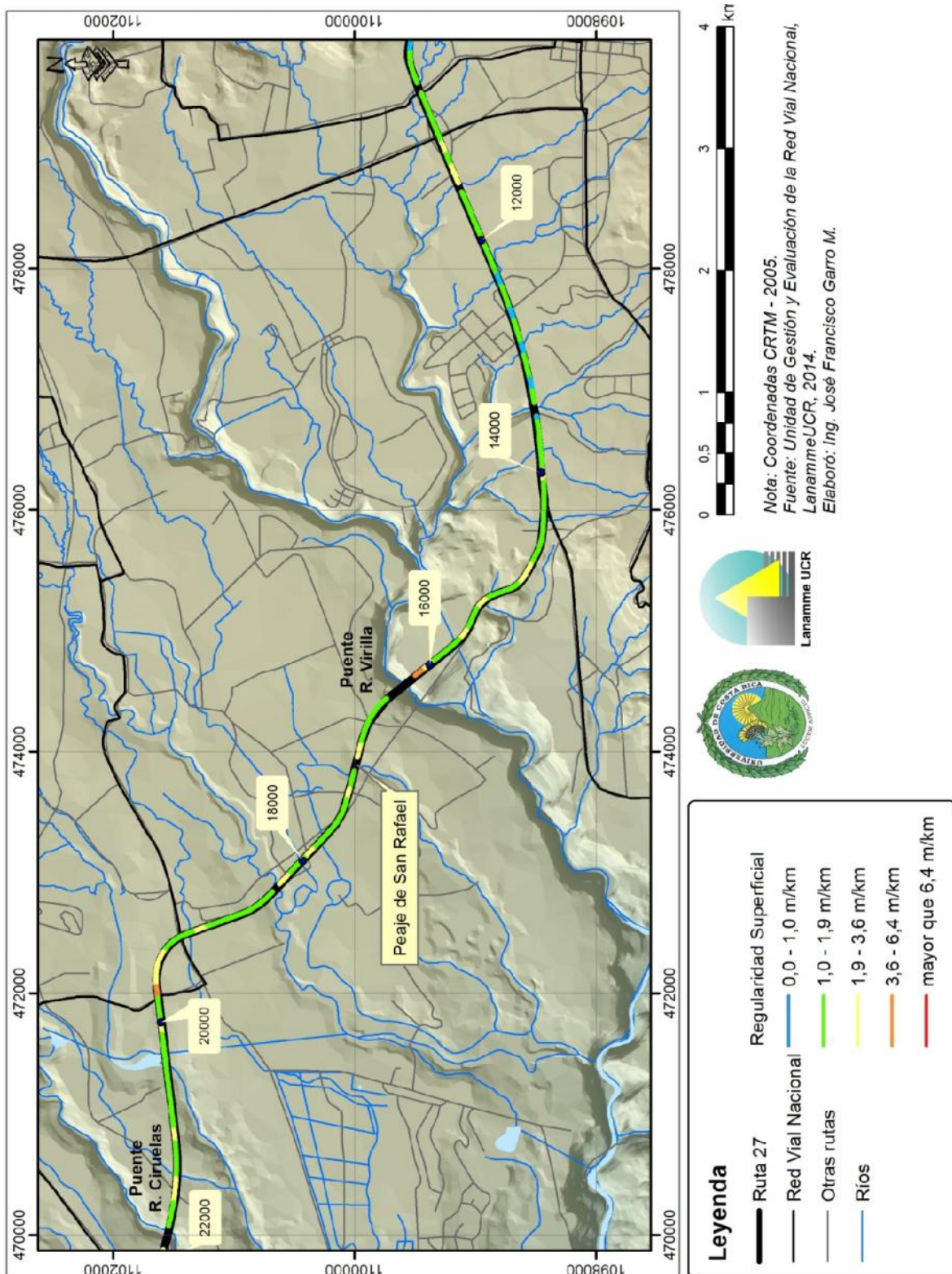


Figura A2 2 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 12+000 - 22+000

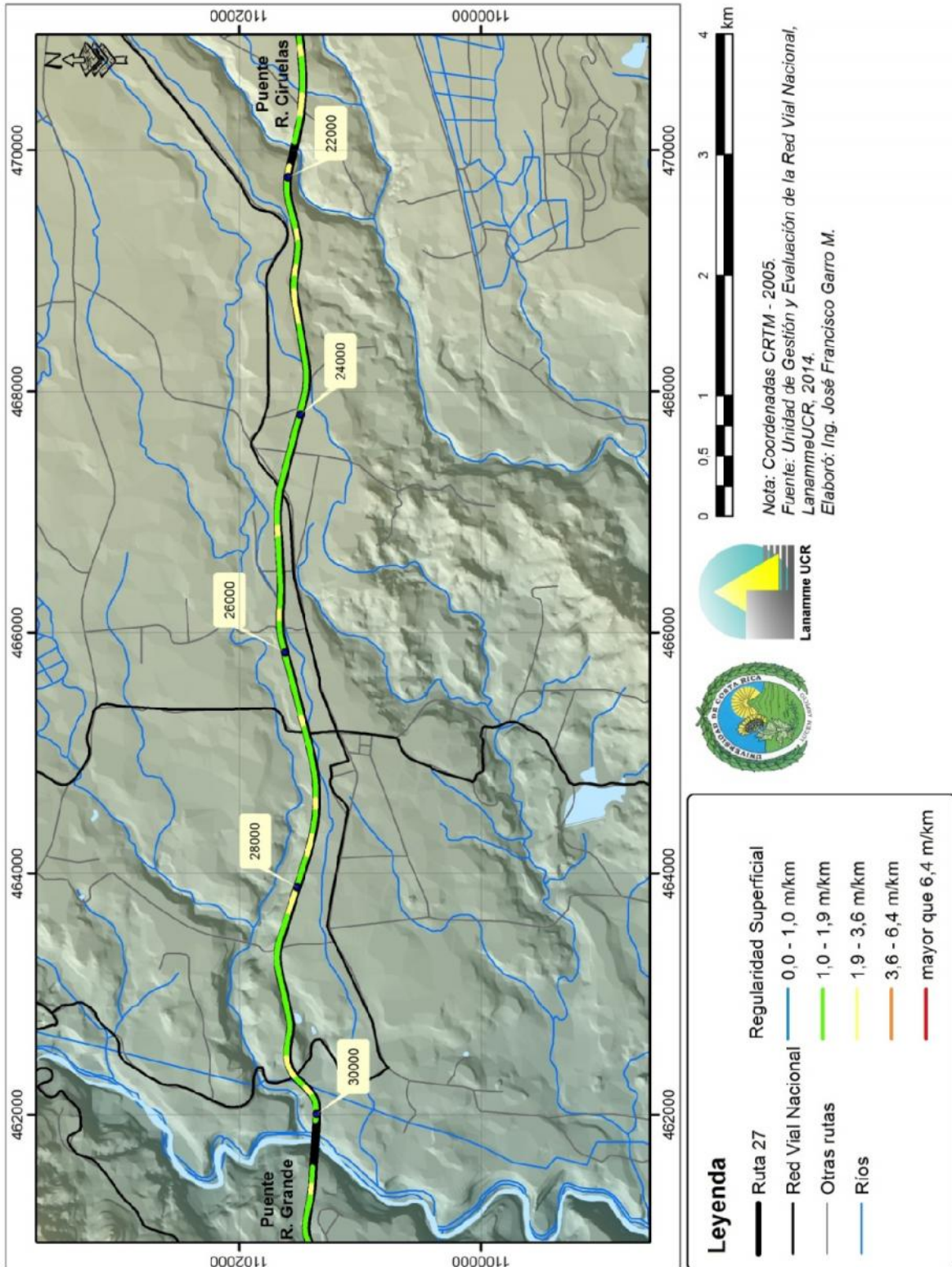


Figura A2 3 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 22+000 - 30+000

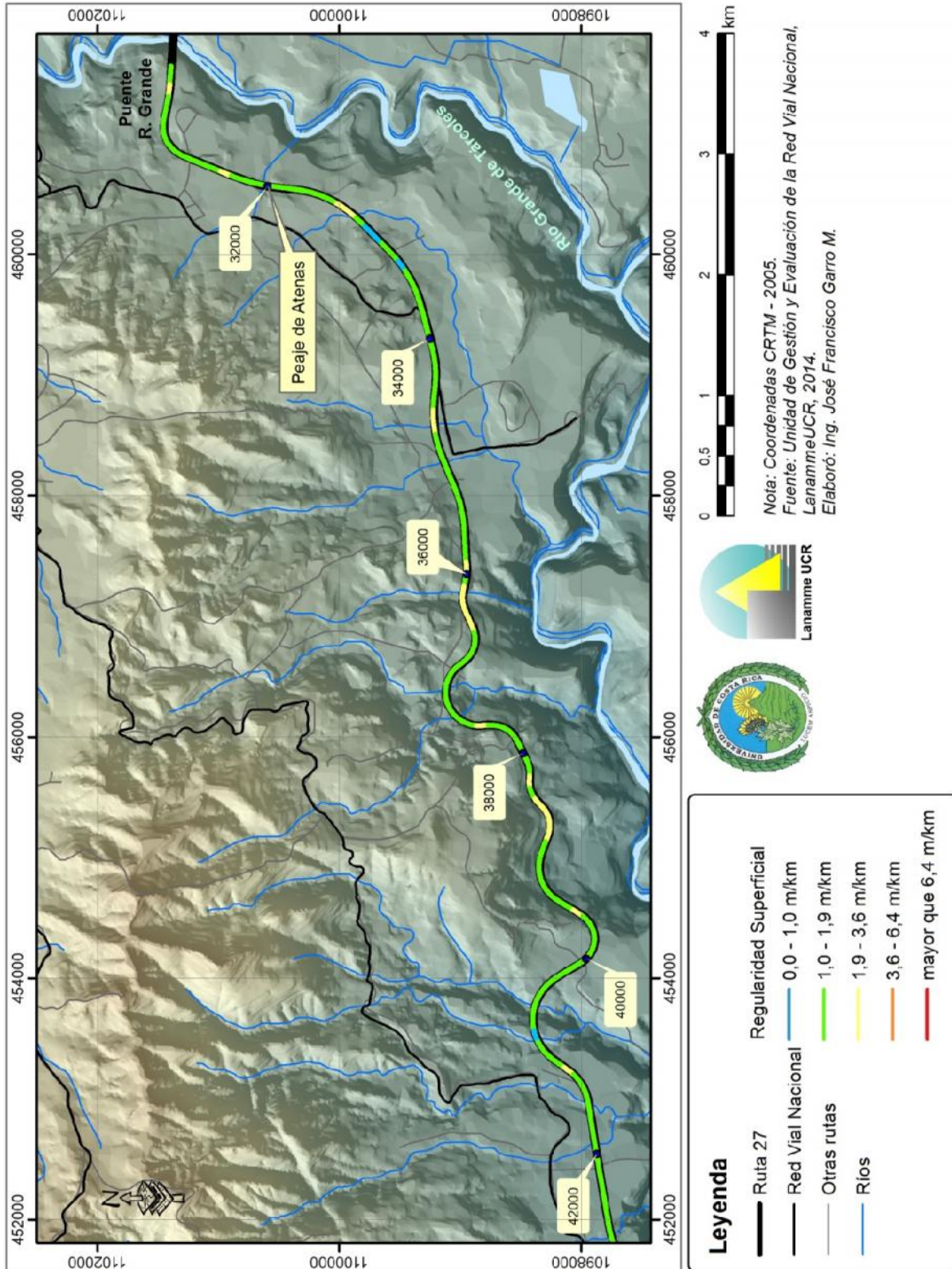


Figura A2 4 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 32+000 - 42+000

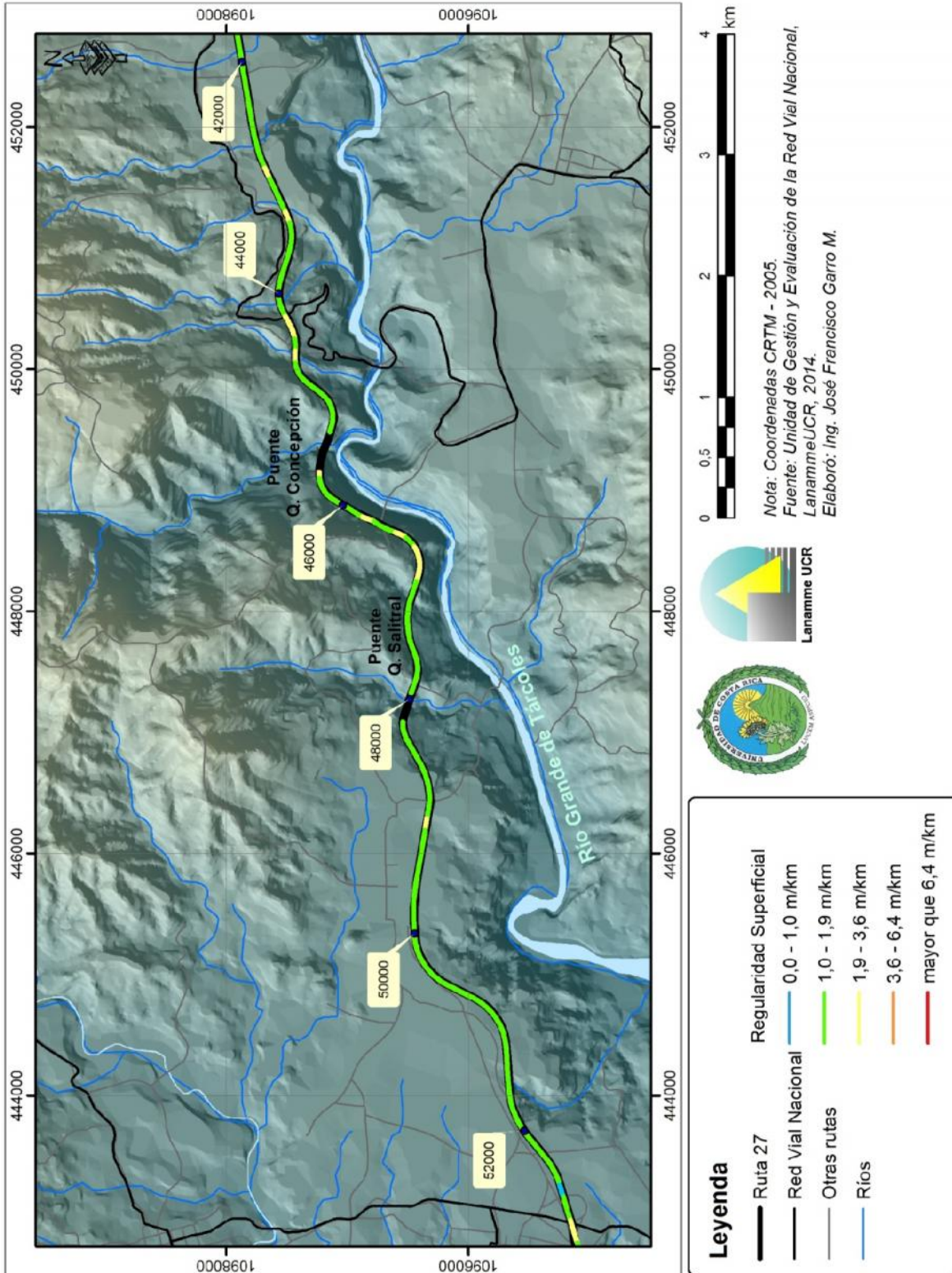


Figura A2 5 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera 42+000 - 52+000

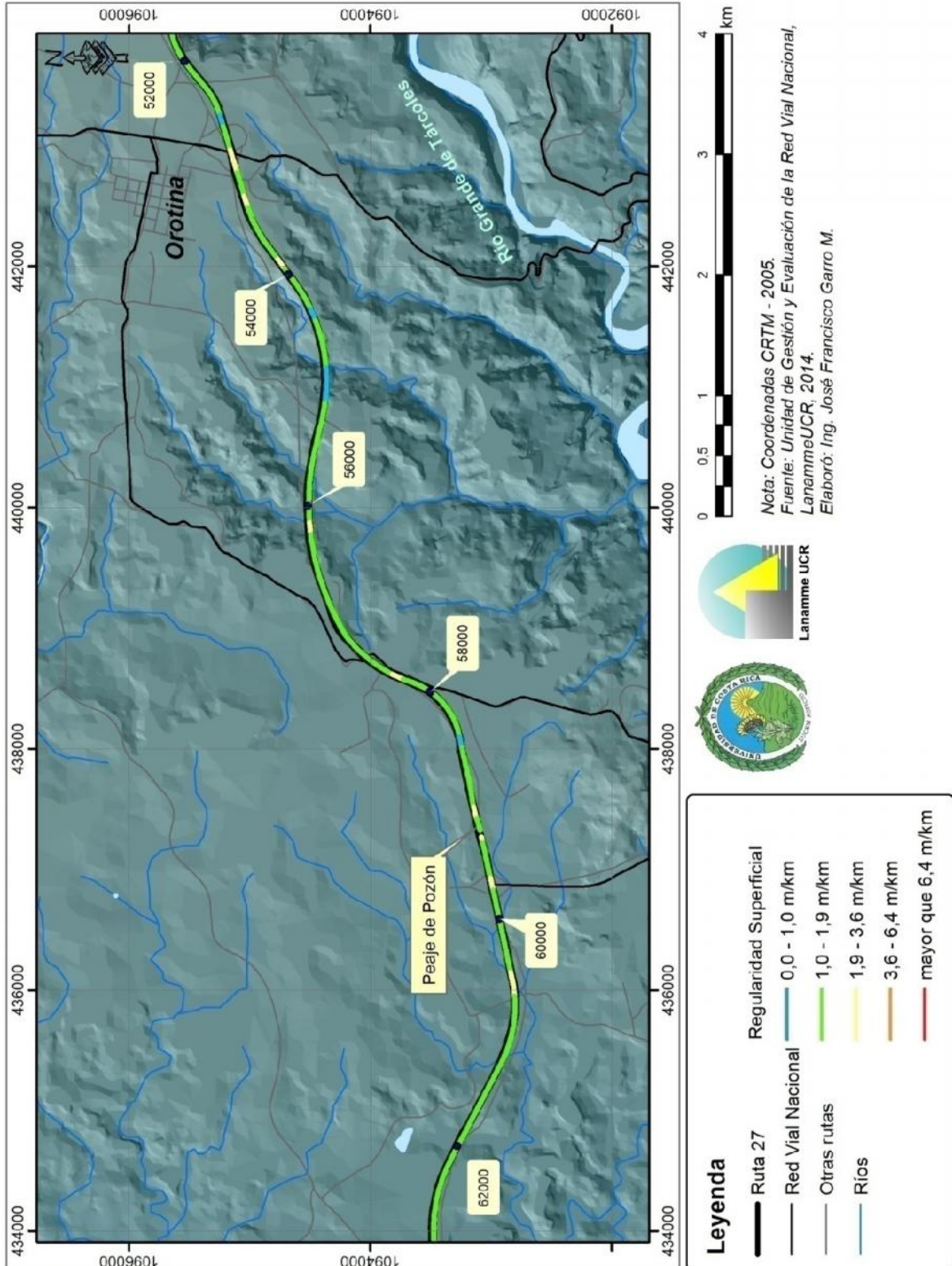


Figura A2 6 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 52+000 - 62+000

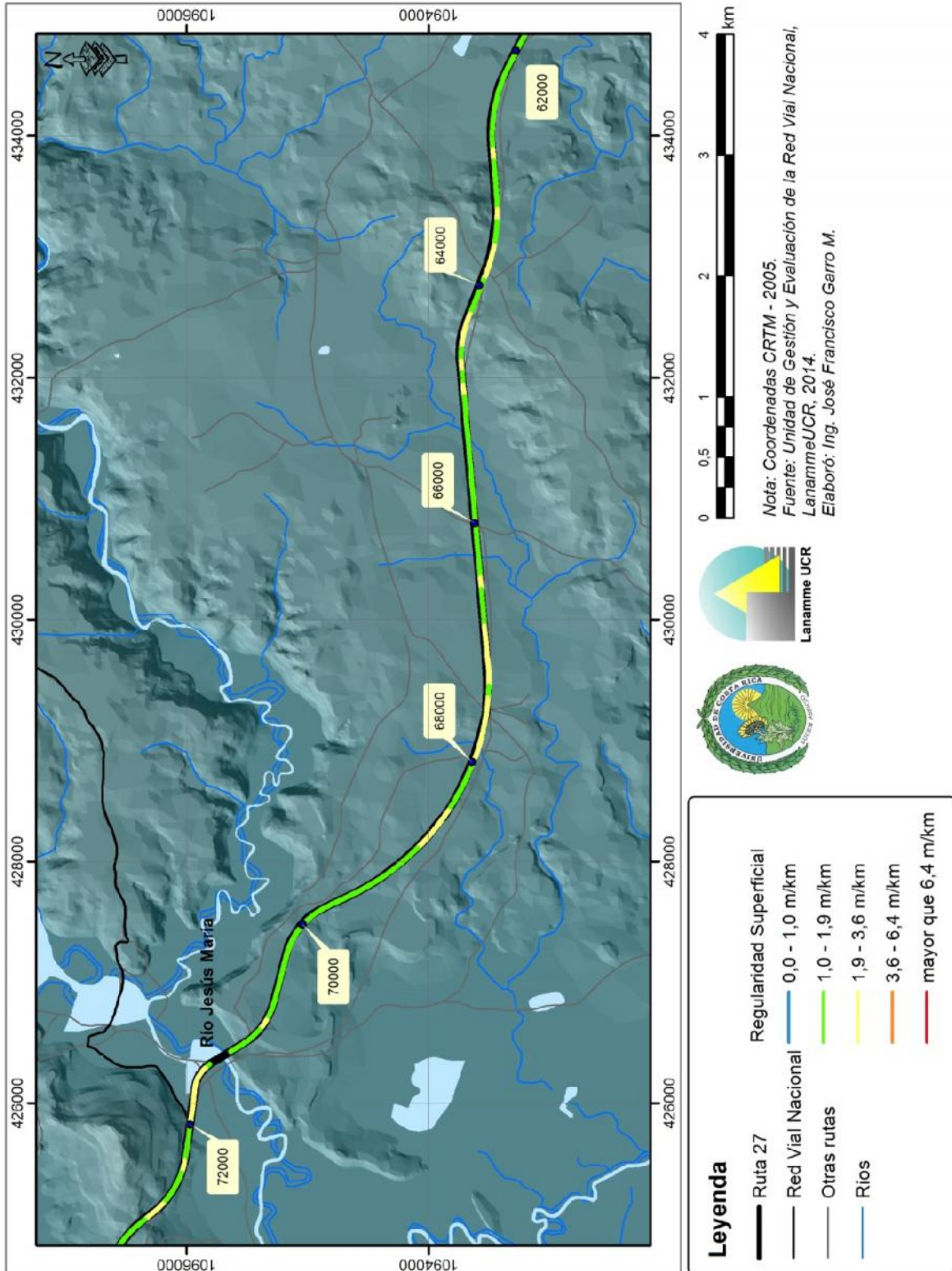


Figura A2 7 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 62+000 - 72+000

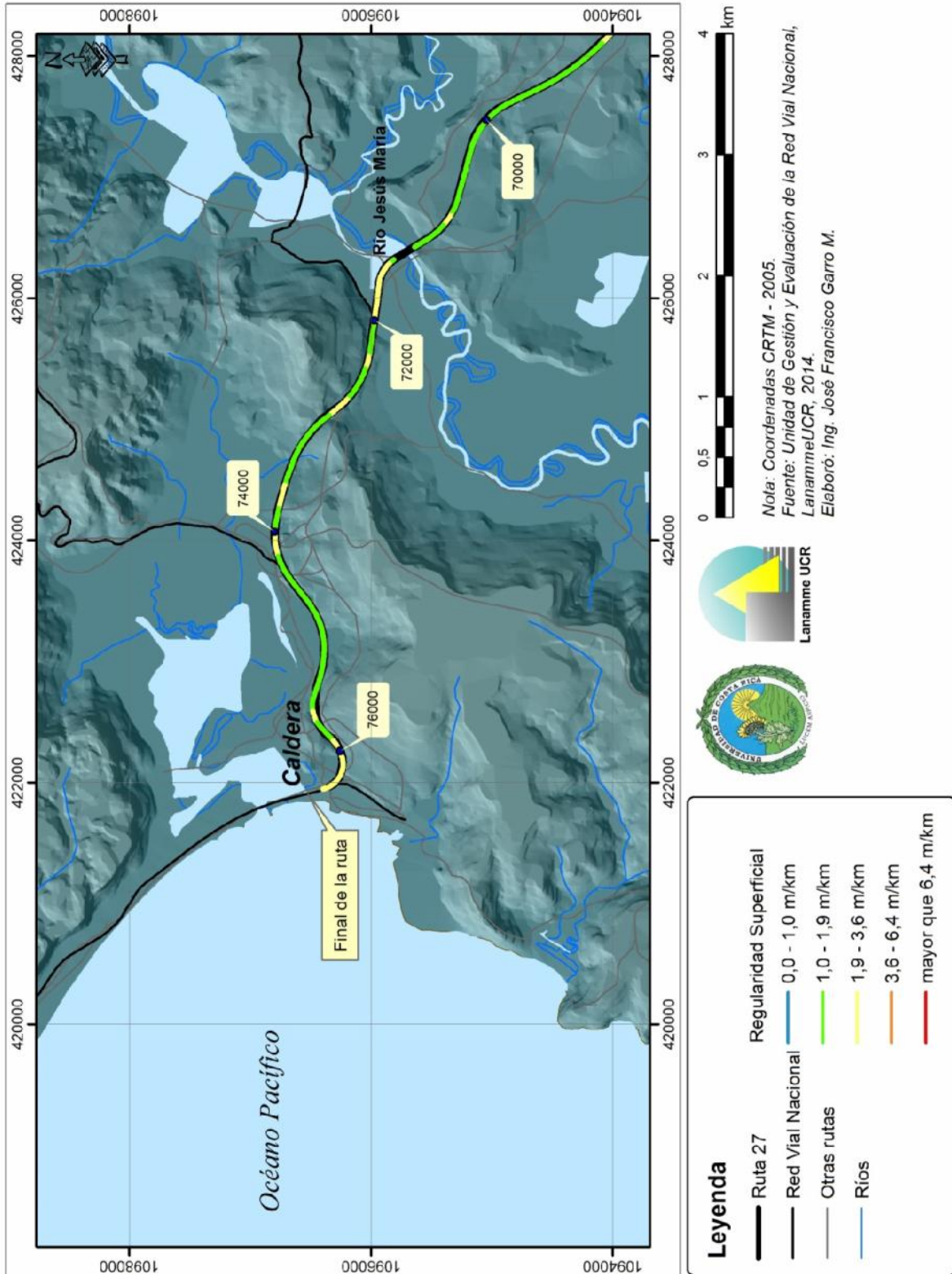


Figura A2 8 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 70+000 - 76+000

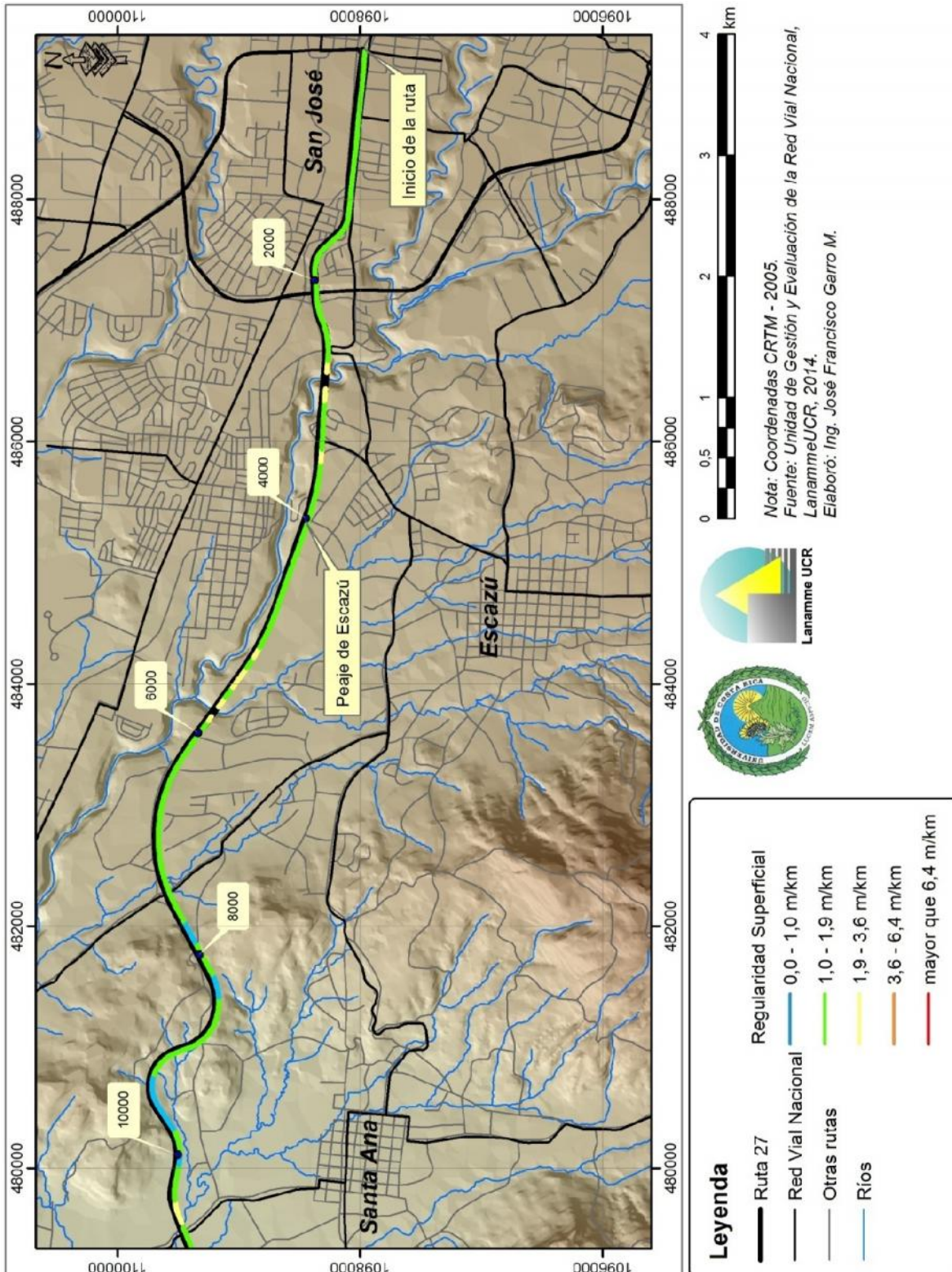


Figura A2 9 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 0+000 - 10+000

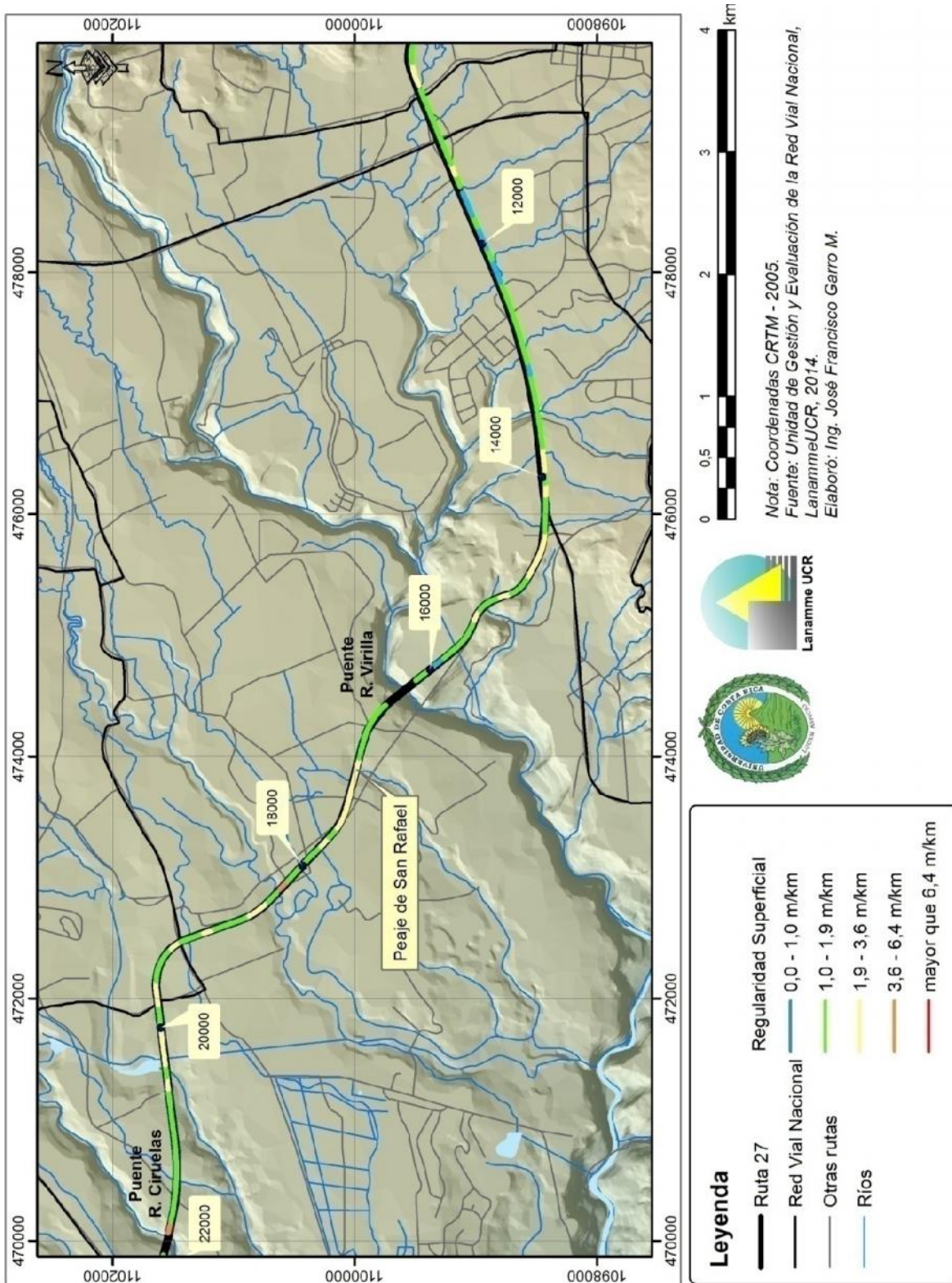


Figura A2 10 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 12+000 - 22+000

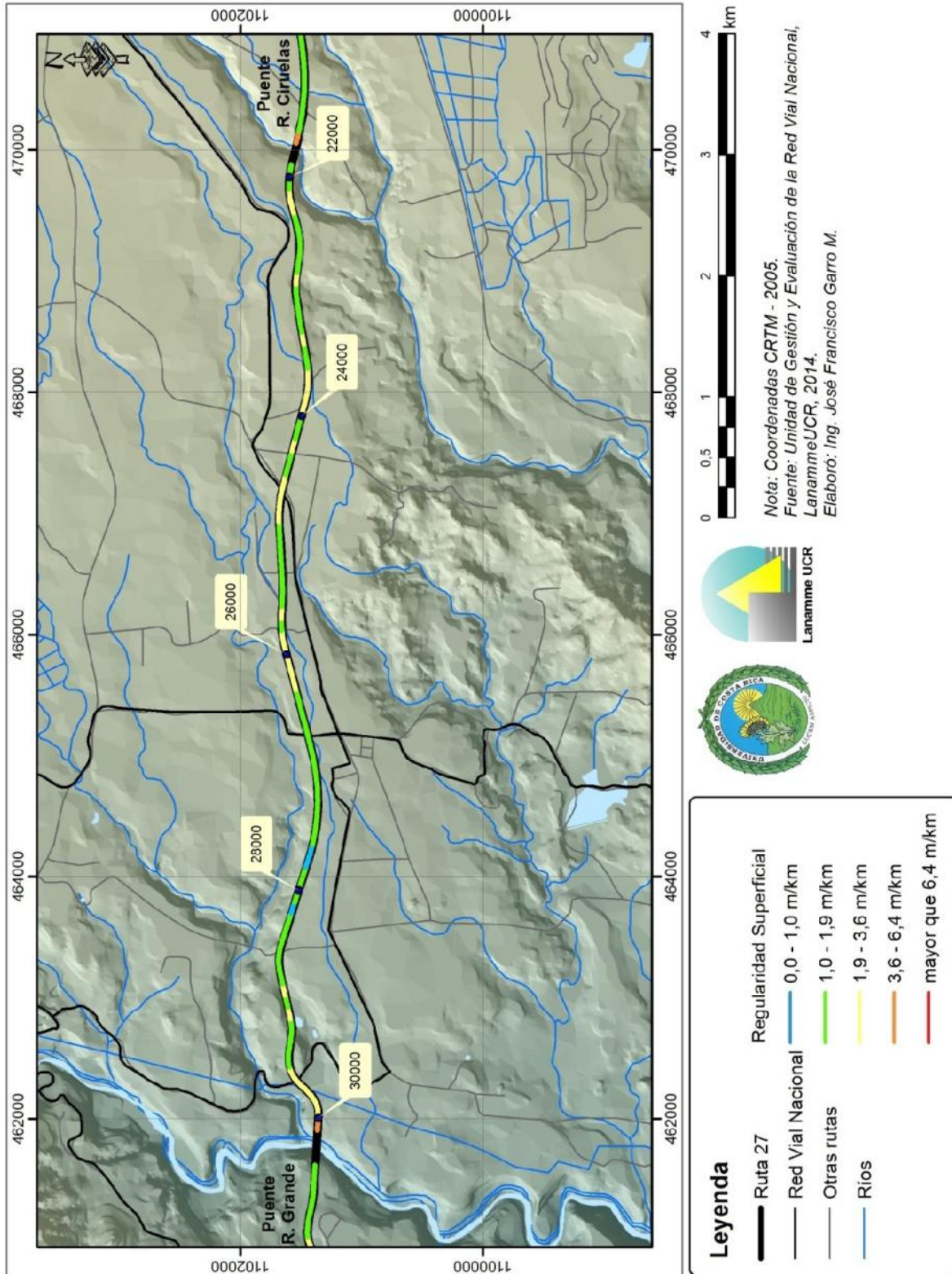


Figura A2 11 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 22+000 - 30+000

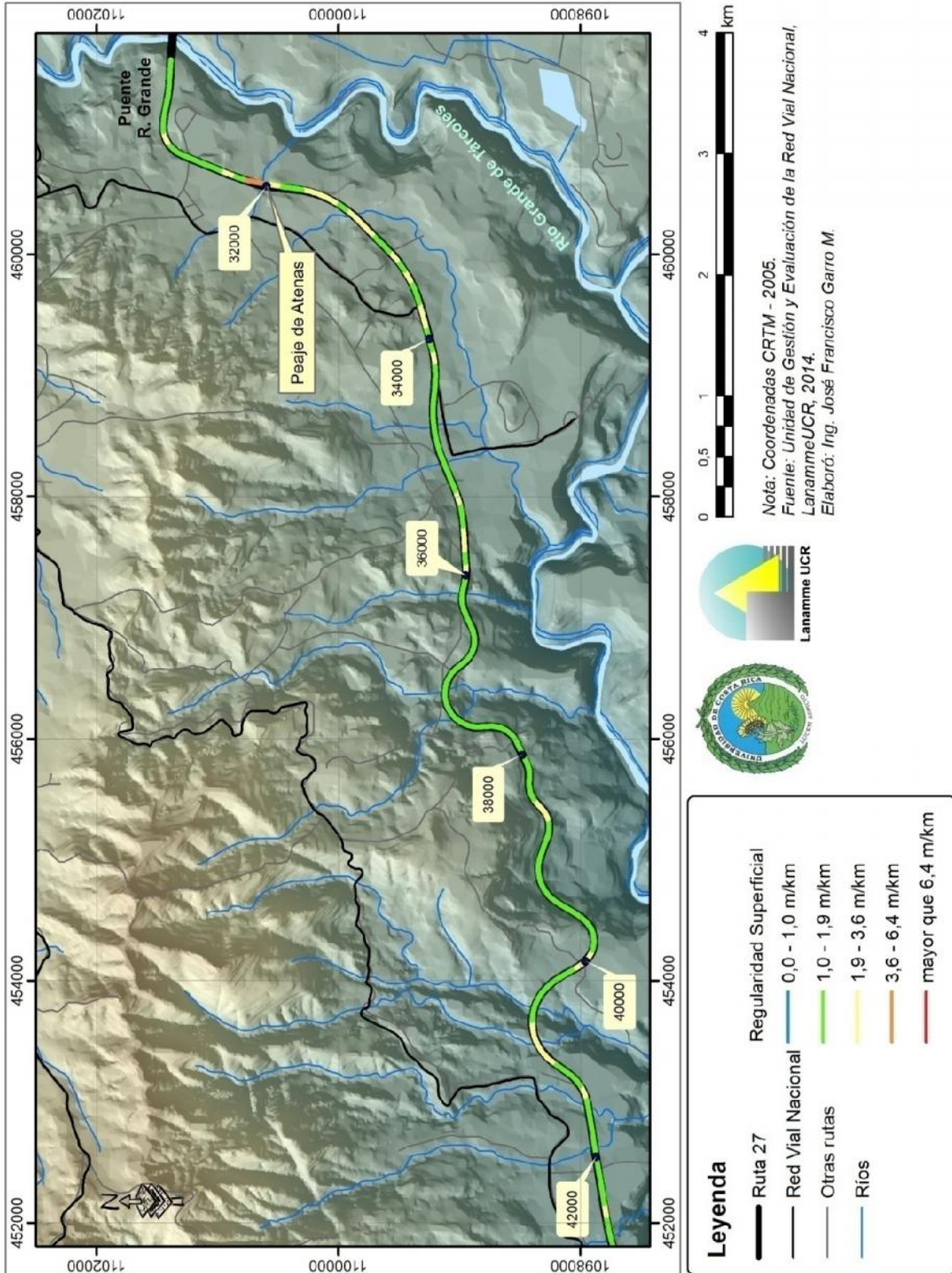


Figura A2 12 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 32+000 - 42+000

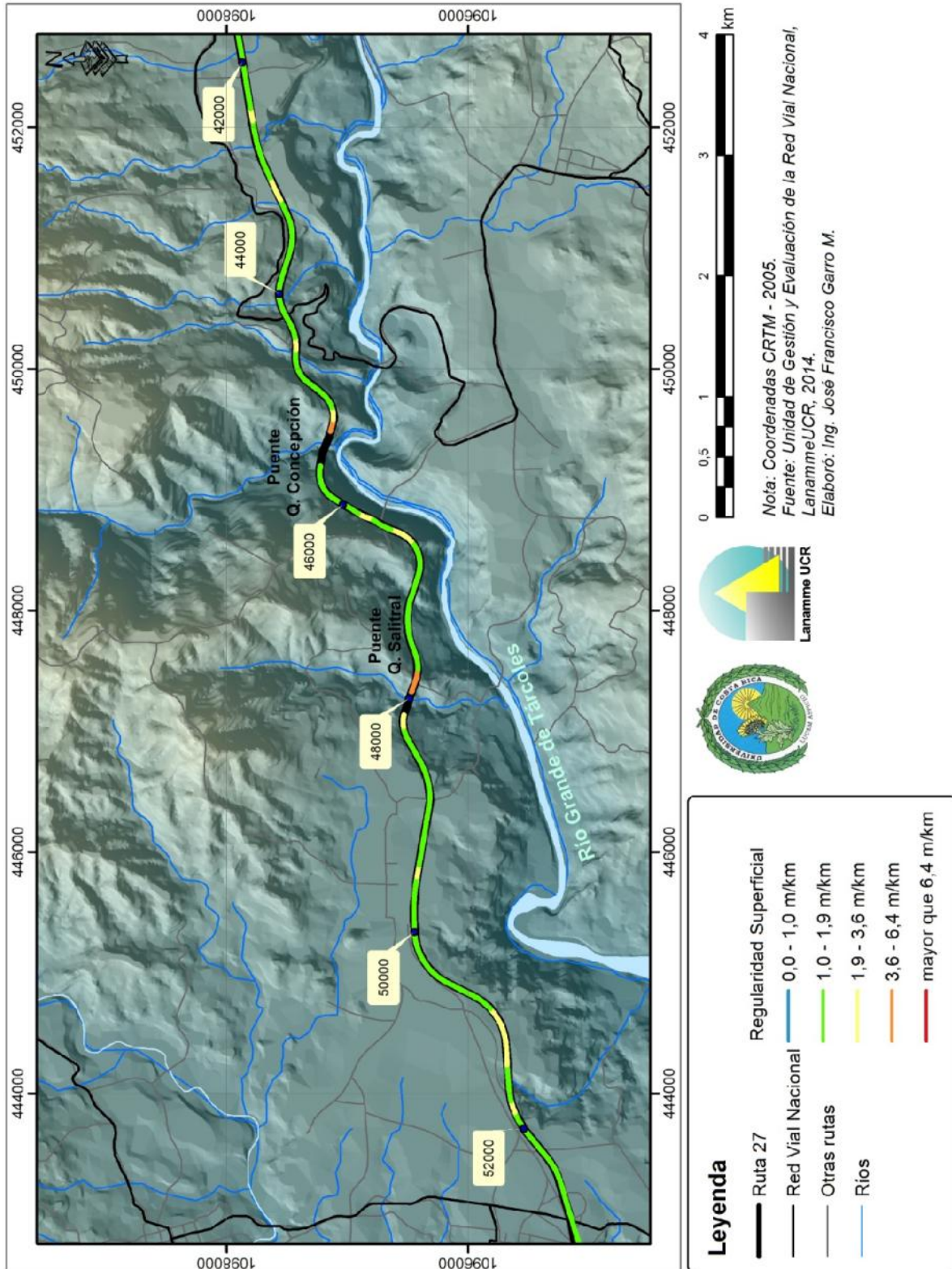


Figura A2 13 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 42+000 - 52+000

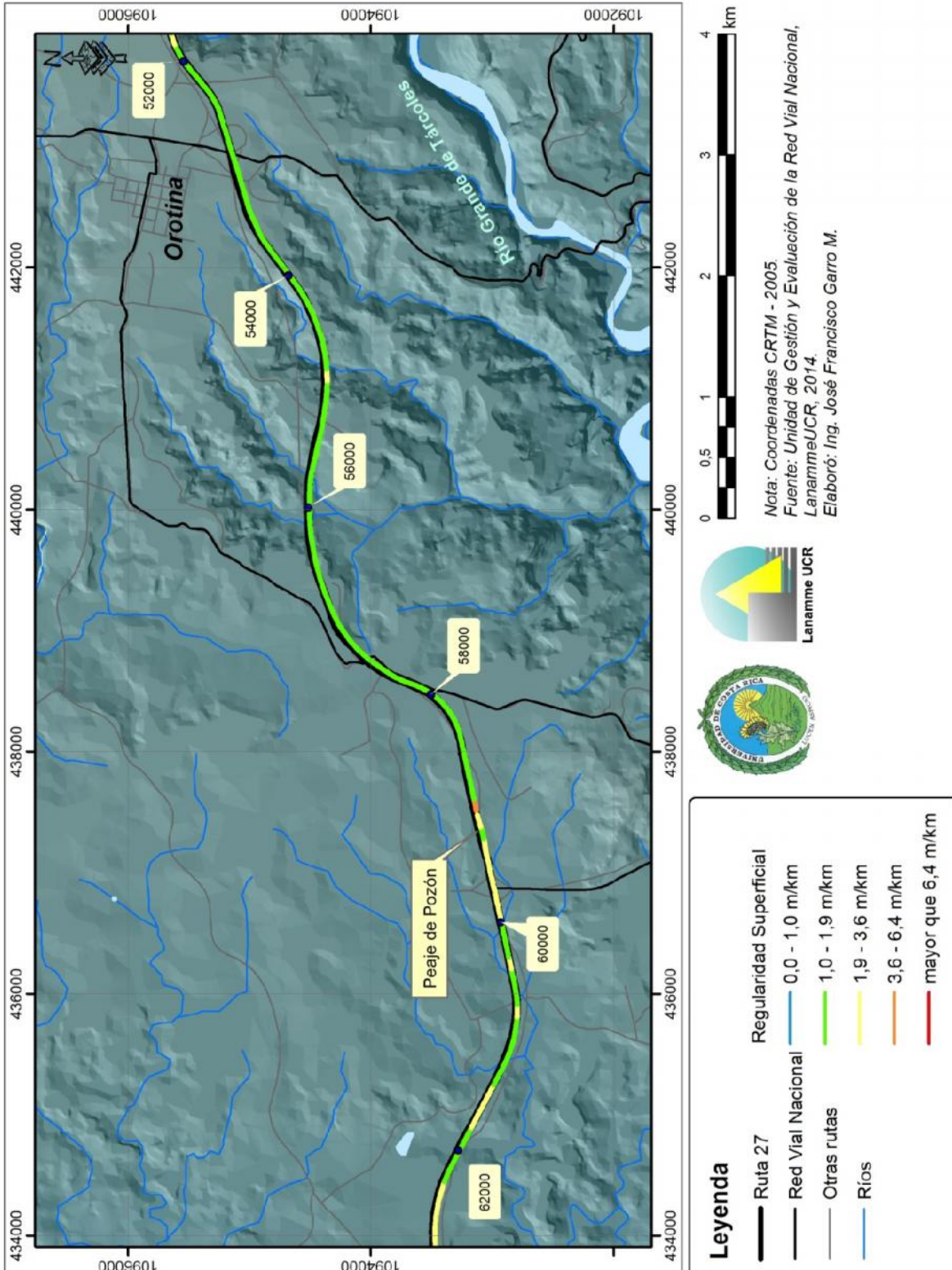


Figura A2 14 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 52+000 - 62+000

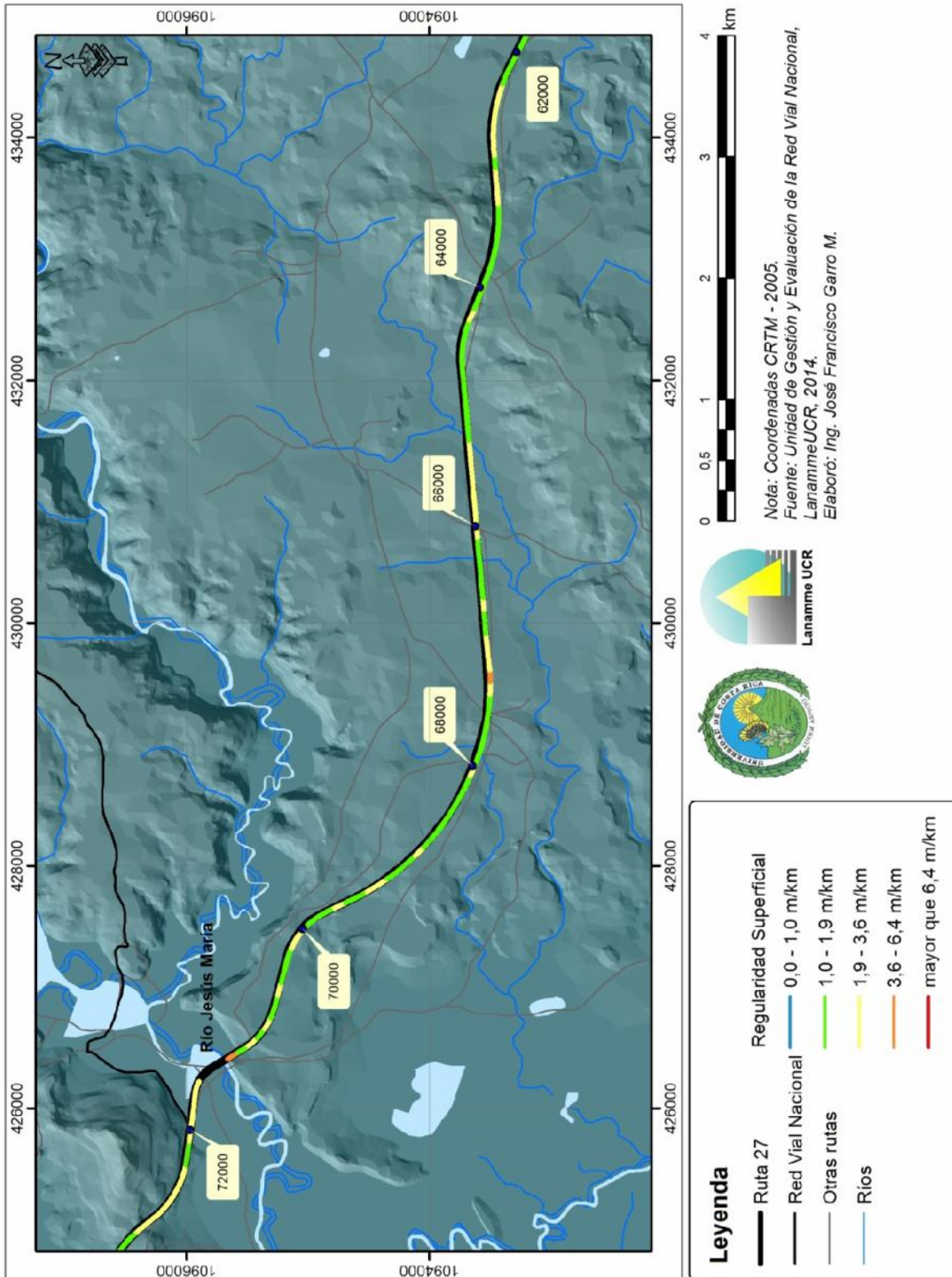


Figura A2 15 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 62+000 - 72+000

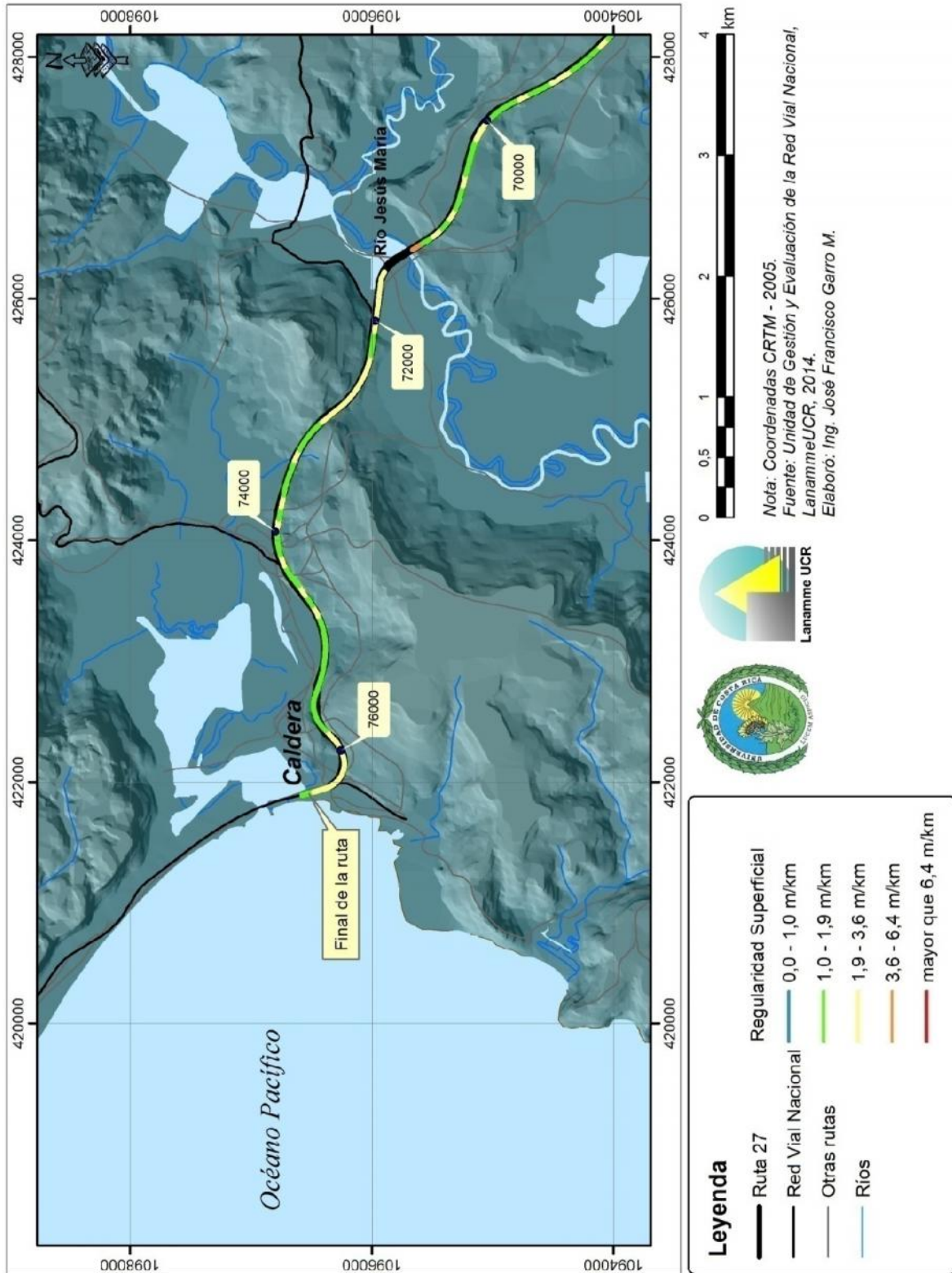


Figura A2 16 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 70+000 - 76+000



Anexo III: Resultados obtenidos Medidor de Agarre Superficial

Tabal A3 1 Estacionamientos deslizantes identificados, sentido San José – Caldera Ruta Nacional 27

Deslizamiento	Estacionamientos
Tramos con zonas parciales deslizantes	01+555 a 01+635, 04+050 a 04+485, 10+095 a 10+220, 10+755 a 11+205, 12+000 a 12+790, 13+020 a 13+440, 13+685 a 15+310, 15+505 a 16+395, 16+745 a 17+120, 17+690 a 17+120, 17+380 a 17+765, 18+065 a 18+325, 18+455 a 26+745, 27+090 a 27+785, 28+230 a 28+695, 28+975 a 36+210, 36+335 a 37+025, 37+435 a 37+570, 38+025 a 38+195, 38+520 a 39+065, 40+320 a 40+510, 41+200 a 42+780, 43+795 a 44+385, 44+565 a 48+840, 49+285 a 74+470, 75+270 a 76+145
Tramos deslizantes	00+340 a 01+555, 01+635 a 02+290, 02+815 a 03+020, 03+440 a 03+725, 04+485 a 06+510, 07+265 a 07+630, 07+865 a 10+095, 10+220 a 10+755, 12+790 a 13+020, 13+440 a 13+685, 15+310 a 15+505, 16+395 a 16+745, 17+120 a 17+380, 17+765 a 18+065, 18+325 a 18+455, 26+750 a 27+090, 27+785 a 28+230, 28+695 a 28+975, 36+210 a 36+335, 37+030 a 37+435, 37+570 a 38+025, 38+195 a 38+520, 39+065 a 40+320, 40+510 a 41+200, 42+780 a 43+795, 44+385 a 44+565, 48+840 a 49+285, 74+470 a 75+270
Tramos con zonas parciales muy deslizantes	00+000 a 00+340, 02+290 a 02+590, 03+795 a 04+050, 06+590 a 07+265, 10+205 a 12+000
Tramos muy deslizantes	02+590 a 02+815, 03+020 a 03+440, 03+725 a 03+795, 06+510 a 06+585, 07+630 a 07+865

Tabal A3 2 Estacionamientos deslizantes identificados, sentido Caldera – San José, Ruta Nacional 27

Deslizamiento	Estacionamientos
<p>Tramos con zonas parciales deslizantes</p>	<p>00+000 a 00+045, 02+430 a 02+930, 04+040 a 04+355, 04+545 a 05+100, 07+370 a 08+125, 08+690 a 09+520, 09+730 a 17+370, 18+505 a 19+485, 19+780 a 20+550, 20+690 a 20+805, 21+005 a 21+555, 22+965 a 23+215, 23+775 a 23+985, 25+150 a 25+435, 27+335 a 38+245, 38+340 a 43+485, 45+000 a 45+470, 47+725 a 48+015, 48+985 a 49+410, 49+540 a 50+610, 53+290 a 53+860, 54+540 a 55+220, 55+315 a 55+425, 55+740 a 56+970, 57+675 a 58+545, 59+055 a 59+955, 60+100 a 61+020, 63+800 a 63+875, 67+635 a 68+195, 68+725 a 69+630, 69+770 a 70+335, 71+140 a 71+635, 75+265 a 74+435</p>
<p>Tramos deslizantes</p>	<p>00+045 a 00+260, 00+380 a 00+560, 00+770 a 01+365, 02+060 a 02+430, 02+930 a 04+040, 04+355 a 05+545, 05+100 a 07+370, 08+125 a 08+690, 09+520 a 09+730, 17+730 a 18+505, 20+550 a 20+690, 20+805 a 21+005, 21+560 a 22+965, 23+220 a 23+770, 23+985 a 25+150, 25+435 a 27+335, 38+245 a 38+340, 43+485 a 43+805, 44+745 a 45+000, 45+470 a 45+925, 47+490 a 47+720, 48+015 a 48+985, 50+610 a 50+645, 52+295 a 53+290, 53+865 a 54+050, 55+220 a 55+315, 55+425 a 56+740, 56+970 a 57+675, 58+545 a 59+055, 59+955 a 60+100, 61+020 a 61+825, 63+190 a 63+565, 63+875 a 64+375, 64+765 a 66+300, 66+555 a 67+635, 68+195 a 68+725, 69+630 a 69+770, 70+335 a 71+140, 71+635 a 73+505, 73+705 a 75+265</p>
<p>Tramos con zonas parciales muy deslizantes</p>	<p>01+365 a 01+525, 19+485 a 19+780, 44+125 a 44+745, 46+110 a 47+490, 49+410 a 49+540, 51+485 a 51+580, 51+675 a 51+855, 52+195 a 52+295, 54+050 a 54+185, 61+825 a 62+730, 63+565 a 63+800, 64+375 a 64+765, 66+300 a 66+555, 73+505 a 73+710</p>
<p>Tramos muy deslizantes</p>	<p>00+260 a 00+380, 00+560 a 00+770, 01+525 a 02+060, 17+370 a 17+730, 43+805 a 44+125, 45+925 a 46+110, 50+650 a 51+485, 51+580 a 51+675, 51+855 a 52+195, 54+185 a 54+535, 62+730 a 63+190, 75+405 a 75+435</p>

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

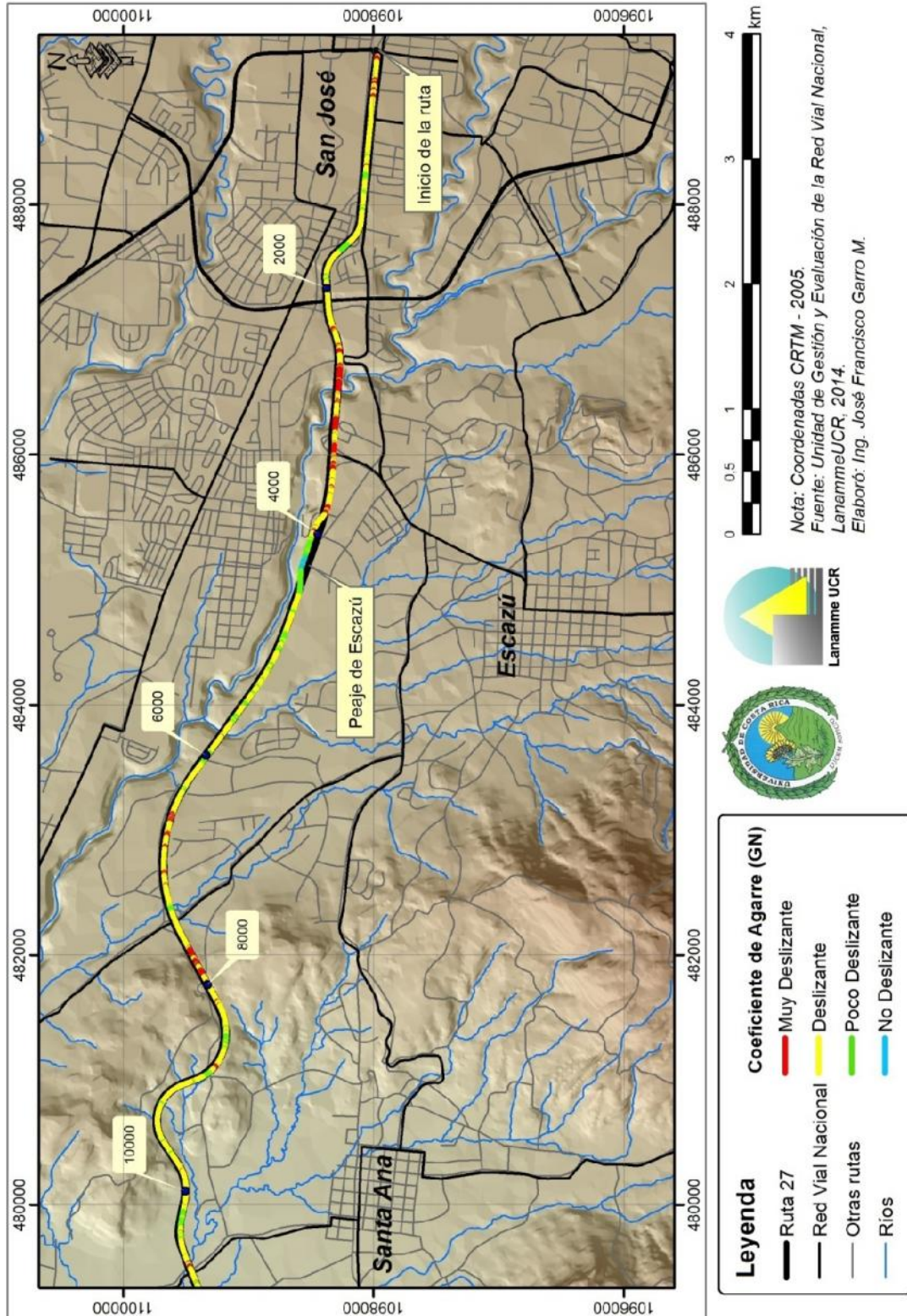


Figura A3 1 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 0+000 -10+000

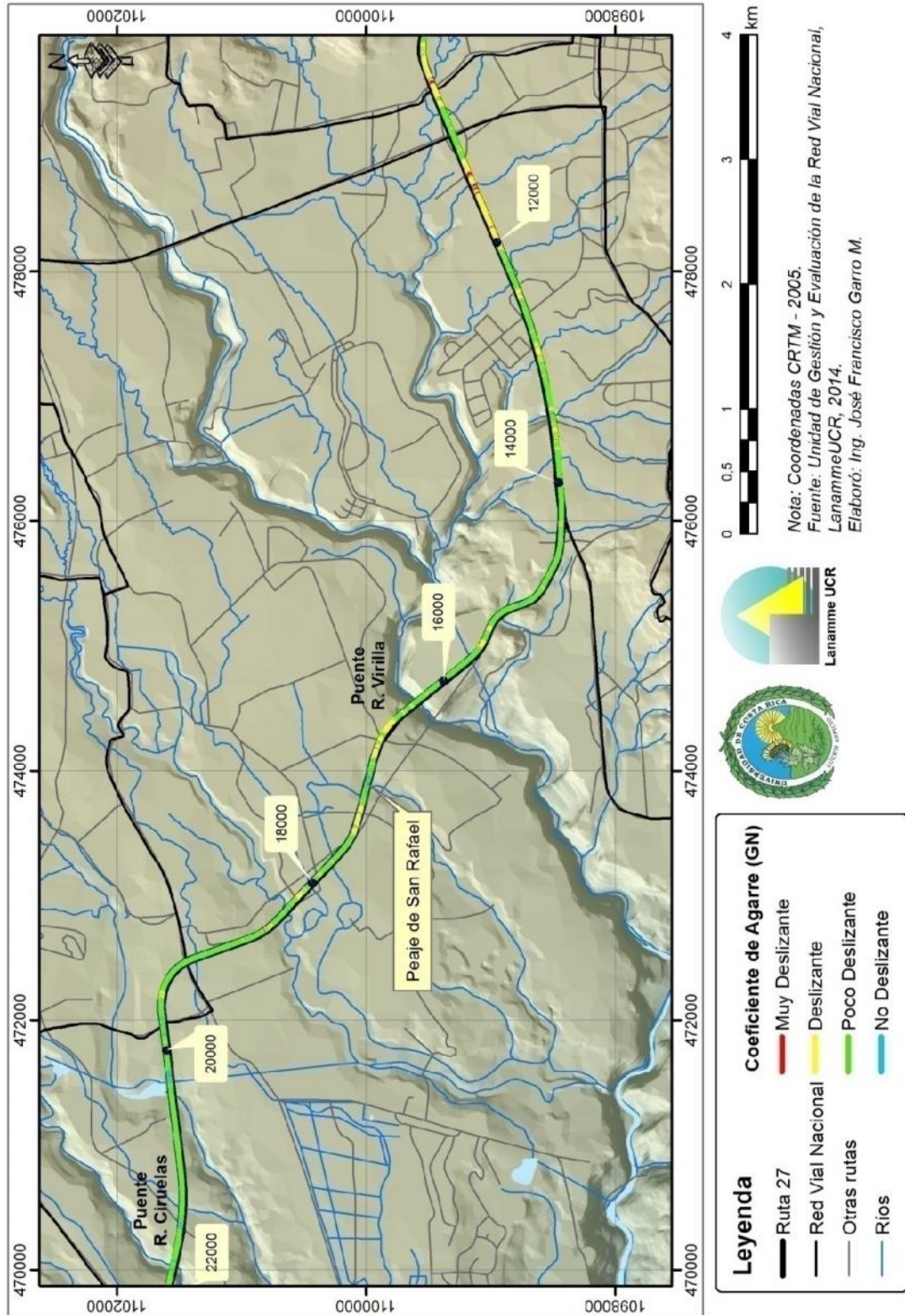


Figura A3 2 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 12+000 - 22+000

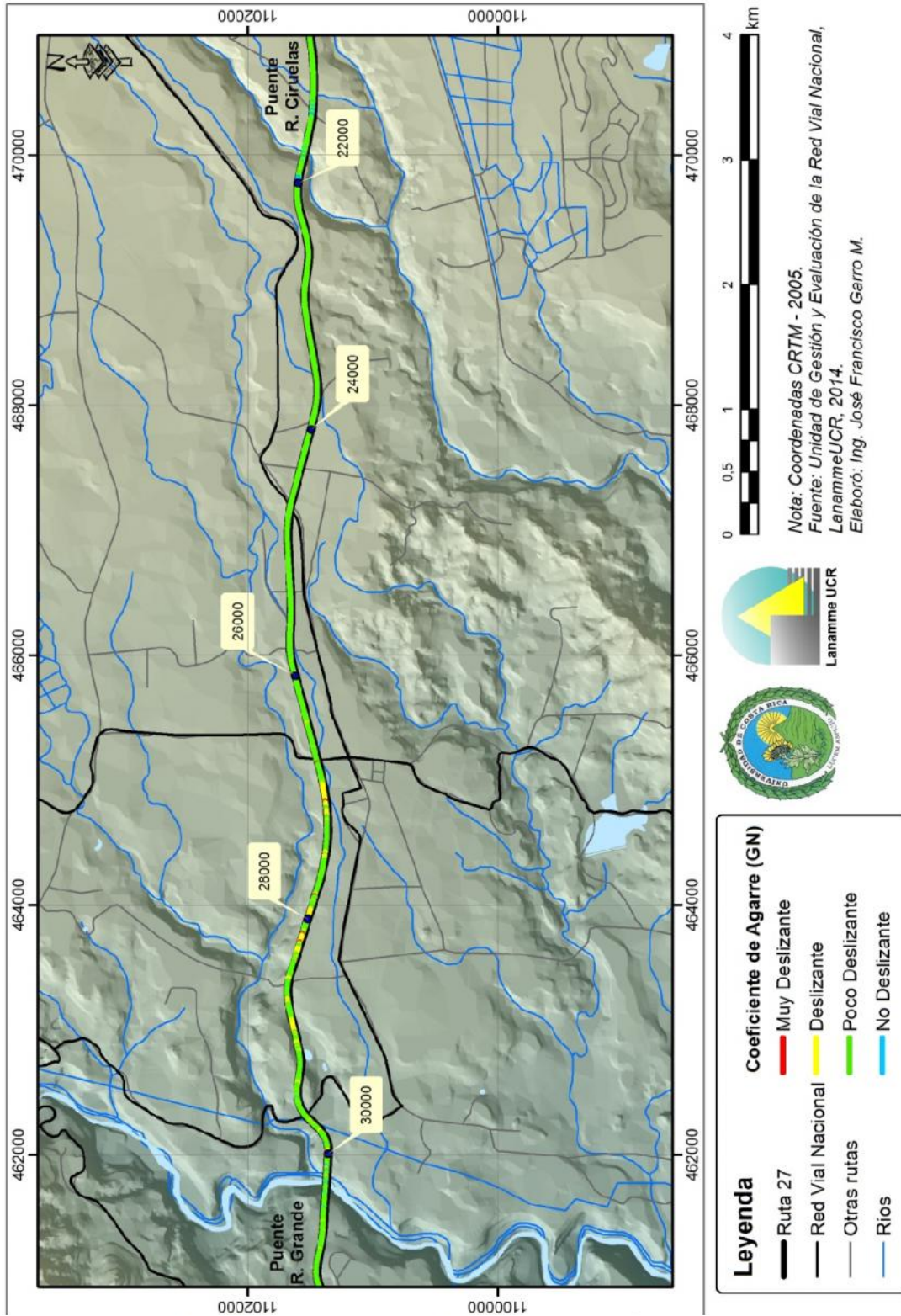


Figura A3 3 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 22+000 - 30+000

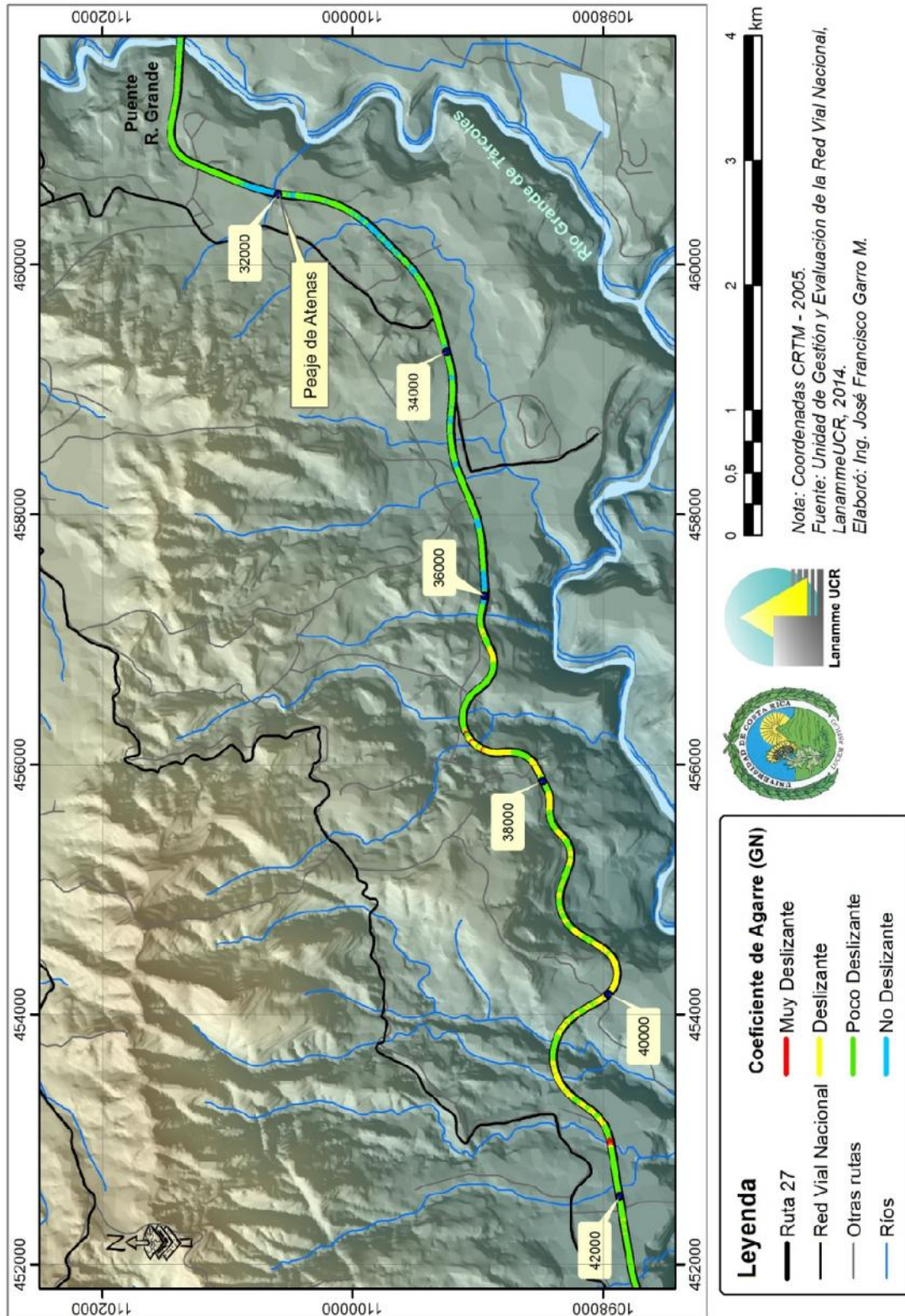


Figura A3 4 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 32+000 - 42+000

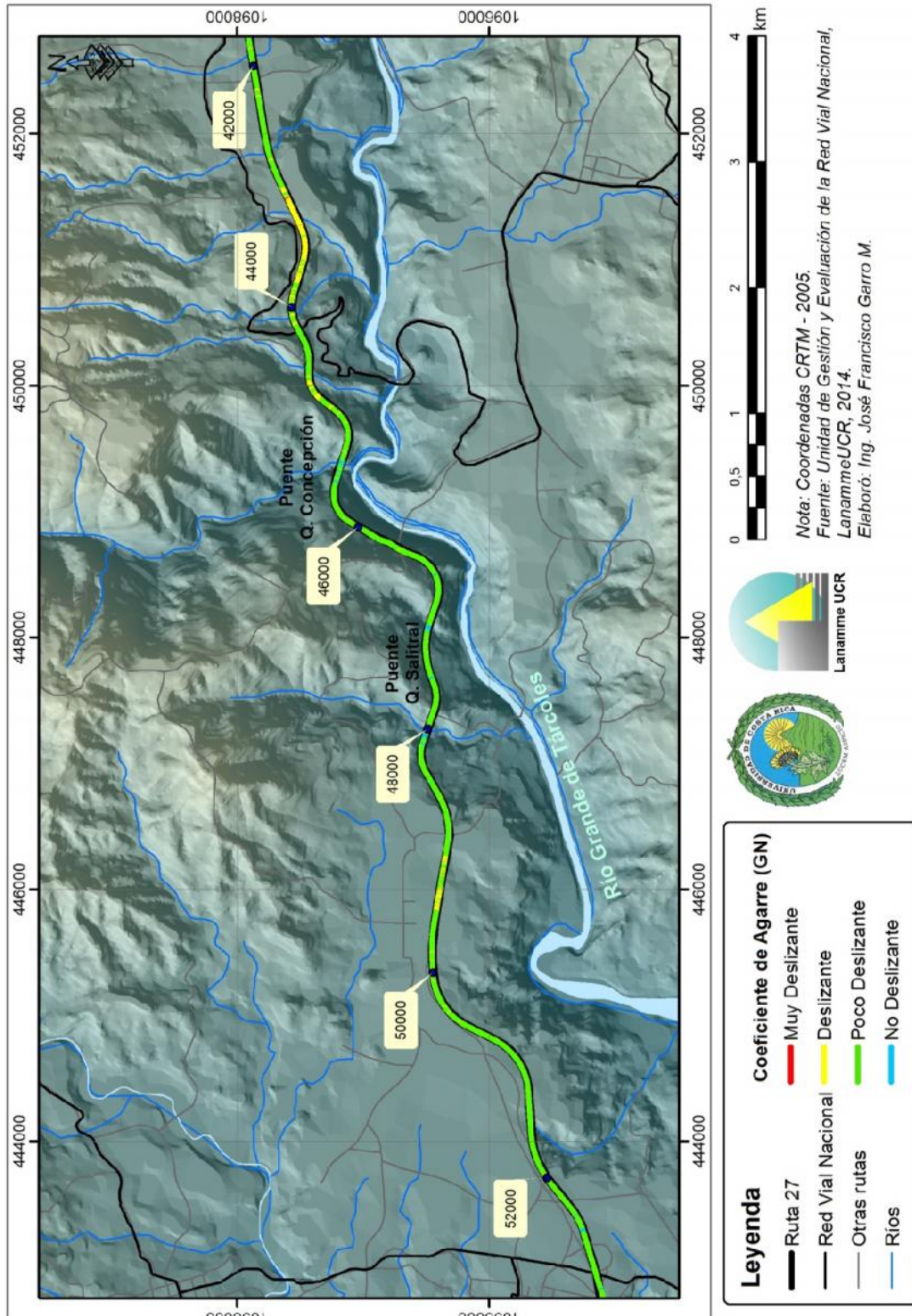


Figura A3 5 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 42+000 - 52+000

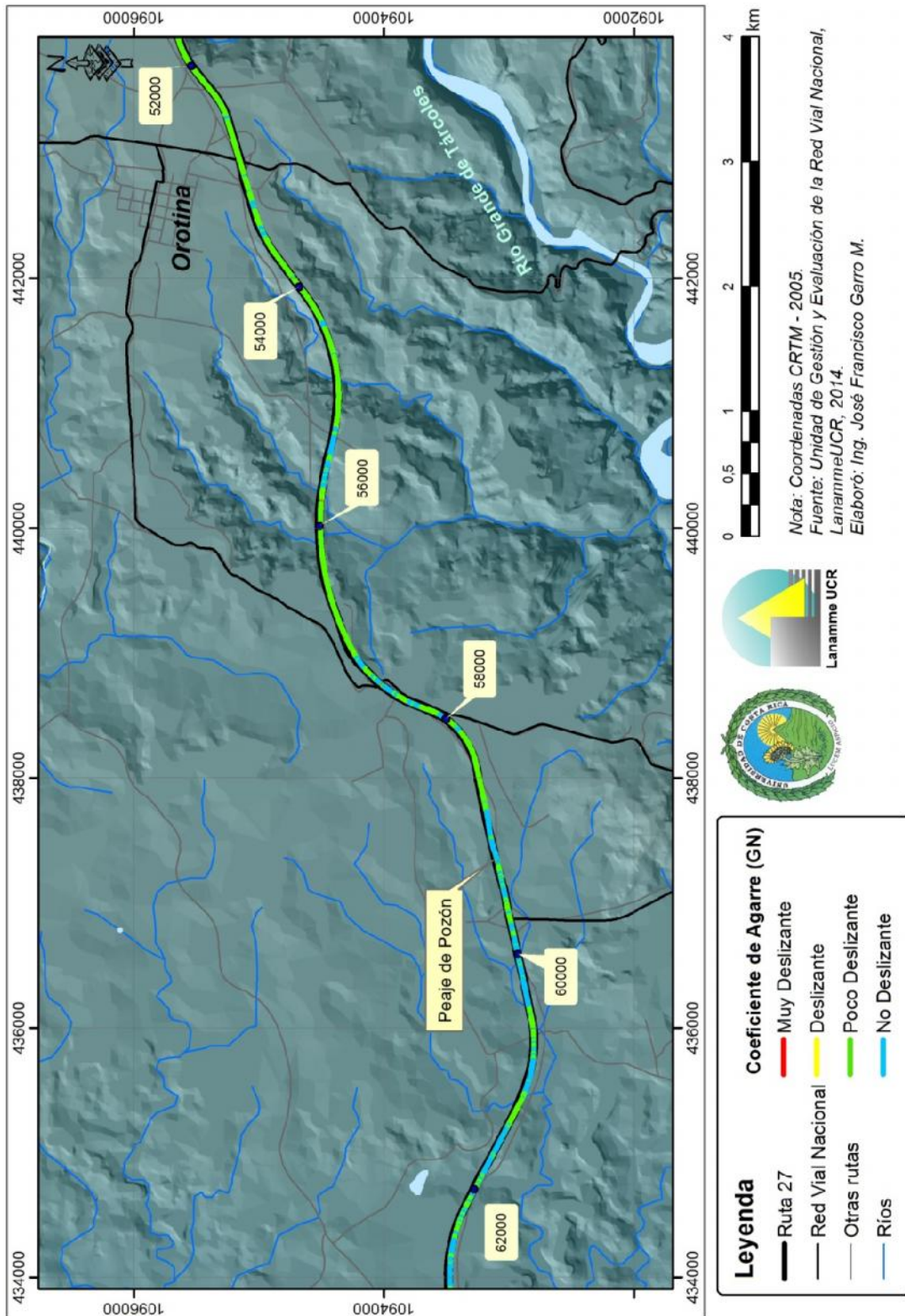


Figura A3 6 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 52+000 - 62+000

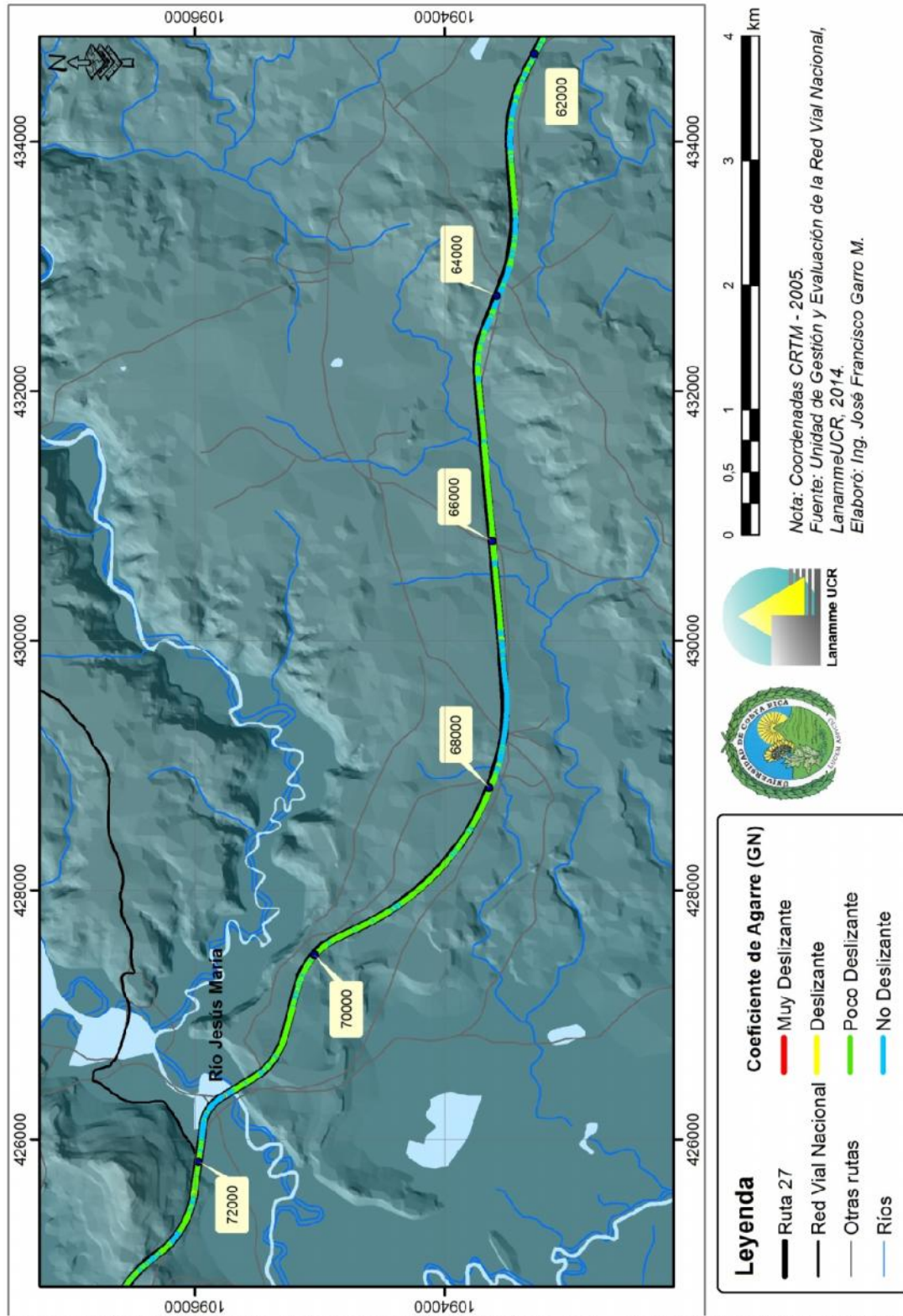


Figura A3 7 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 62+000 - 72+000

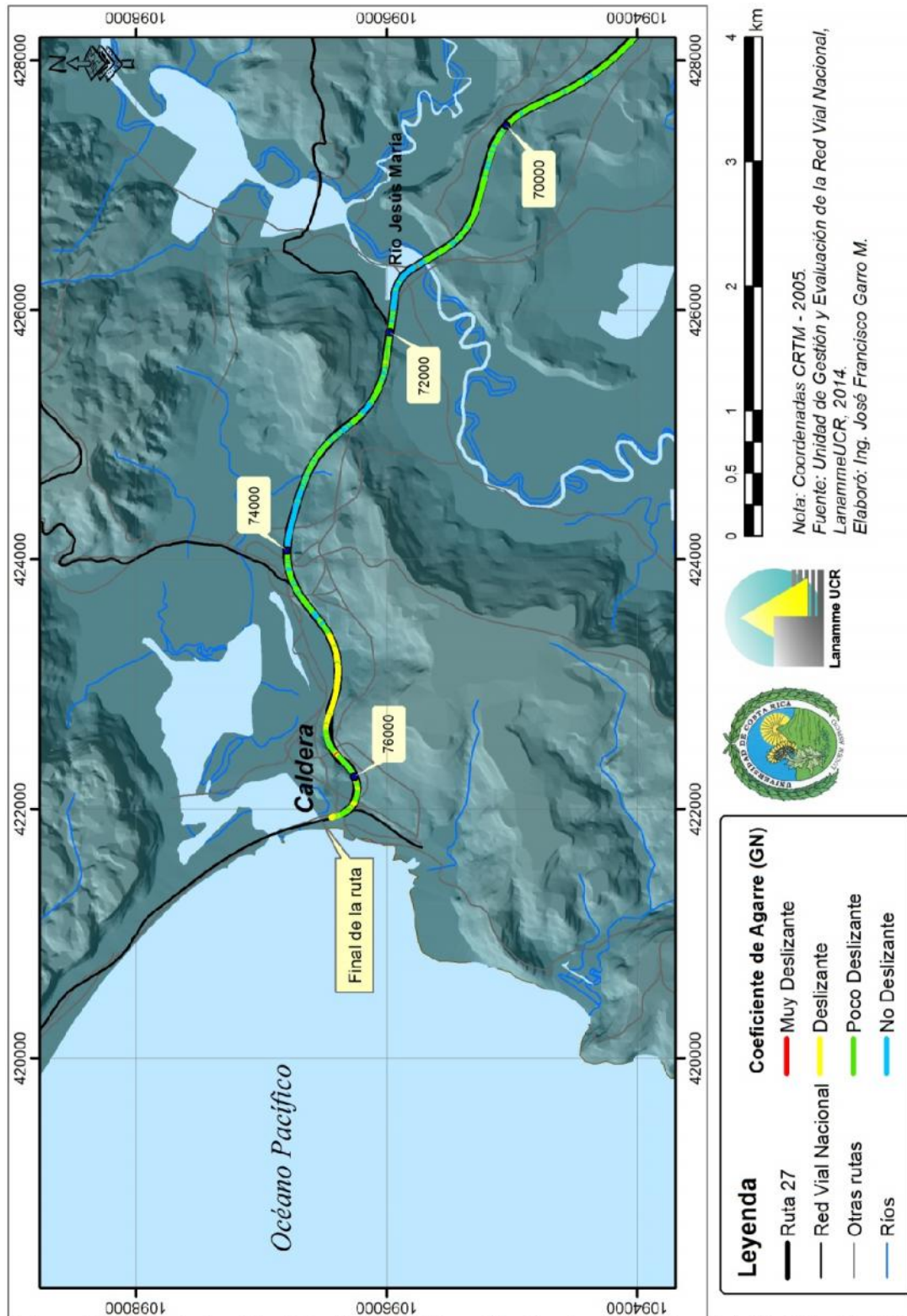


Figura A3 8 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 70+000 - 76+000

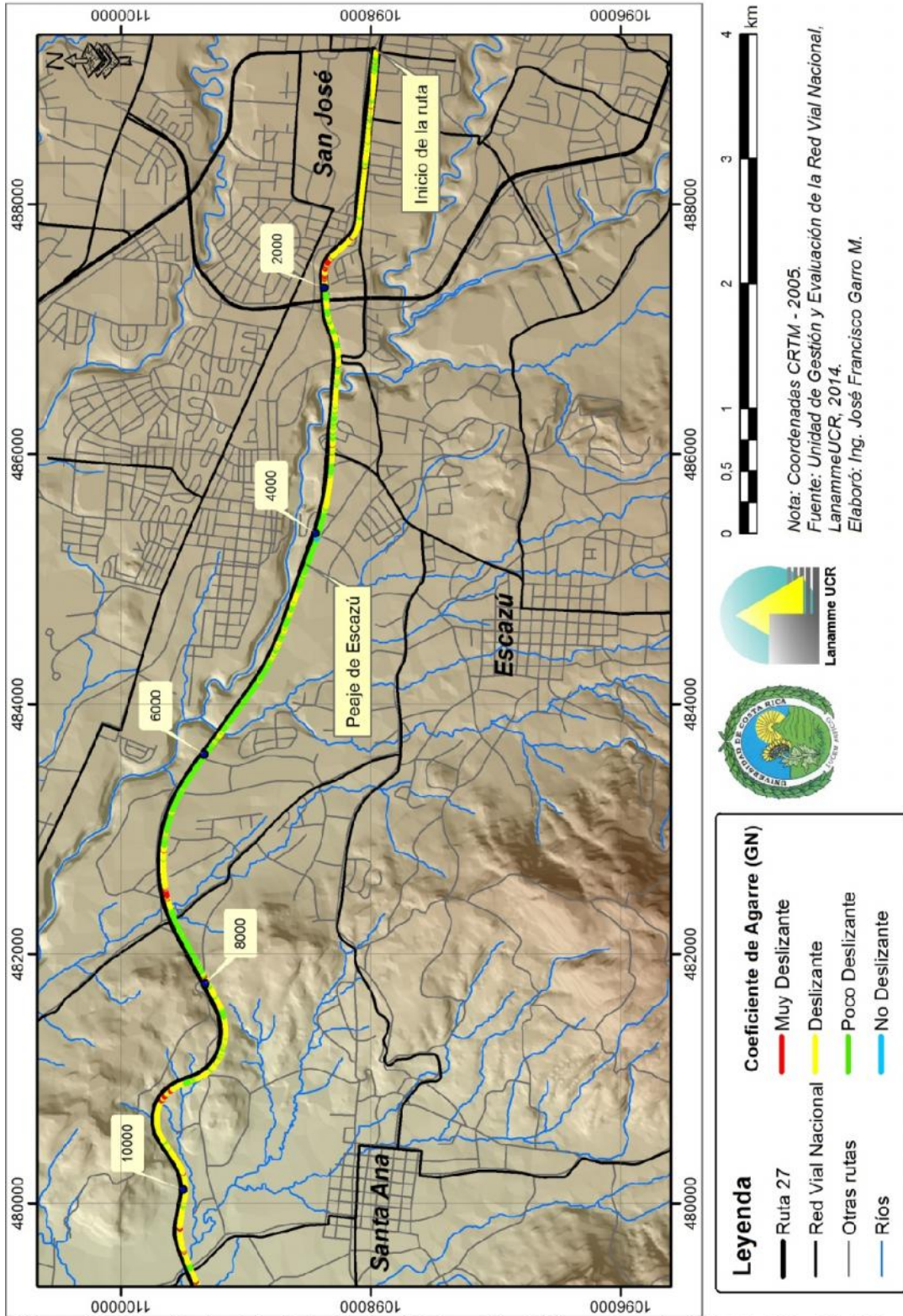


Figura A3 9 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 2+000 - 10+000

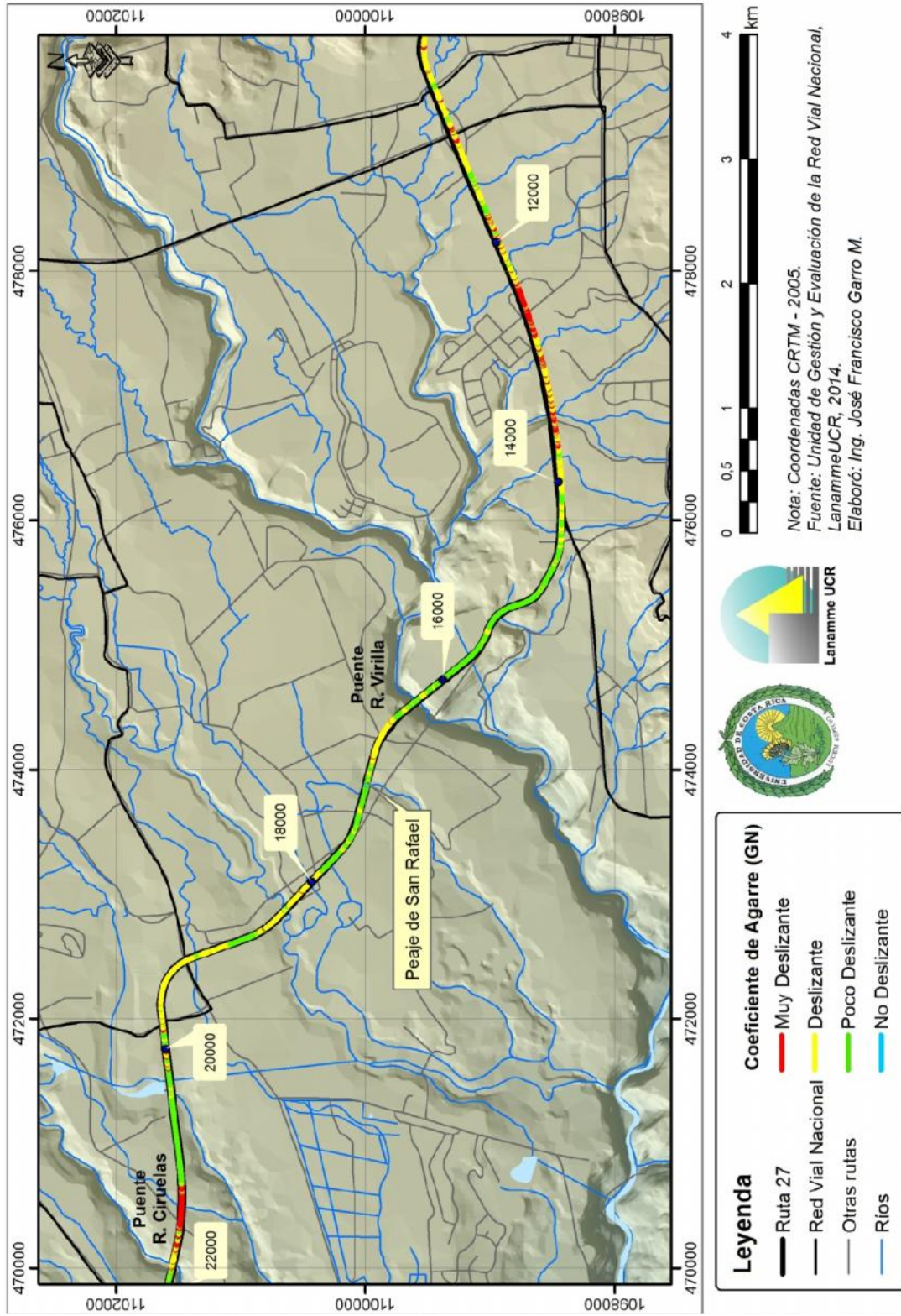


Figura A3 10 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 12+000 - 22+000

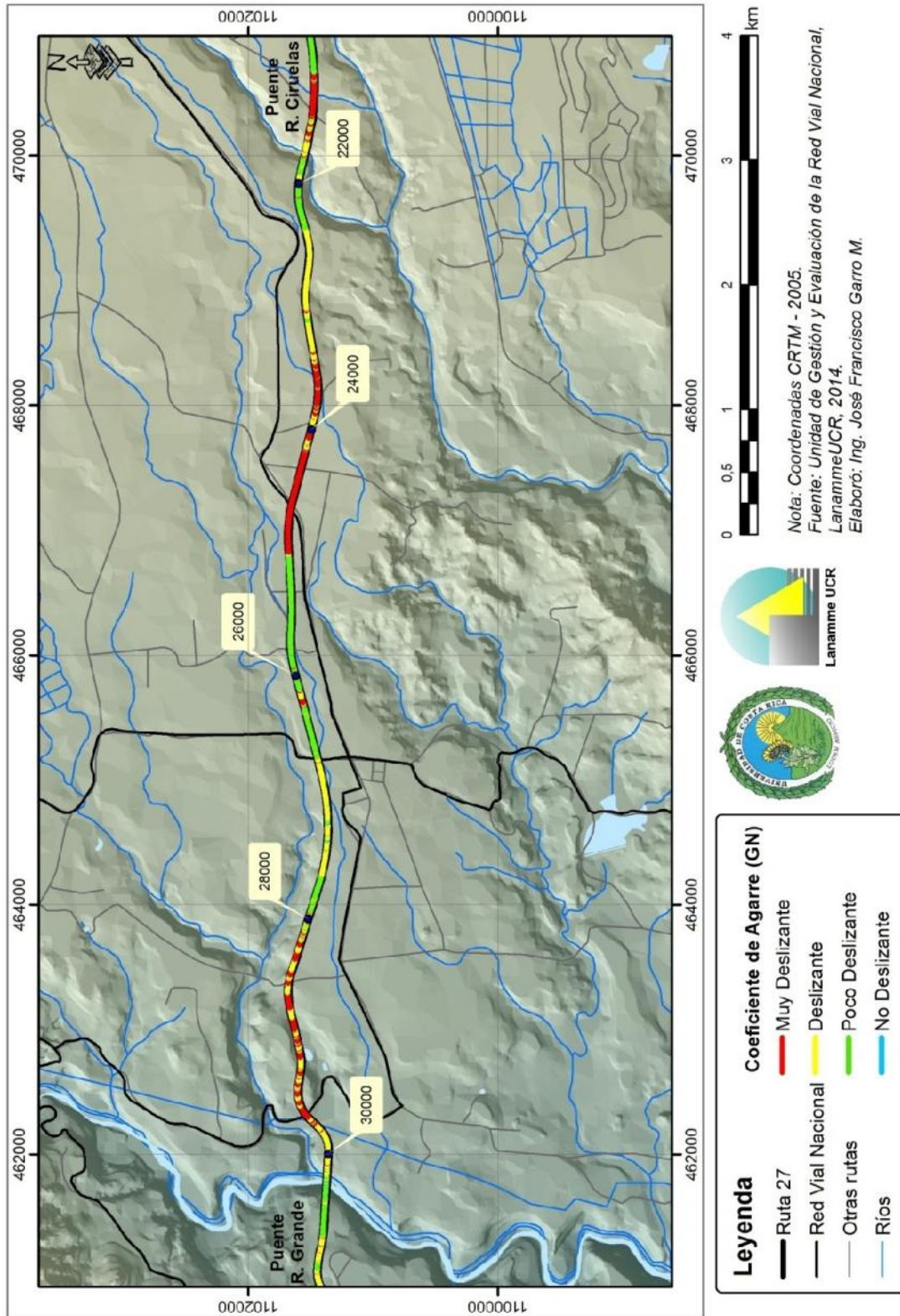


Figura A3 11 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 22+000 - 30+000

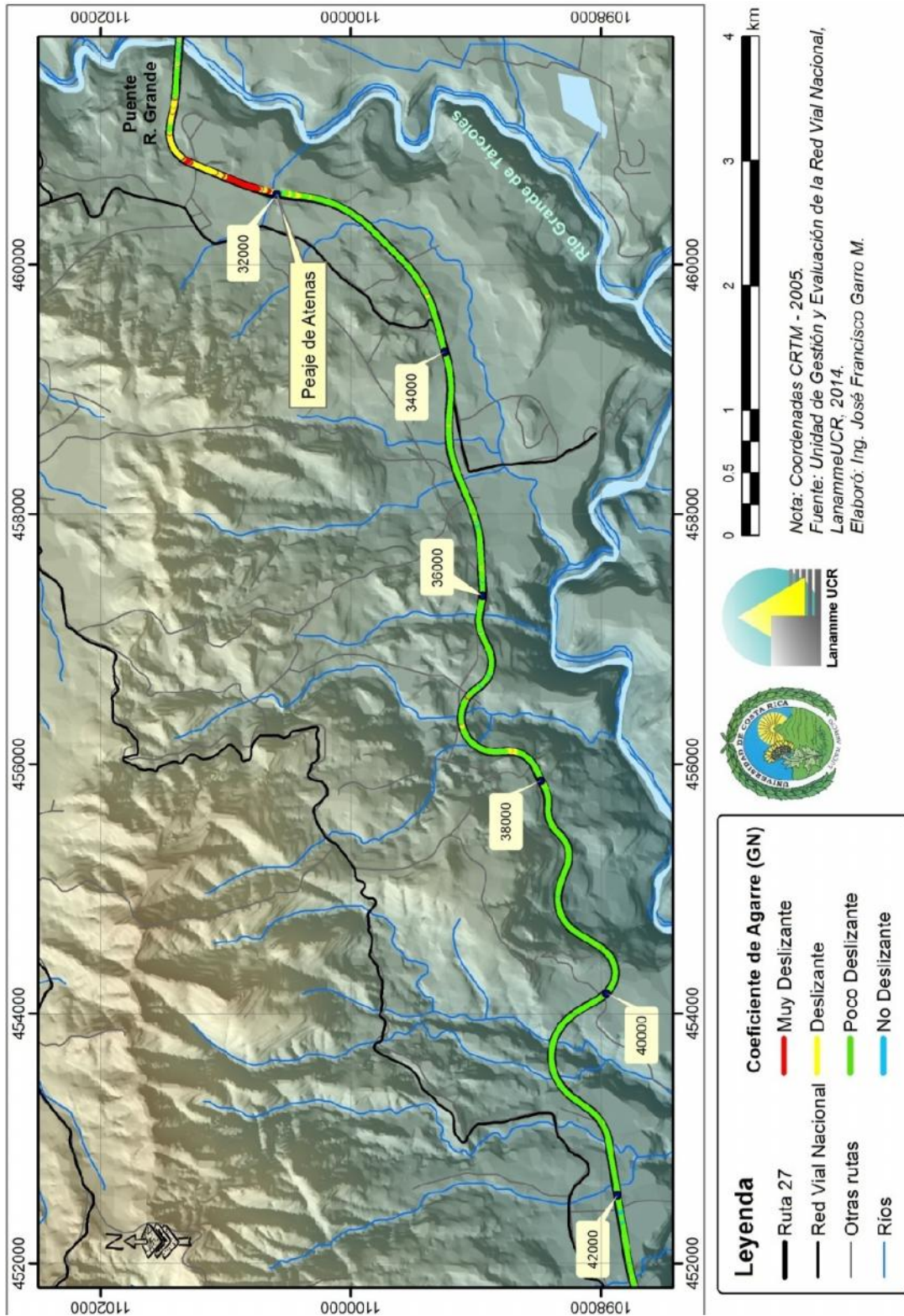


Figura A3 12 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 32+000 -42+000

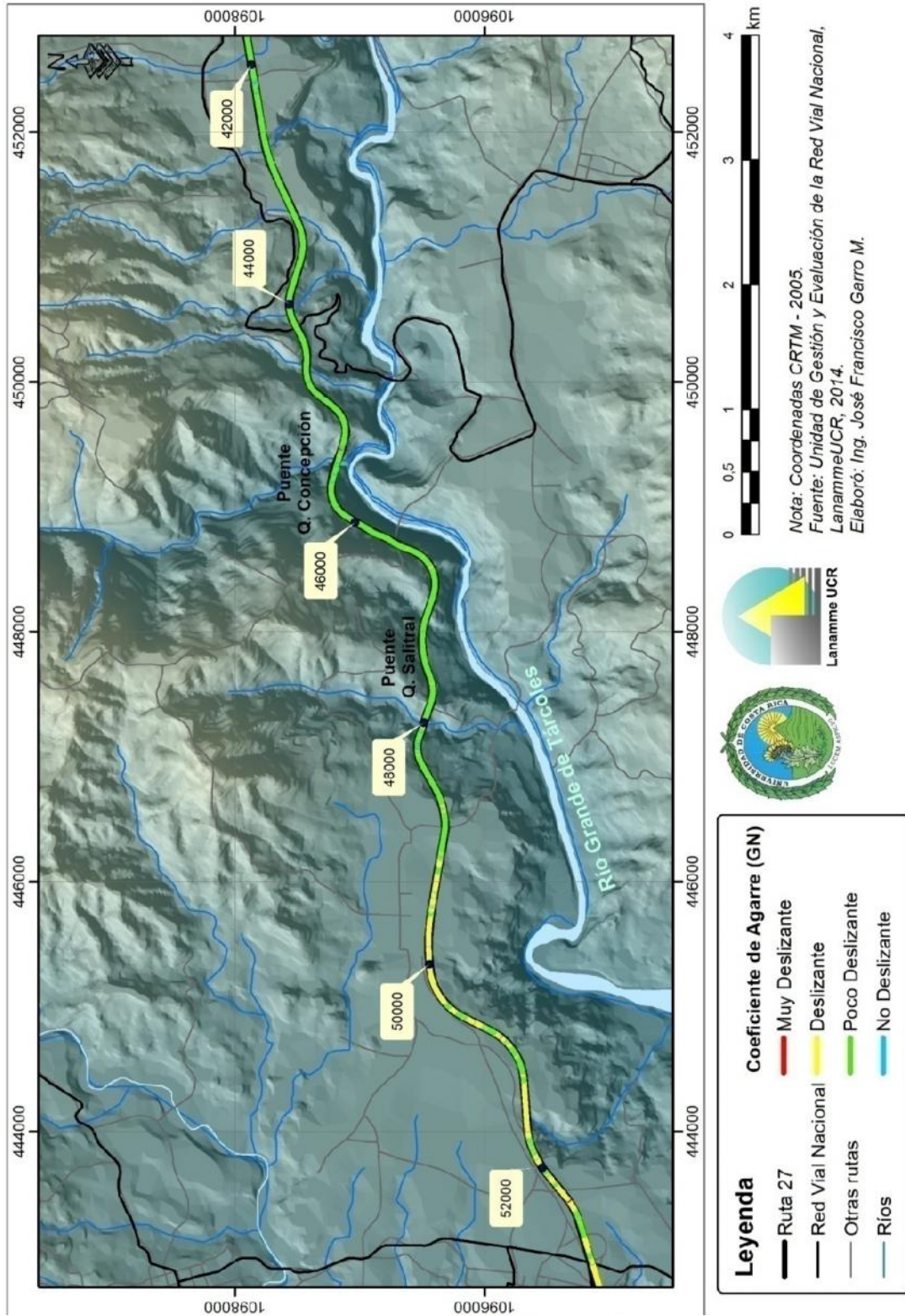


Figura A3 13 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 42+000 - 52+000

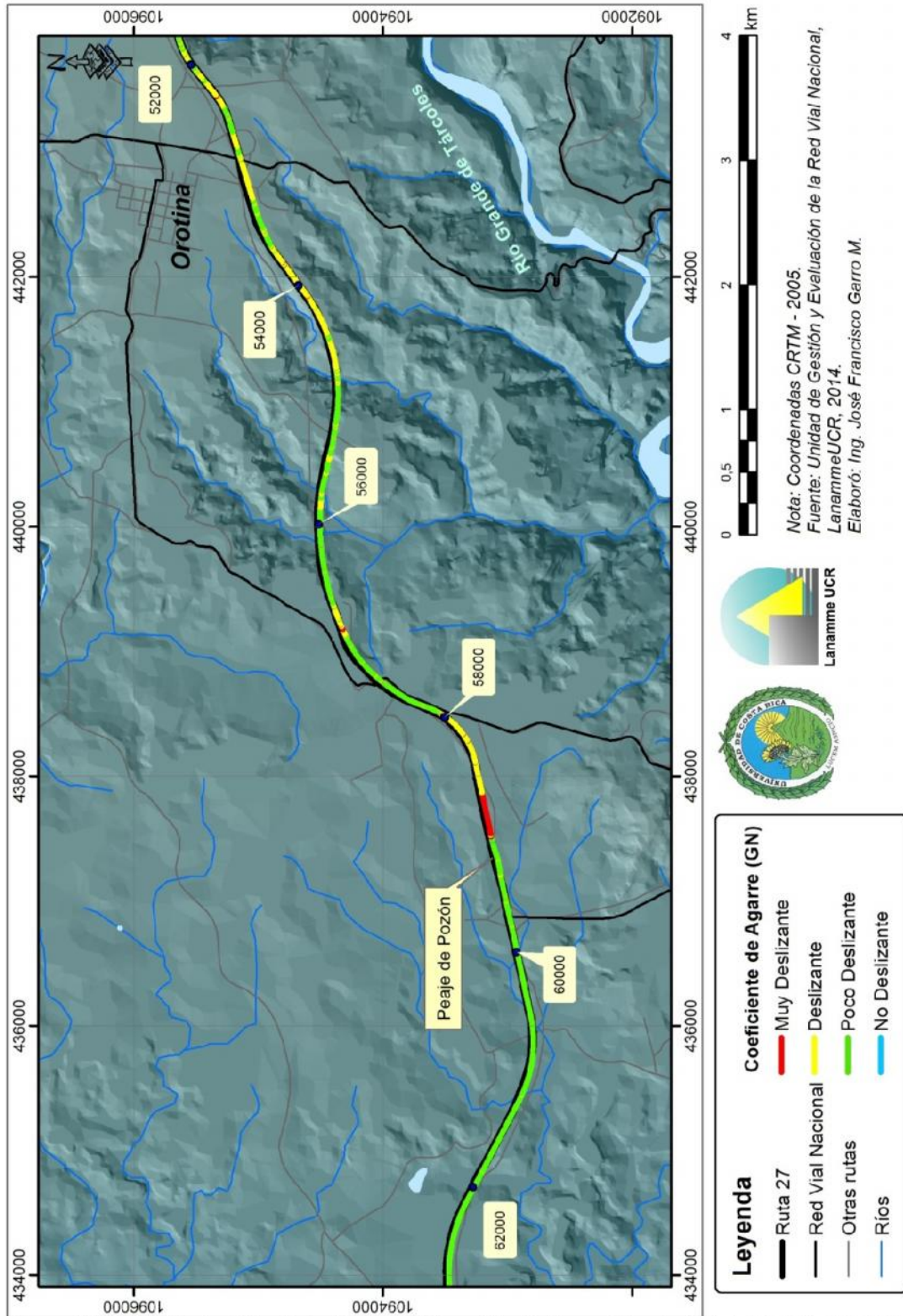


Figura A3 14 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 52+000 - 62+000

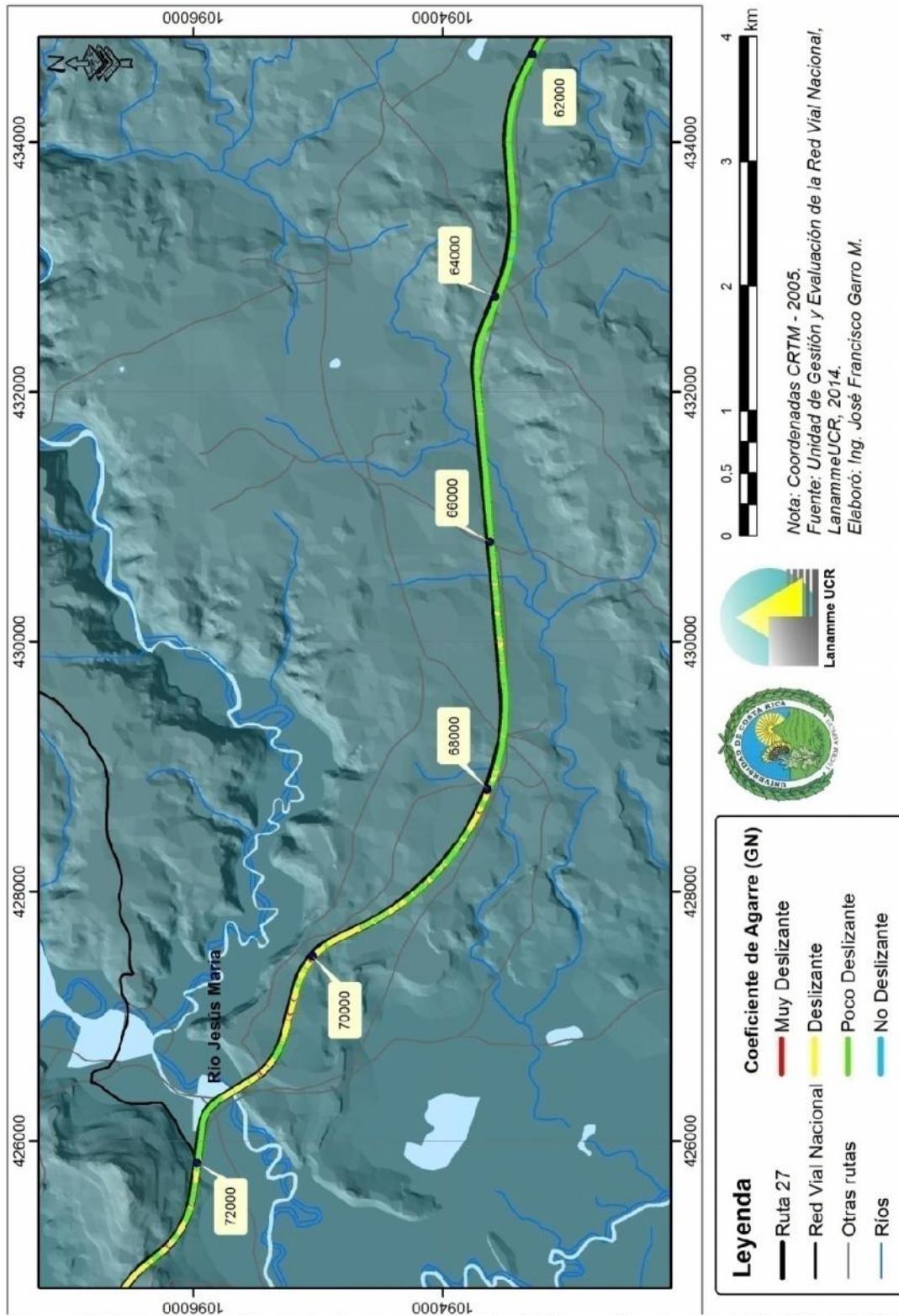


Figura A3 15 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 62+000 - 72+000

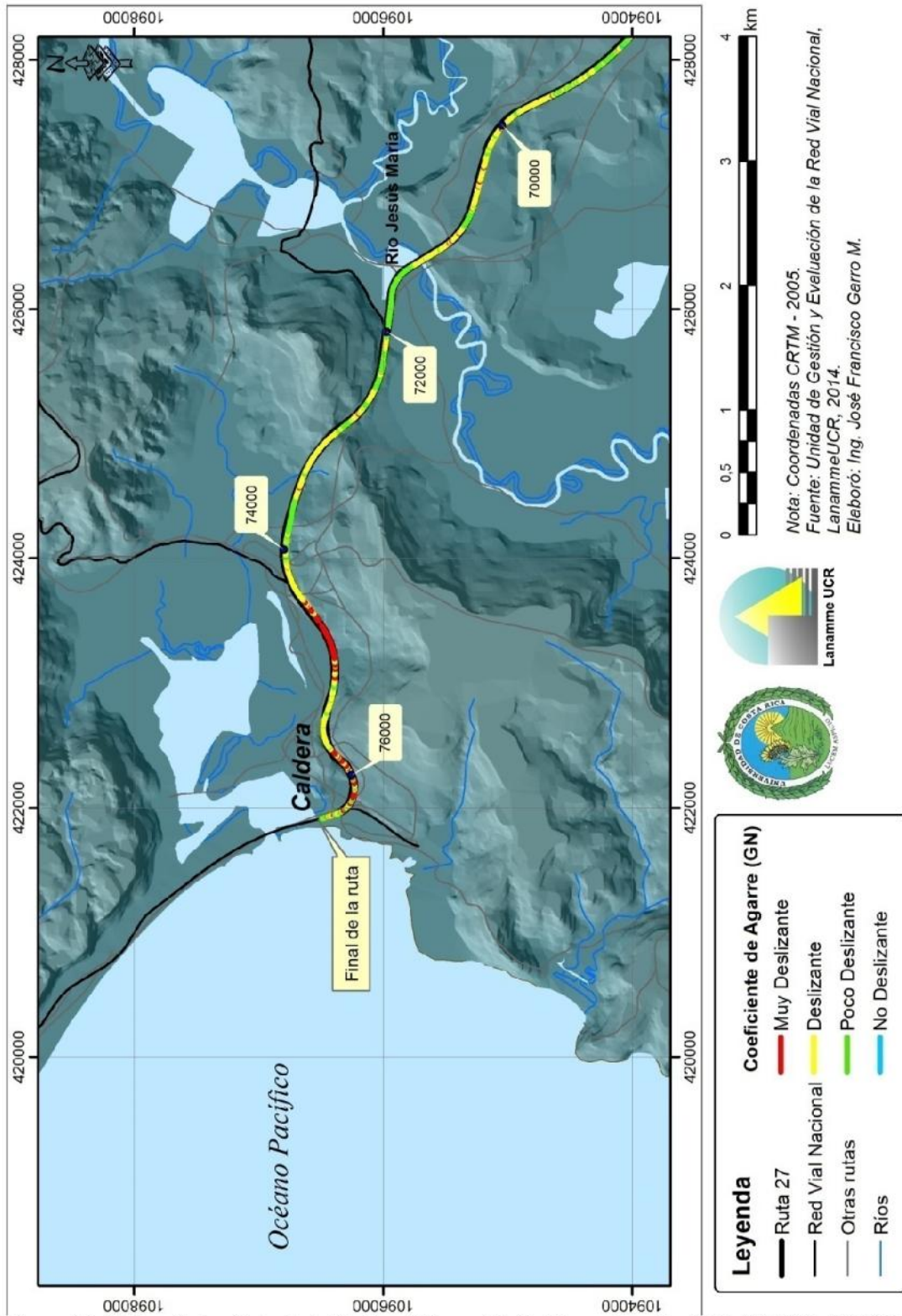


Figura A3 16 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 70+000 - 76+000



Anexo IV: Sitios detectados con problemas en los guardavías

Tabla A4 1 Ubicación de los sitios con problemas en el guardavía, sentido San José – Caldera




Longitud (m)	Estación	Fecha	Imagen
11,30	7+180	28/08/2013	
8,33	11+110	28/08/2013	
9,83	27+215	28/08/2013	

Tabla A4 2 Ubicación de los sitios con problemas en el guardavía, sentido Caldera – San José




Longitud (m)	Estación	Fecha	Imagen
12,04	76+180	28/08/2013	
9,00	71+540	28/08/2013	
8,30	71+475	28/08/2013	

Tabla A4 2 (continuación) Ubicación de los sitios con problemas en el guardavía, sentido Caldera – San José




Longitud (m)	Estación	Fecha	Imagen
8,31	61+060	28/08/2013	
12,92	55+830	28/08/2013	
13,44	44+710	28/08/2013	

Tabla A4 2 (continuación) Ubicación de los sitios con problemas en el guardavía, sentido Caldera – San José




Longitud (m)	Estación	Fecha	Imagen
4,92	44+530	28/08/2013	
8,00	38+865	28/08/2013	
8,13	38+840	28/08/2013	

Tabla A4 2 (continuación) Ubicación de los sitios con problemas en el guardavía, sentido Caldera – San José

Longitud (m)	Estación	Fecha	Imagen
25,3	34+475	28/08/2013	
7,61	6+335	28/08/2013	



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

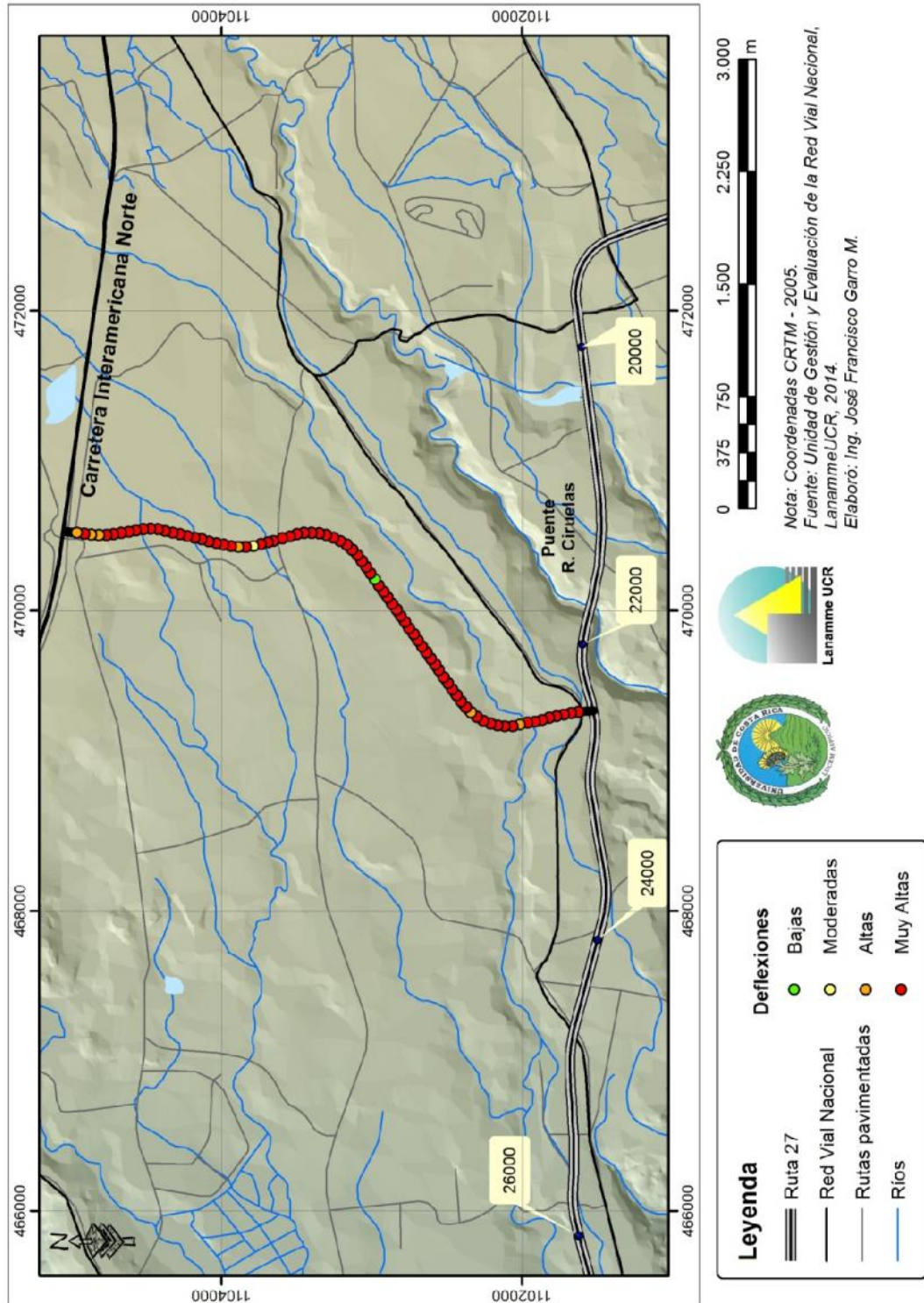


Figura A5 1 Resultados FWD, Radial El Coyal, sentido Ruta Nacional 27 - El Coyal

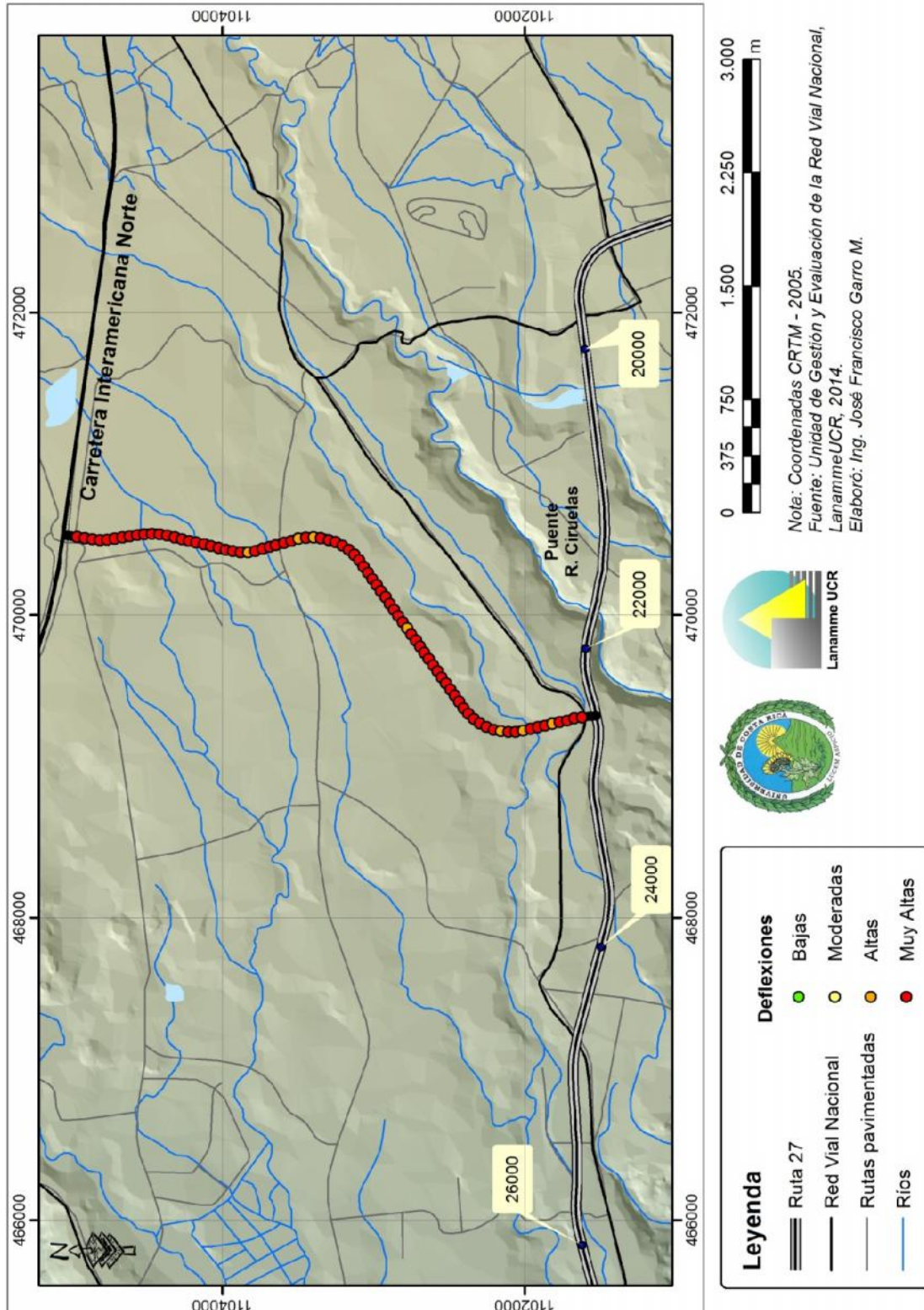


Figura A5 2 Resultados FWD, Radial El Coyol, sentido El Coyol - Ruta Nacional 27

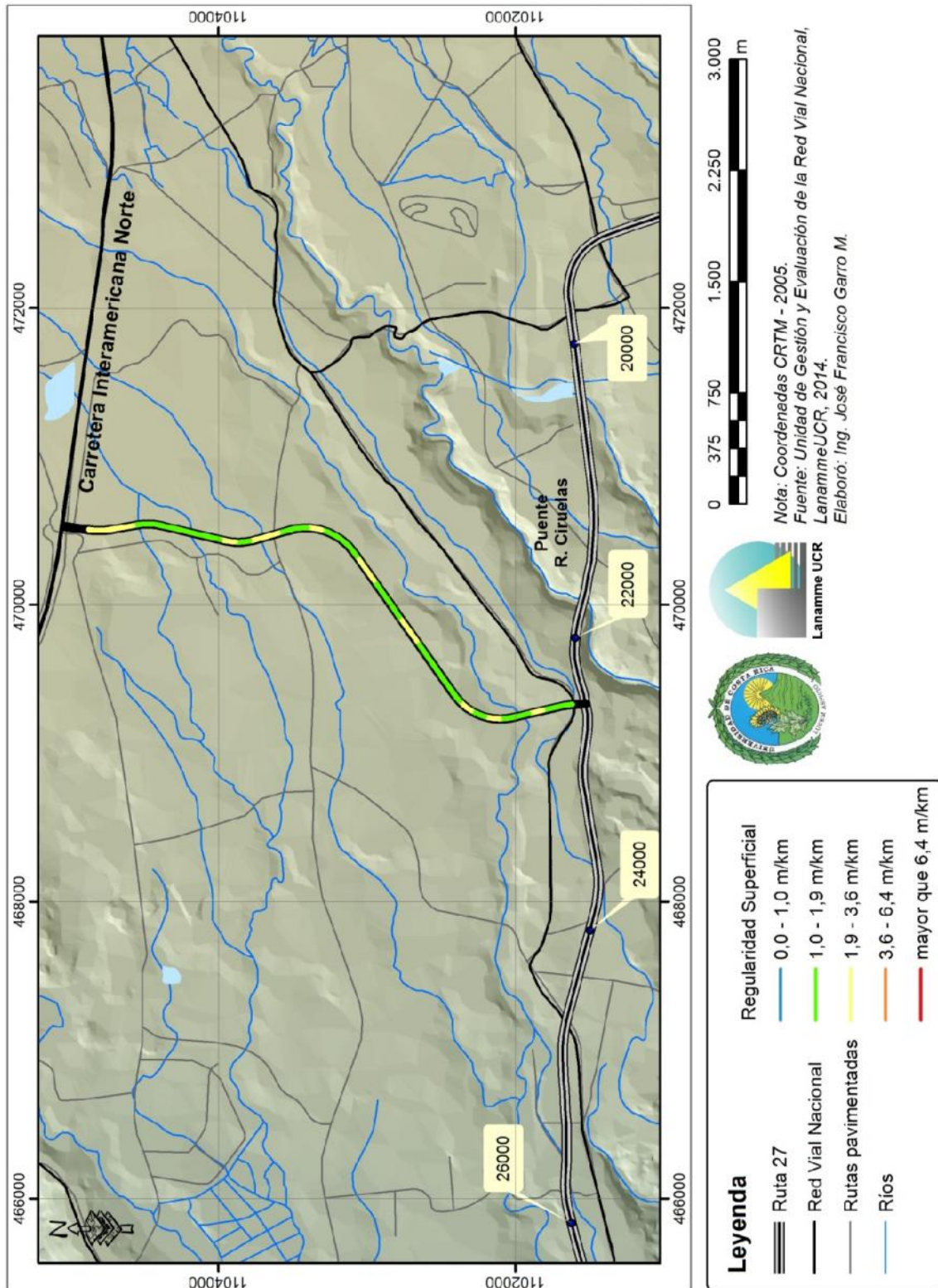


Figura A5 3 Resultados IRI, Radial El Coyal, sentido Ruta Nacional 27 - El Coyal

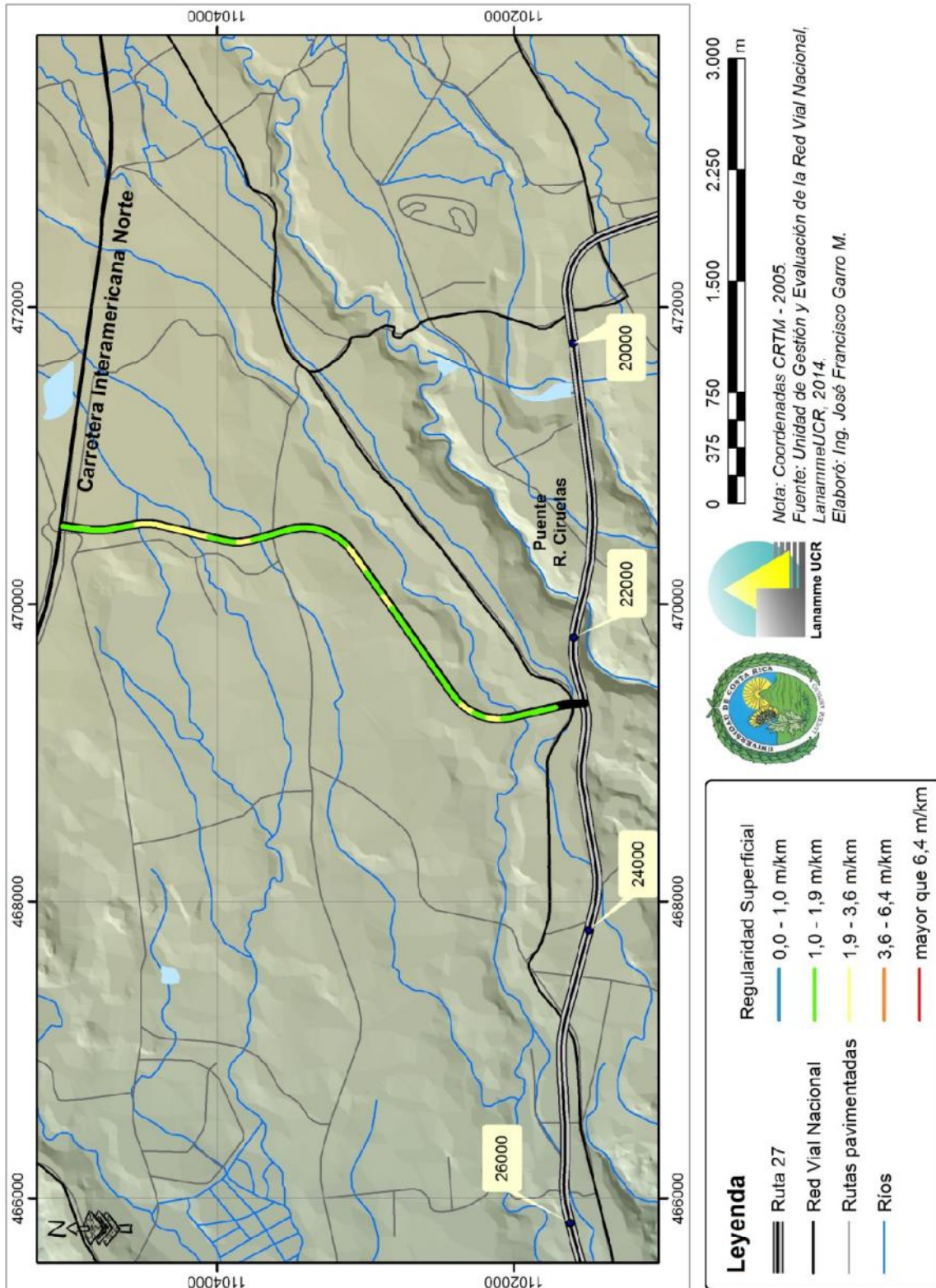


Figura A5 4 Resultados IRI, Radial El Coyol, sentido El Coyol - Ruta Nacional 27

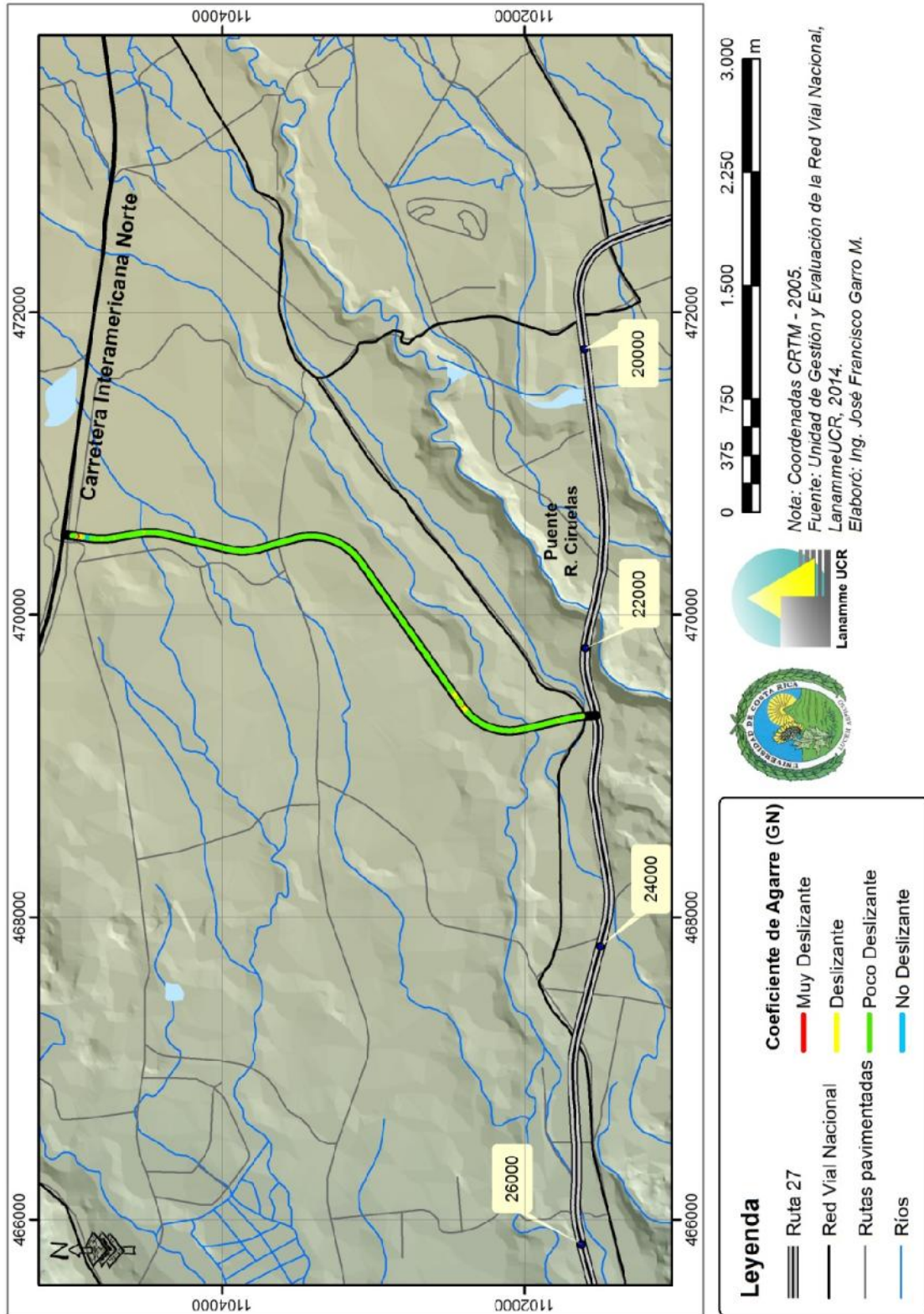


Figura A5 5 Resultados GRIP, Radial El Coyal, sentido Ruta Nacional 27 - El Coyal

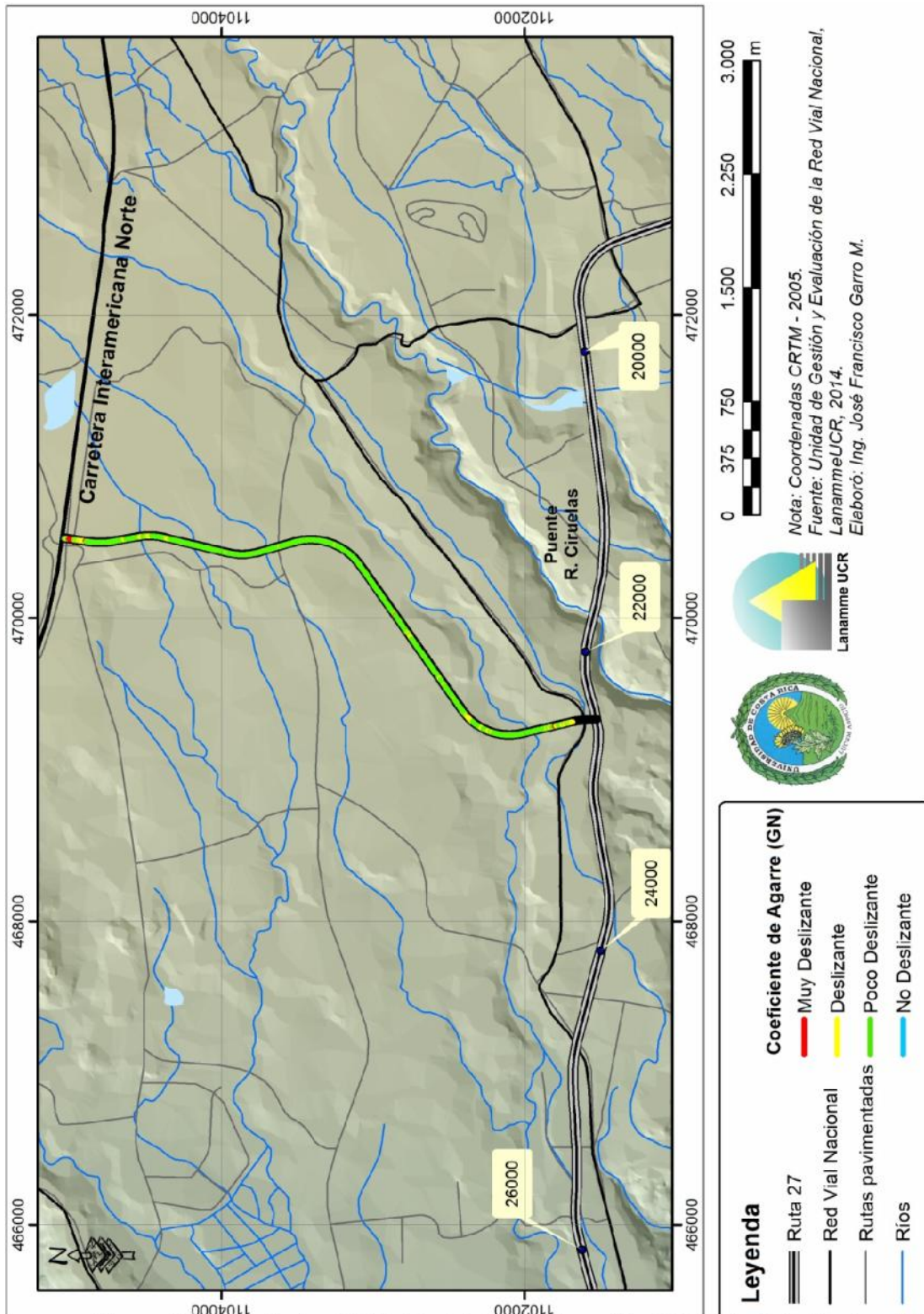


Figura A5 6 Resultados GIRIP, Radial El Coyal, sentido El Coyal - Ruta Nacional 27

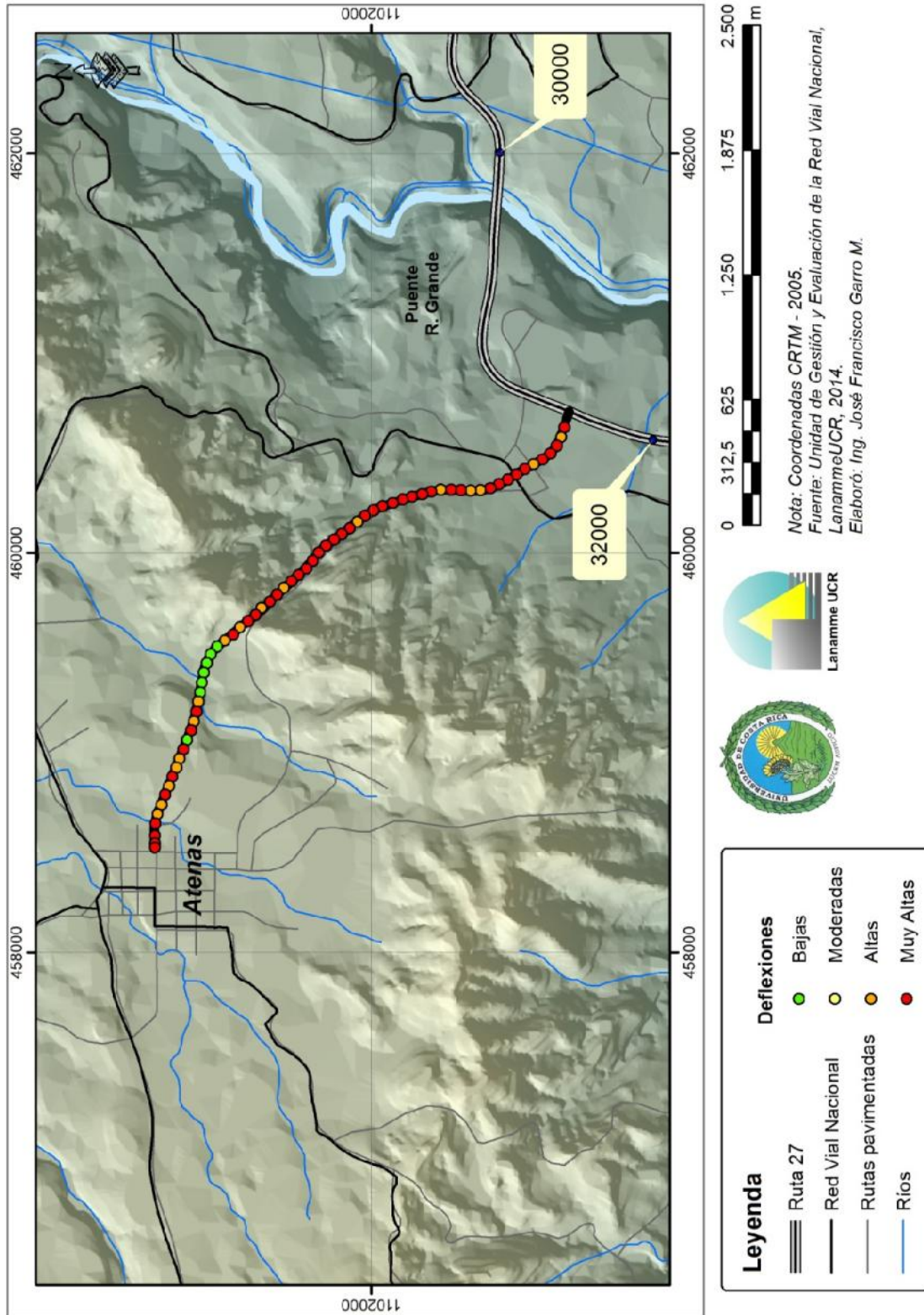


Figura A5 7 Resultados FWD, Radial Atenas, sentido Ruta Nacional 27 - Atenas

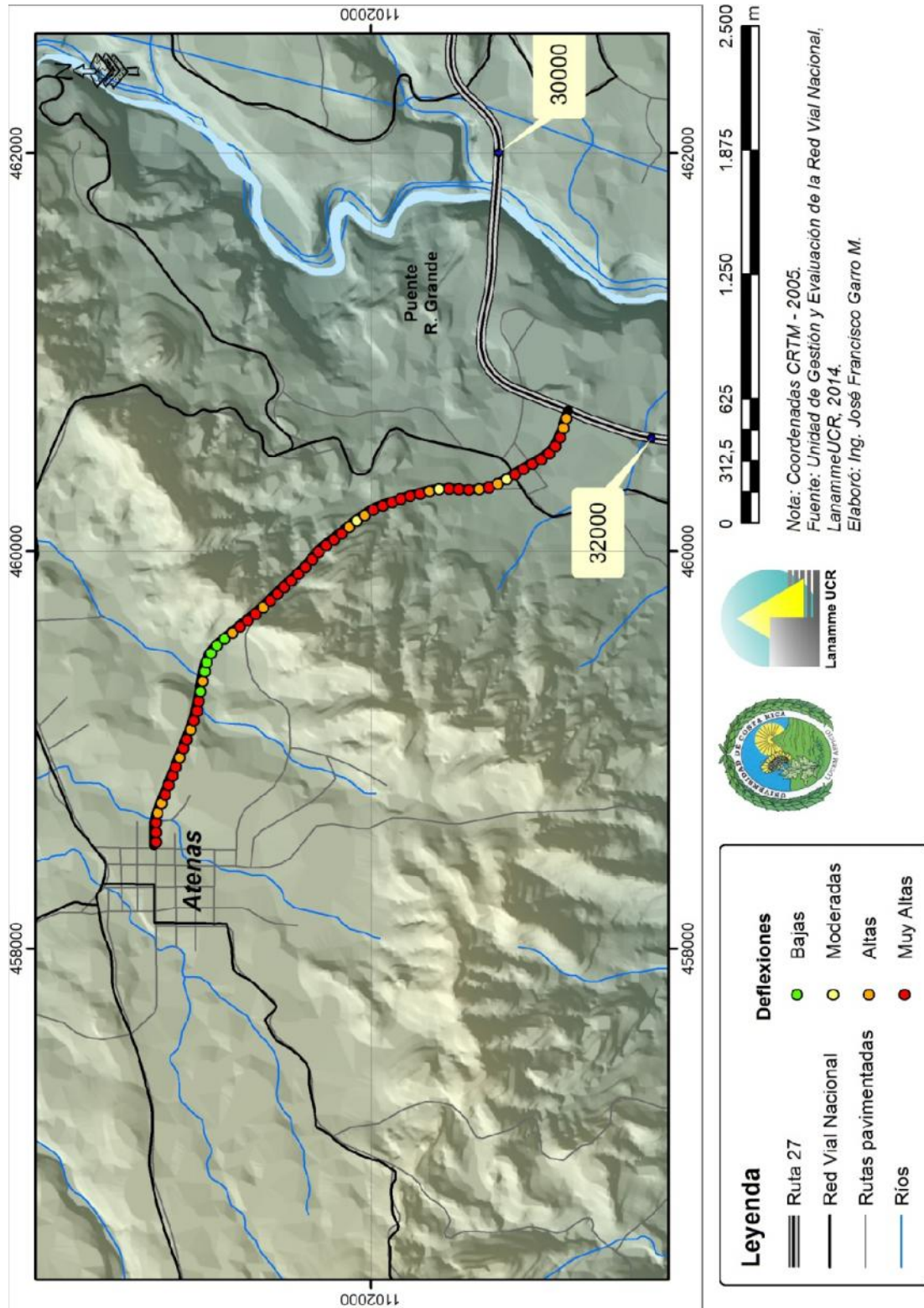


Figura A5 8 Resultados FWD, Radial Atenas, sentido Atenas - Ruta Nacional 27

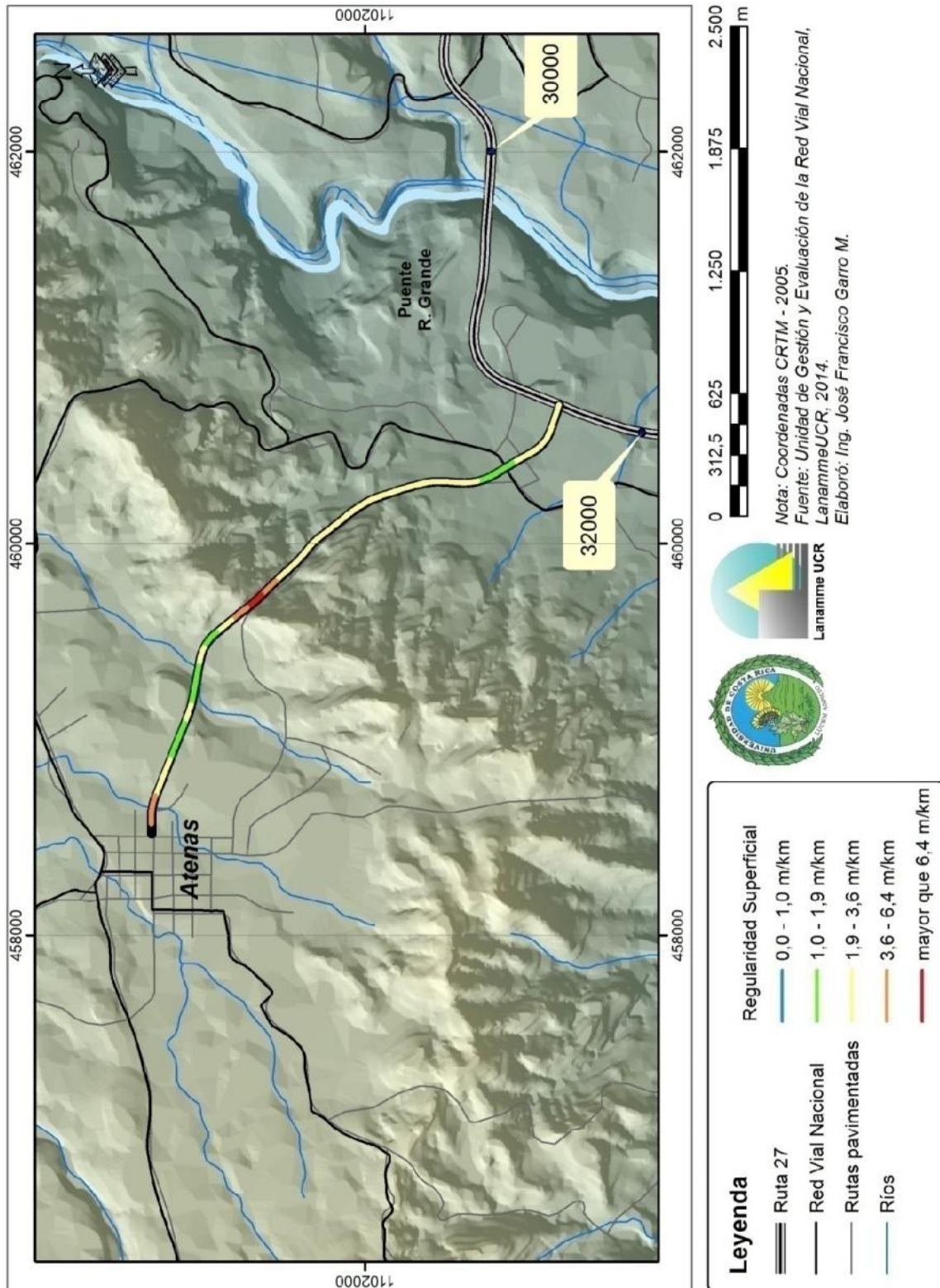


Figura A5 9 Resultados IRI, Radial Atenas, sentido Ruta Nacional 27 - Atenas

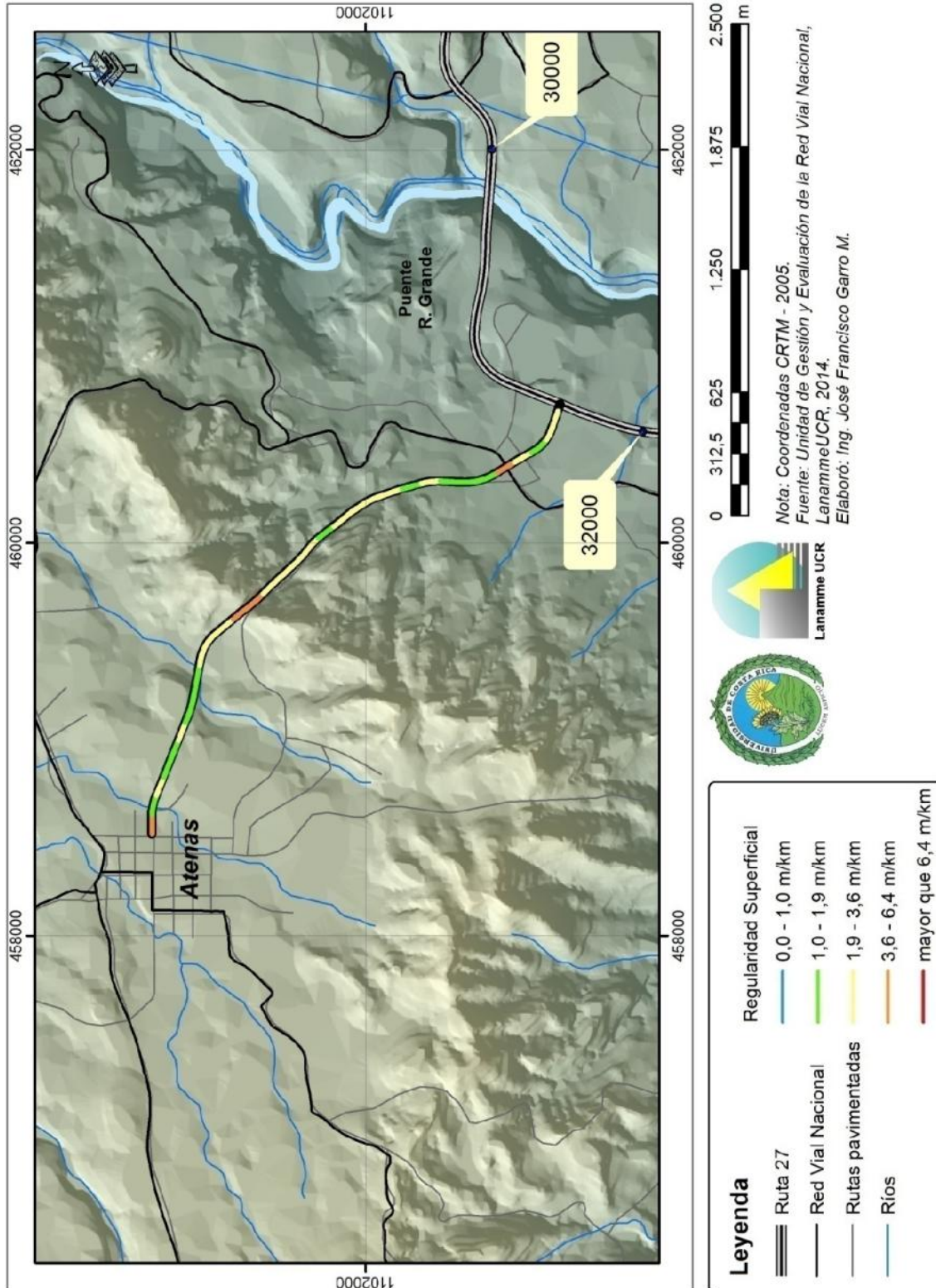


Figura A5 10 Resultados IRI, Radial Atenas, sentido Atenas - Ruta Nacional 27

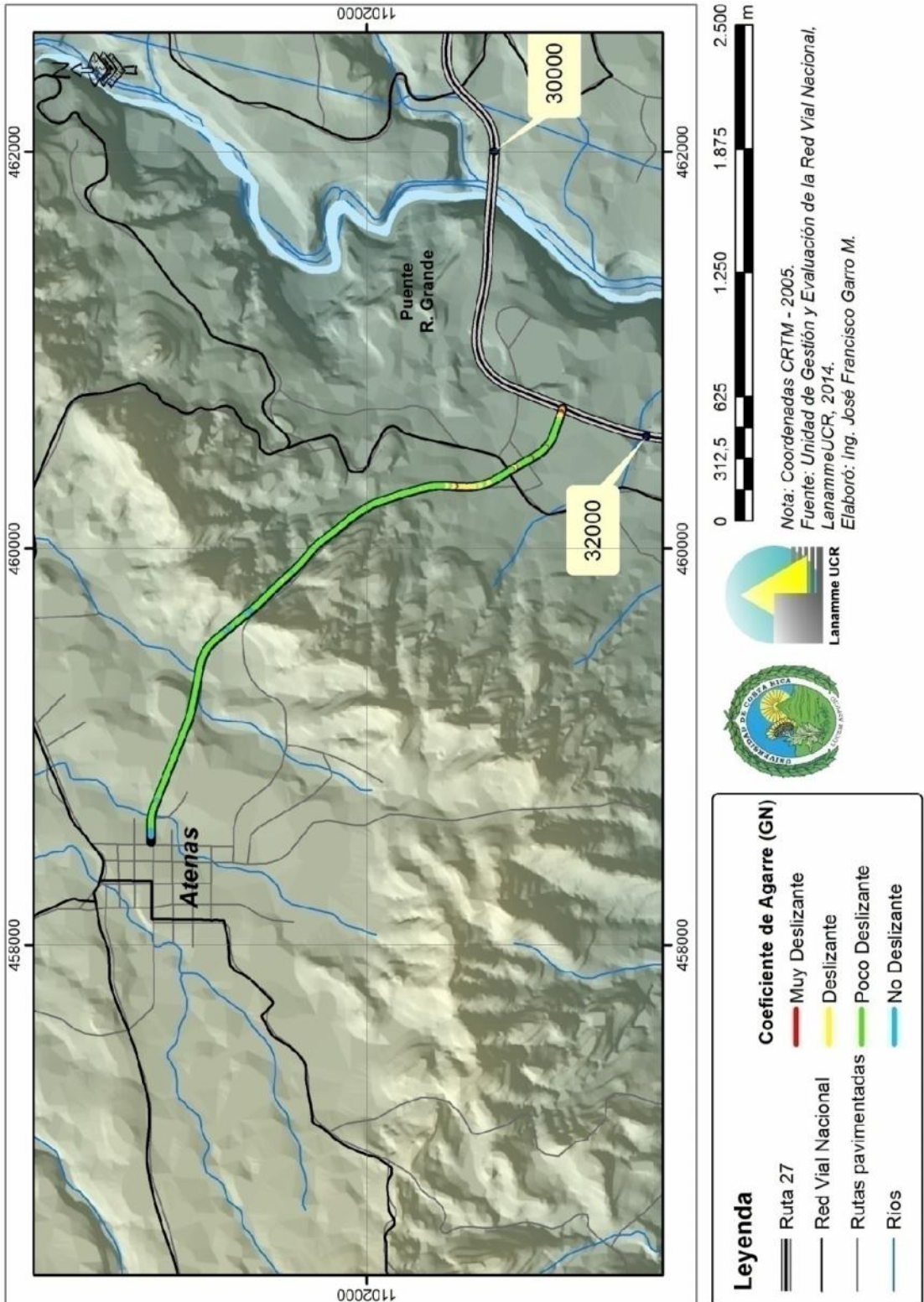


Figura A5 11 Resultados GIRIP, Radial Atenas, sentido Ruta Nacional 27 - Atenas

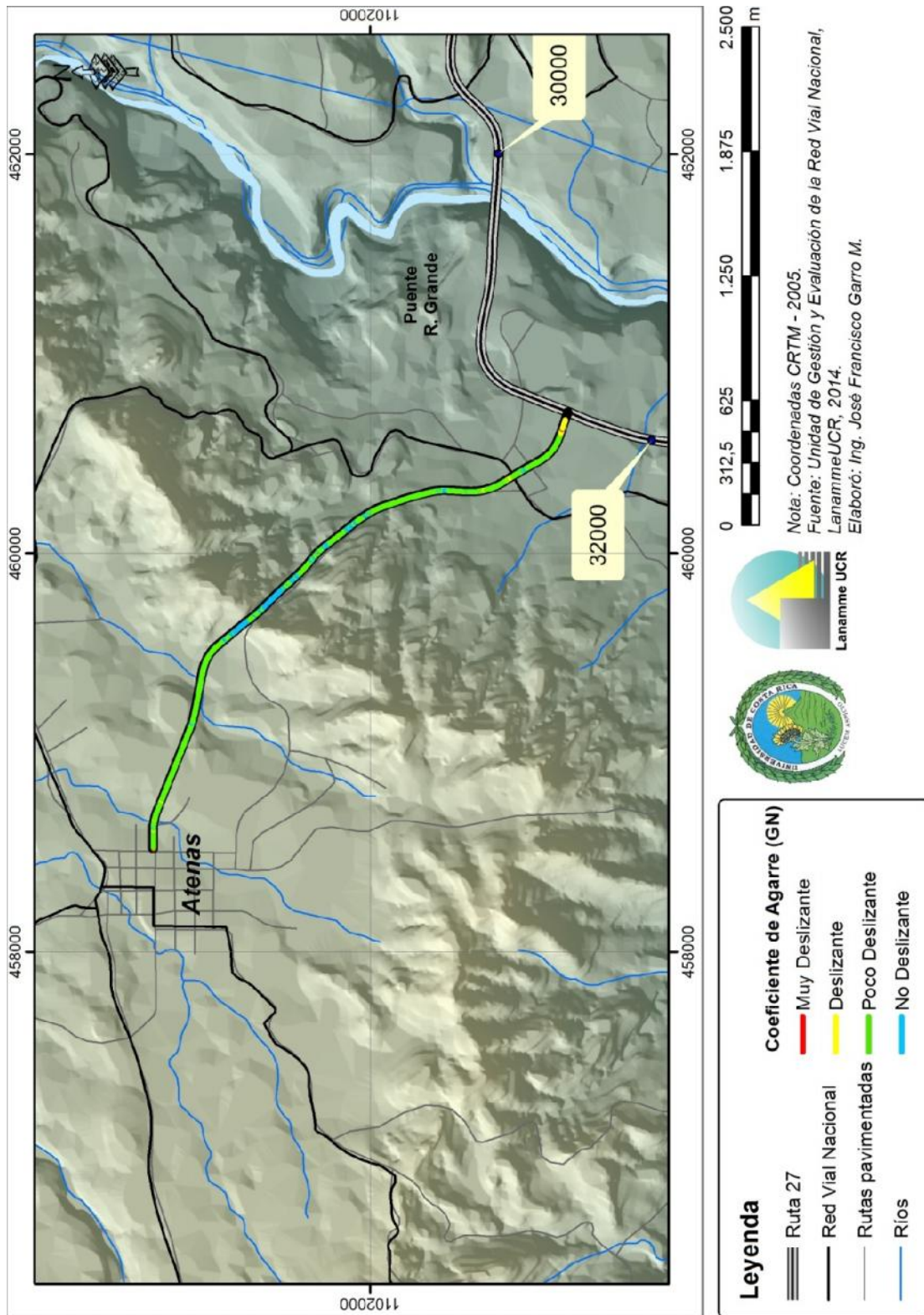


Figura A5 12 Resultados GIRIP, Radial Atenas, sentido Atenas - Ruta Nacional 27

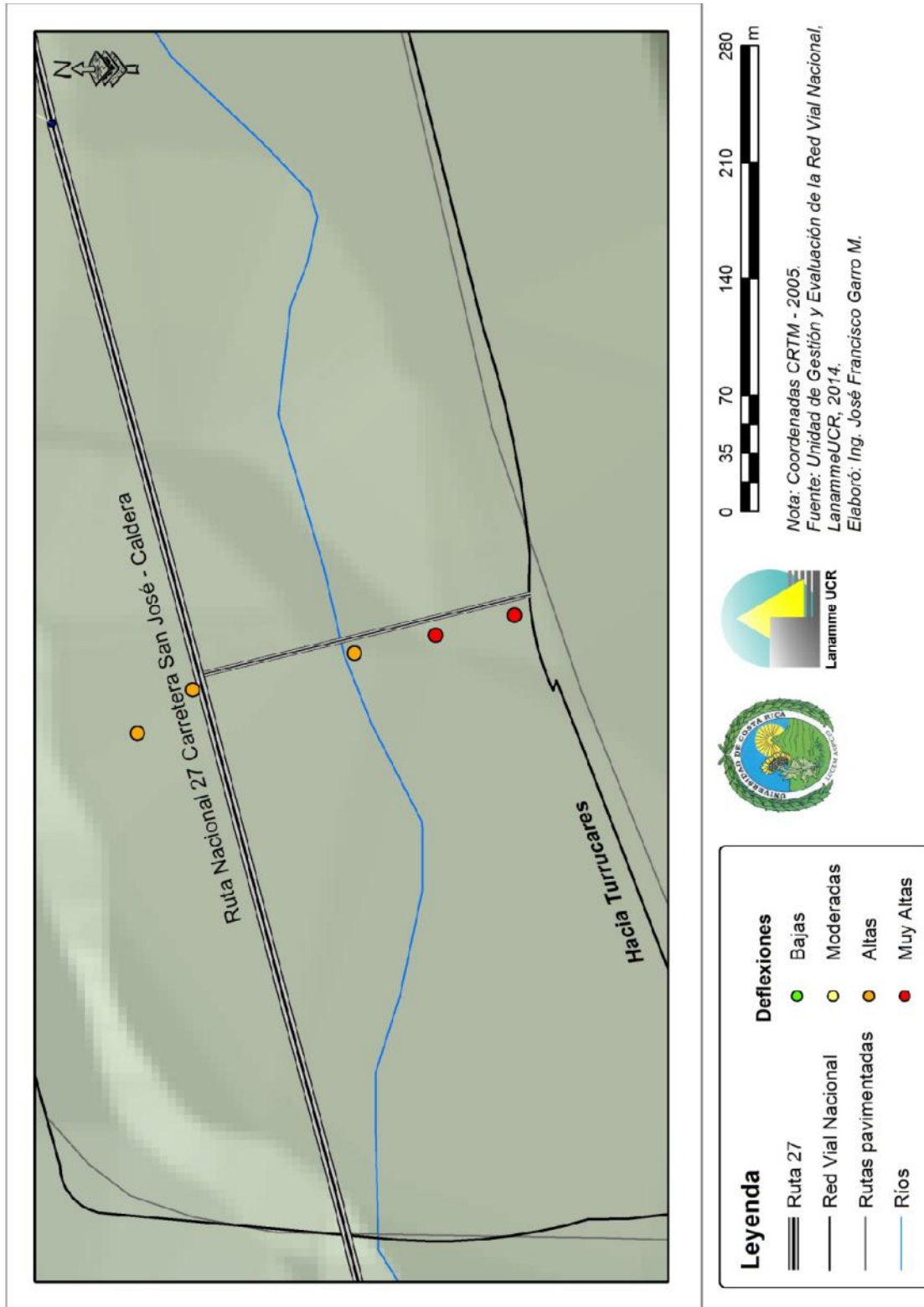


Figura A5 13 Resultados FWD, Radial Turrucare, sentido Ruta Nacional 27 - Turrucare

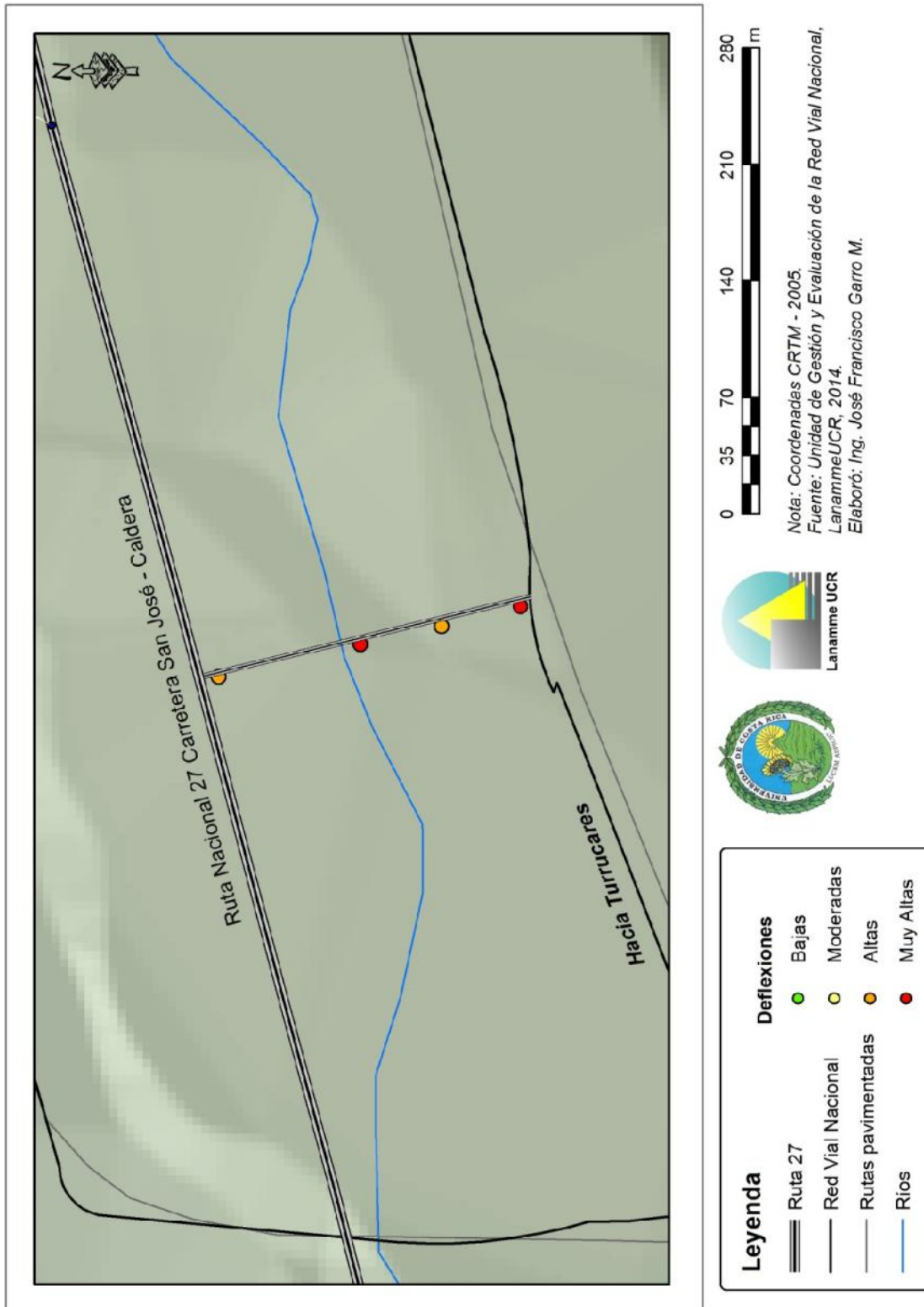


Figura A5 14 Resultados FWD, Radial Turrucare, sentido Turrucare - Ruta Nacional 27

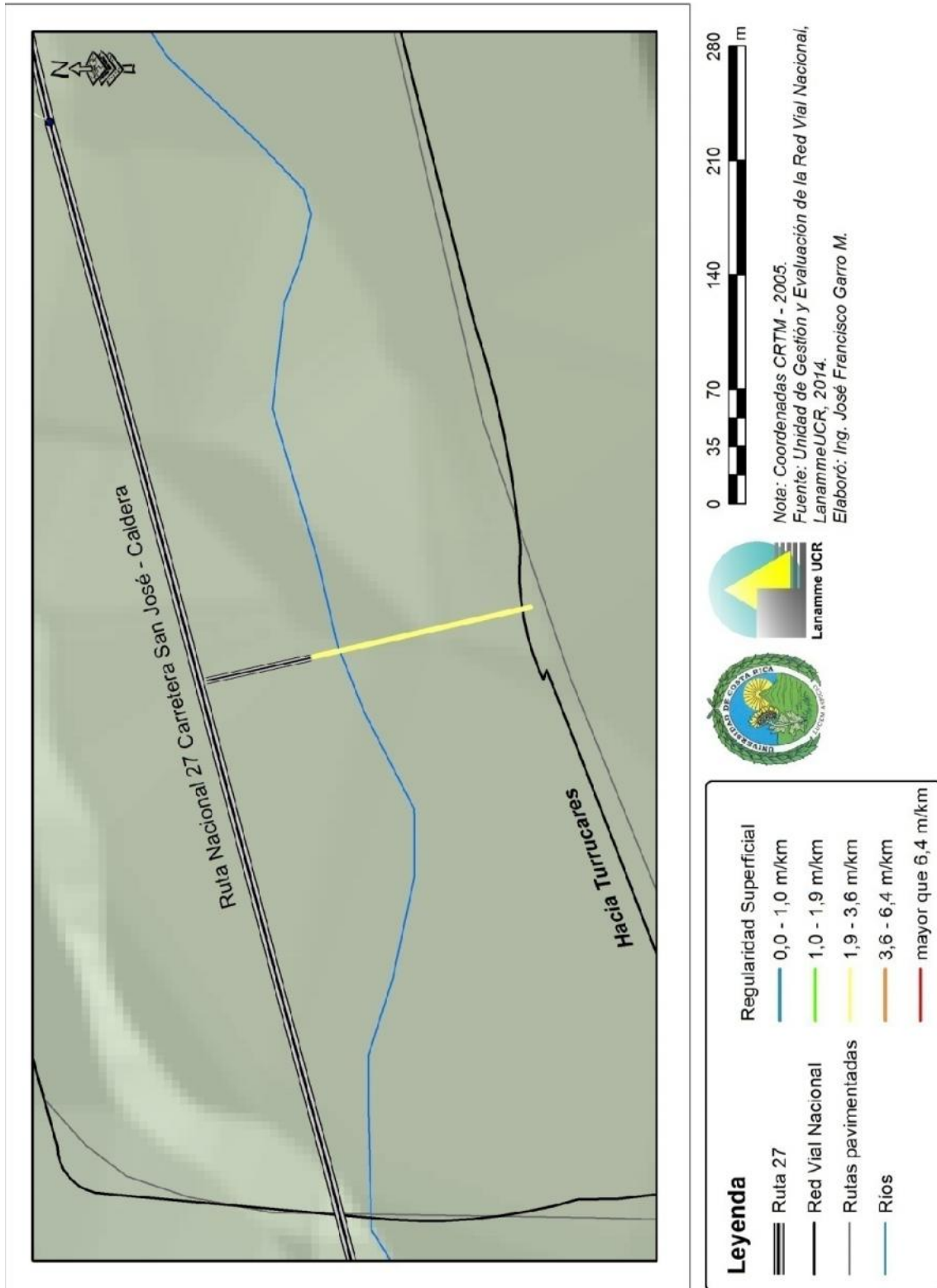


Figura A5 15 Resultados IRI, Radial Turrucare, sentido Ruta Nacional 27 - Turrucare

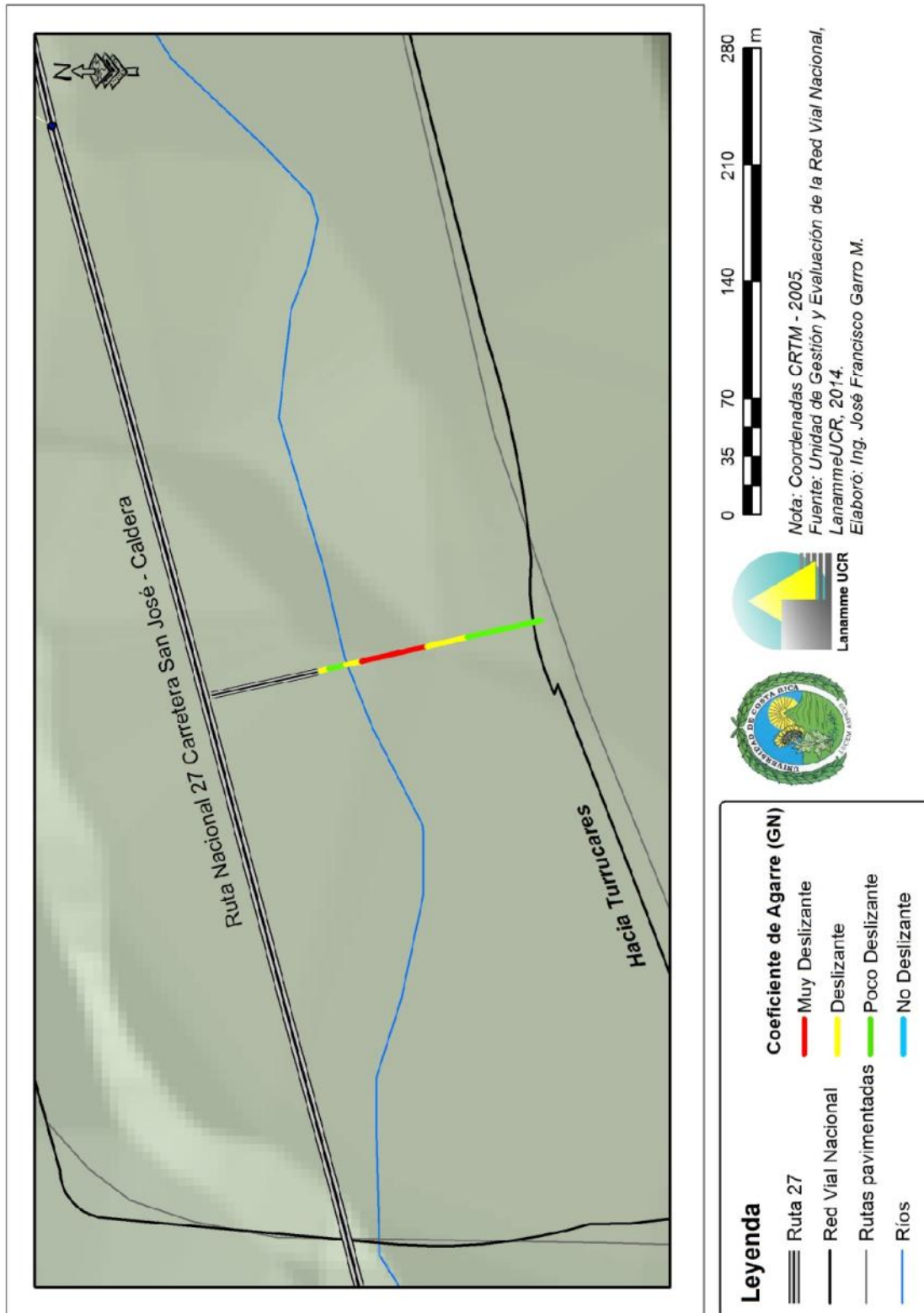


Figura A5 16 Resultados GRIP, Radial Turrucare, sentido Ruta Nacional 27 - Turrucare

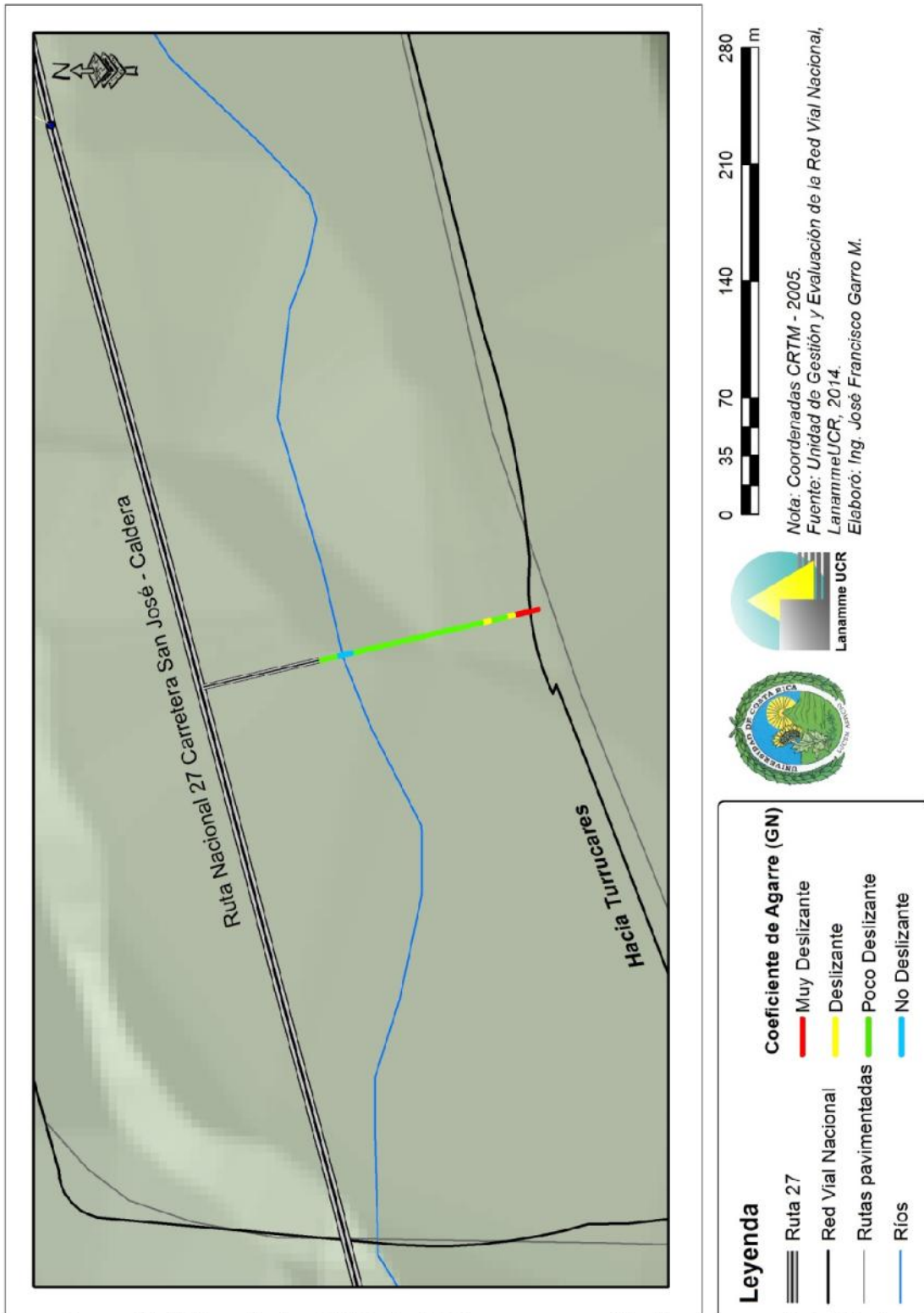


Figura A5 17 Resultados GRIP, Radial Turrucares, sentido Turrucares - Ruta Nacional 27

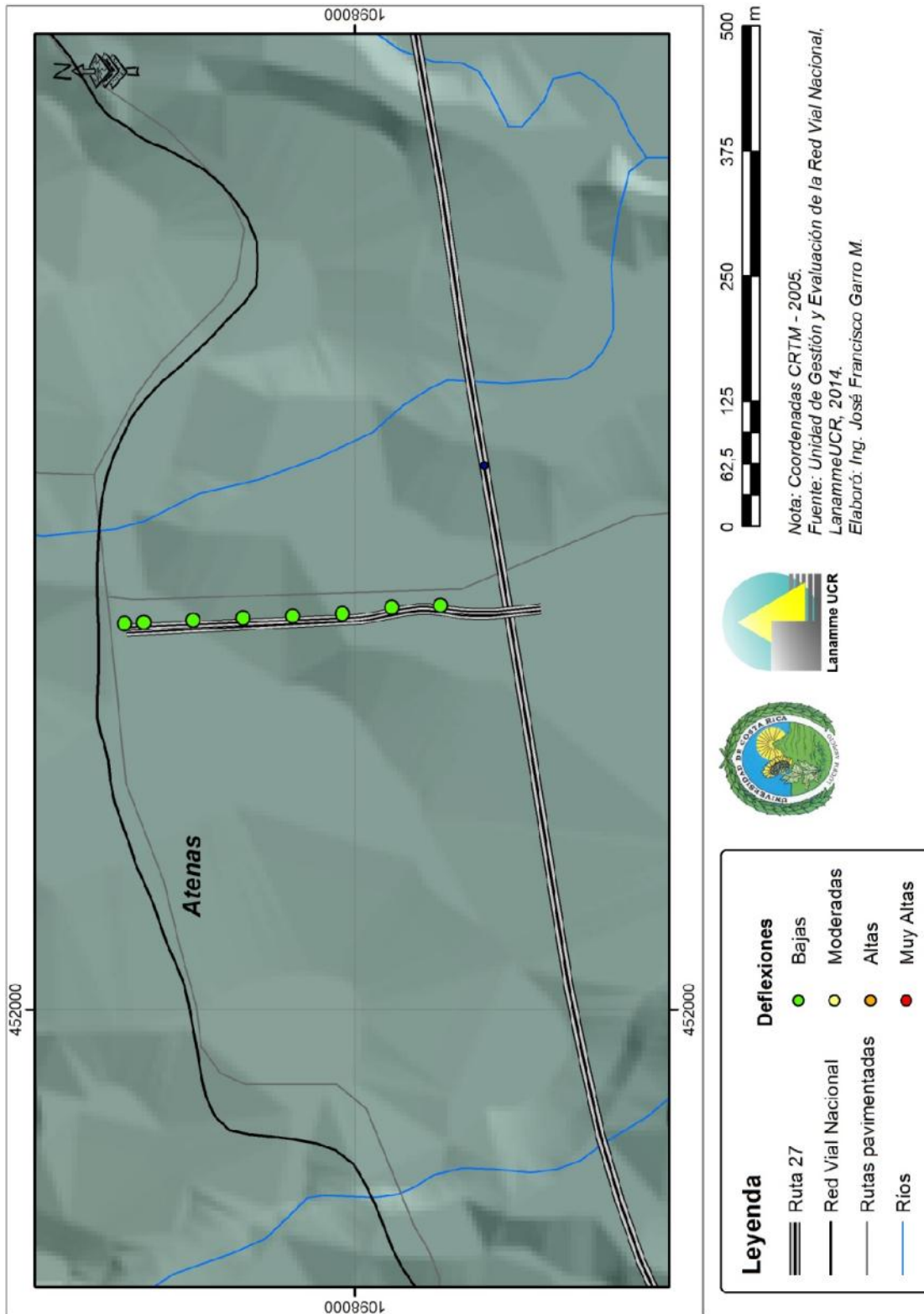


Figura A5 18 Resultados FWD, Radial Escobal, sentido Ruta Nacional 27 - Escobal

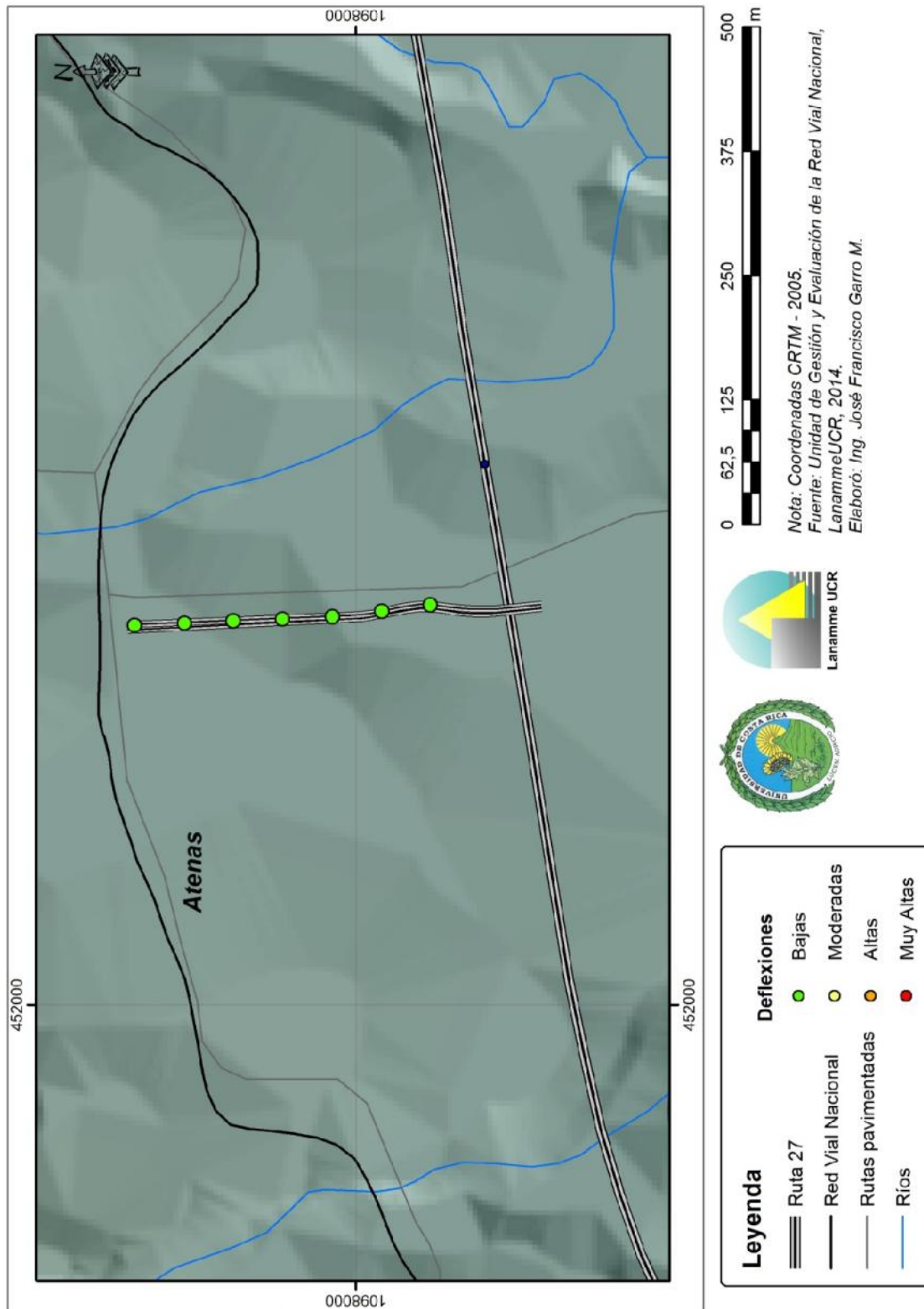


Figura A5 19 Resultados FWD, Radial Escobal, sentido Escobal - Ruta Nacional 27

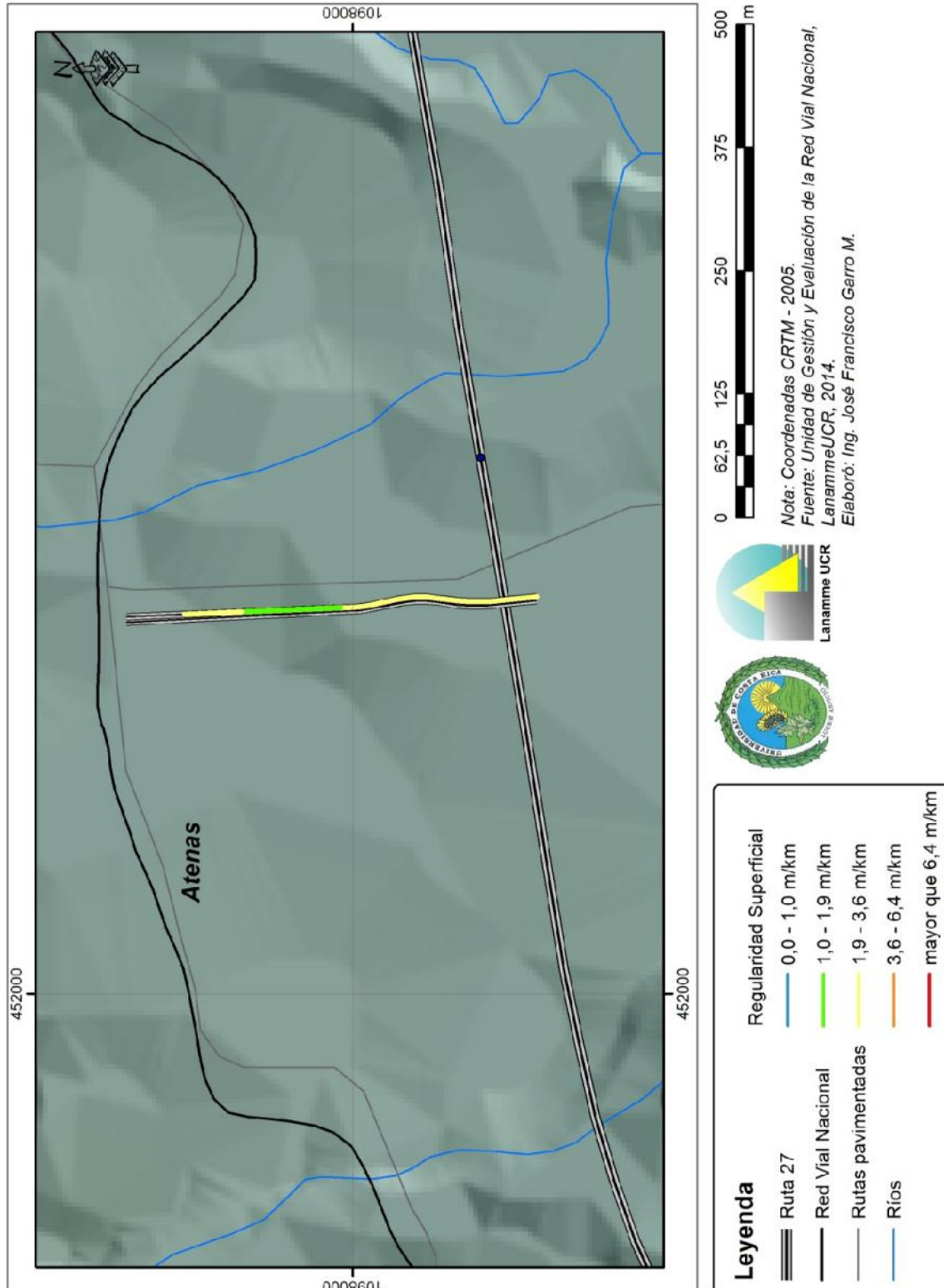


Figura A5 20 Resultados IRI, Radial Escobal, sentido Ruta Nacional 27 - Escobal

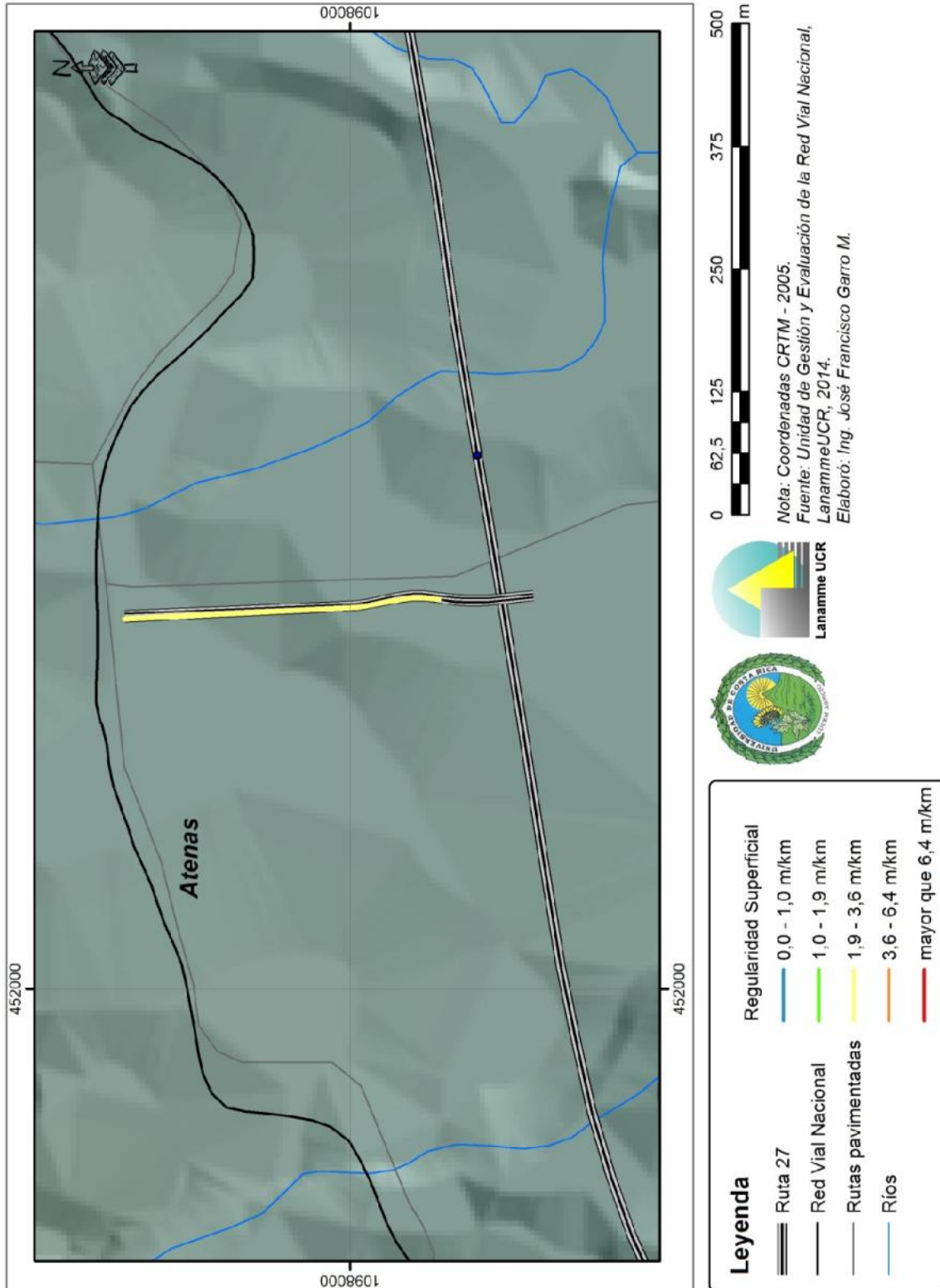


Figura A5 21 Resultados IRI, Radial Escobal, sentido Escobal - Ruta Nacional 27

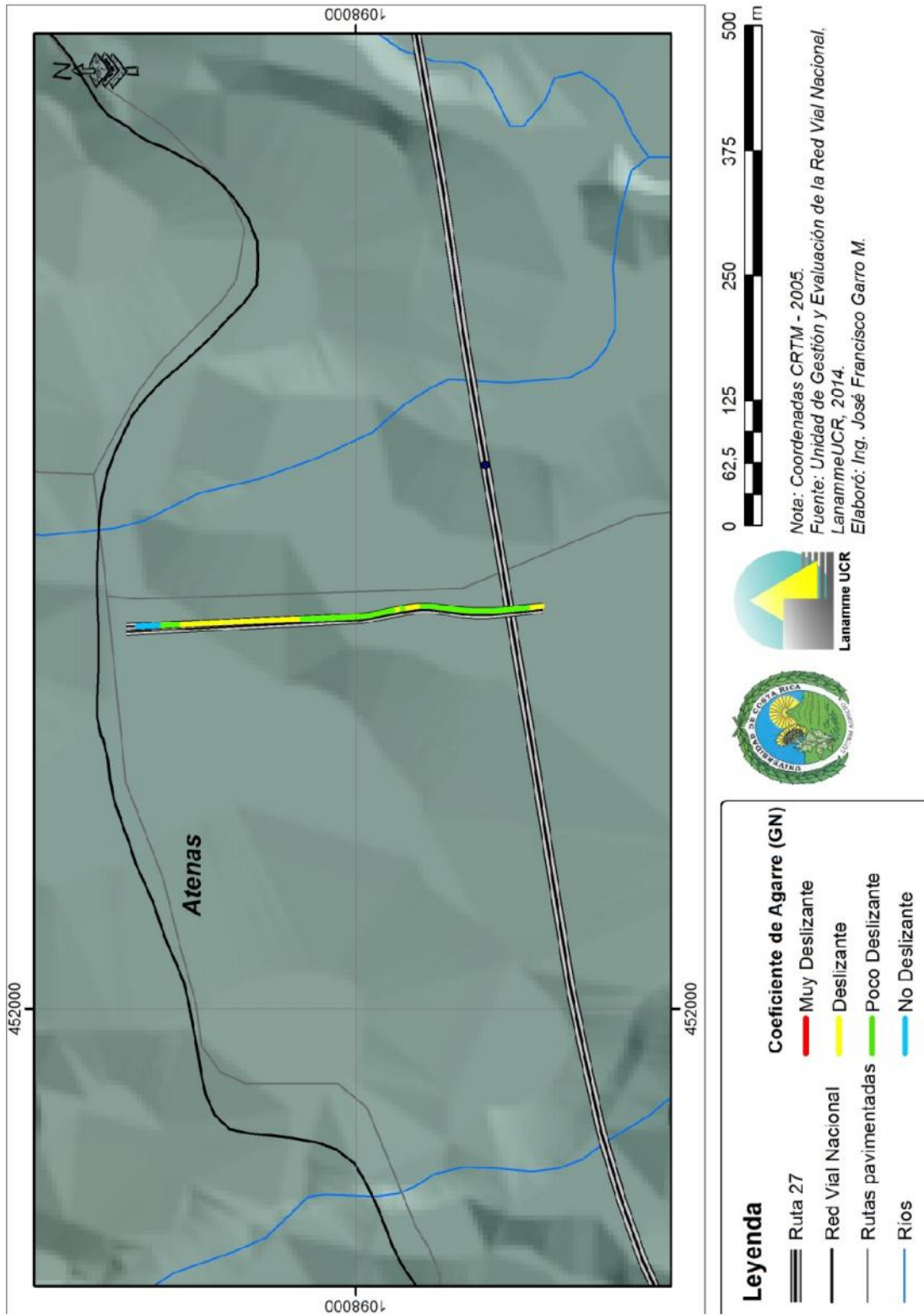


Figura A5 22 Resultados GRIP, Radial Escobal, sentido Ruta Nacional 27 - Escobal

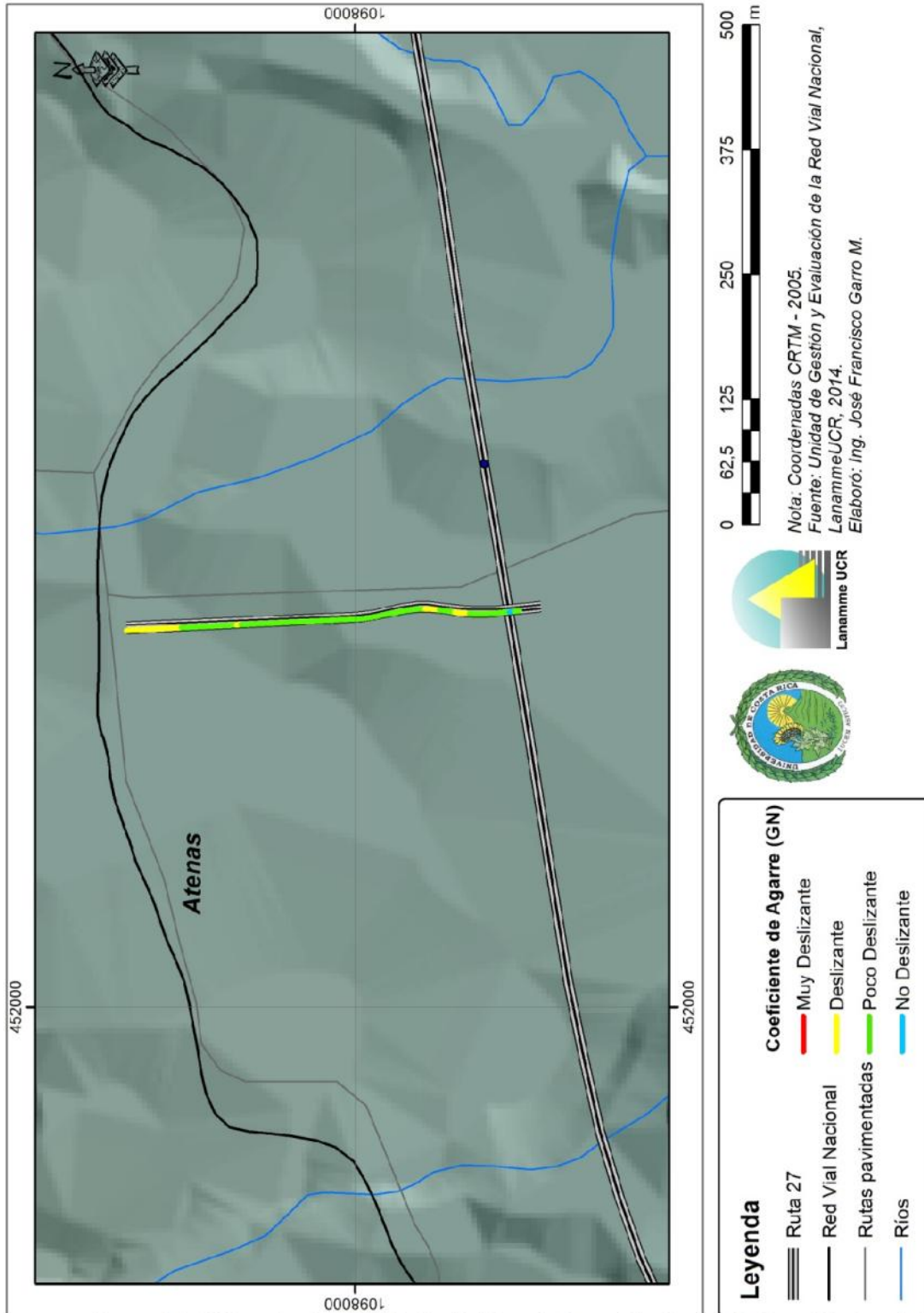


Figura A5 23 Resultados GRIP, Radial Escobal, sentido Escobal - Ruta Nacional 27